



ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ МЕХАТРОНИКИ

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

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

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

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

Показана актуальность разработки мехатронной рыбоперерабатывающей техники. Излагается подход к разработке мехатронного комплекса для первичной обработки рыбы. Описывается модульный принцип построения мехатронного комплекса. Сформулированы основные научные задачи, решение которых необходимо для создания мехатронного оборудования. Приведены основные направления научных исследований по совершенствованию технологического оборудования для первичной обработки рыбы на основе мехатроники.

Оборудование, рыбопереработка, разделывание рыбы, мехатроника, первичная обработка рыбы, модульный принцип, мехатронное оборудование, мехатронный комплекс

Развитие отечественной техники первичной переработки рыбы сдерживается внешними и внутренними системными проблемами рыбохозяйственной отрасли. В настоящее время растет конкуренция на мировом рынке технологического оборудования для первичной обработки рыбы. Иностранные производители стараются занять доминирующее положение в этой области, вытесняя отечественных разработчиков не только с внешнего, но и с внутреннего рынка. В связи с этим, зарубежная информация о научных принципах создания инновационной техники для первичной обработки рыбы, а также концептуальных решениях по её совершенствованию является технологическими секретами фирм и поэтому недоступна отечественным проектно-конструкторским организациям.

Доля отечественного оборудования для первичной обработки рыбы на российском рынке пищевого машиностроения остается низкой, составляя всего 1,5-2%. В связи с этим, рыбоперерабатывающие предприятия вынуждены перераспределять спрос в сторону импорта, поскольку отечественная техника не удовлетворяет требованиям гибкости, энергоёмкости, качеству готовой продукции, экономичности. Положение осложняется необходимостью выпуска разнотипного оборудования для различных регионов, что обусловлено разницей в морфометрических характеристиках рыбного сырья в зависимости от водного бассейна.

Ситуация усугубляется ростом физического и морального износа рыбоперерабатывающего оборудования на отечественных предприятиях, давно требующего глубокой модернизации и повышения технического уровня. На этом фоне в зарубежной технике для первичной обработки рыбы сменилось несколько поколений оборудования, в связи с чем отечественные изделия утратили конкурентоспособность в большинстве сегментов рынка. Наметилось серьезное отставание в этой области, которое оценивается периодом в 15-20 лет. Отсутствует

отечественное автоматизированное оборудование для сортирования улова и рыбного сырья перед обработкой, в то время как за рубежом автоматическому сортированию подвергается до 98% улова и продукции. При любой попытке решить проблему создания автоматизированной техники проектные организации сталкиваются с необходимостью систематической совместной работы специалистов по прикладной механике, автоматике, программированию. В области оборудования для первичной обработки рыбы до последнего времени для такой работы не хватает надлежащих организационных условий и научного обеспечения, а отдельные попытки конструкторов не дают должного эффекта.

В то же время, рыбохозяйственная отрасль России медленно, но планомерно преодолевает кризисные явления. Стабилизируются объёмы вылова сырья, развивается импортозамещение рыбных товаров, улучшаются экономические показатели добывающих и перерабатывающих предприятий. Принята Государственная программа Российской Федерации “Развитие рыбохозяйственного комплекса в 2013-2020 г.г.”. Это означает, что многоаспектный характер системной интеграции рыбоперерабатывающей техники предусматривает межотраслевые научные, организационные, экономические, технические, социальные исследования в совокупности с целенаправленными мероприятиями.

Анализ системных принципов построения пищевых производств приводит к выводу, что основной структурной частью гибких рыбоперерабатывающих линий в ближайшем будущем будет являться мехатронный комплекс [1]. Это интеллектуальная многомерная сложная техническая система, предназначенная для экономичного изготовления рыбного продукта, построенная на мехатронных принципах и технологиях, способная выполнять программы функциональных движений рабочих органов с адаптацией к изменяющимся условиям внешней среды [2, 3]. Составными элементами мехатронного комплекса являются мехатронные модули, по функциям соответствующие самостоятельным машинам, но обладающие рядом принципиальных преимуществ.

Следует отметить, что разработка техники на основе мехатроники представляет собой не только автоматизацию и роботизацию удачных и апробированных конструкций для первичной обработки рыбы. Совершенствование существующего оборудования на базе методов и средств мехатроники, а также использование для этой цели богатого опыта в области робототехники – это лишь одно из применений методологически нового подхода на определенных стадиях жизненного цикла. Имеют существенное значение экономический и социальный аспекты. Разработка и внедрение мехатронного оборудования приводит к сокращению численности операторов линий. Это позволяет экономить на обслуживании, вентиляции, отоплении, освещении, культурно-бытовых расходах. Повышаются культура труда и производительность работы персонала. По этой причине мехатронная техника окупается быстрее по сравнению с частично механизированными линиями.

Мехатронный комплекс целесообразно создавать путём функционально-геометрического модулирования. При этом в качестве минимальной единицы принимается функциональный модуль. Он представляет собой технологическое изделие, содержащее устройство программного управления и средства автоматизации. Модуль функционирует автономно, осуществляет многократные циклы обработки рыбного сырья, имеет возможность встраиваться в систему более высокого уровня. В мехатронном комплексе для первичной обработки рыбы предусмотрены два класса мехатронных модулей: модули обработки и модули сбора данных.

Структурный синтез мехатронного комплекса является сложной многоуровневой задачей. Действительно, на технологическом уровне необходимо снижение доли ручного труда и количества операторов. На конструктивном уровне предполагается разработка модулей из серийных элементов на базе типизации и унификации функционально законченных конструкций. На функциональном уровне требуется обеспечить внутреннюю аппаратную, информационную и программную совместимость составляющих элементов комплекса, а также внешнюю совместимость с системой верхнего уровня. Как указывалось выше, для наиболее

эффективной компоновки и сопряжения подобранных узлов и механизмов в единую работоспособную конструкцию необходимо блочно-модульное агрегатирование на ЭВМ.

На основе выбранной базовой функциональной конструкции разрабатывается ряд типовых модулей, которые можно рассматривать в качестве модификаций типового конструктивно-унифицированного ряда [3]. Модули должны создаваться путём морфологического синтеза узлов и механизмов, известных как по принципу функционирования, так и по исполнению. Используются апробированные прототипы с введением конструктивных изменений, учитывающих специфические свойства конкретного вида рыбного сырья. При этом функциональная структура базовой конструкции модуля должна оставаться унифицированной для всех модификаций. При проектировании различных исполнений модуля необходимо заново конструировать лишь те его узлы, которые служат для получения требуемой характеристики, соответствующей виду обработки и свойствам рыбного сырья.

Предлагаемый модульный принцип позволяет обеспечить многовариантное построение мехатронного комплекса для первичной обработки рыбы с разнообразием функциональных, геометрических и параметрических характеристик. Составляющие элементы комплекса при этом выбираются из ограниченного, технически и экономически целесообразного набора типовых модулей. При компоновке мехатронного комплекса допускается использование серийных отечественных и зарубежных машин для выполнения некоторых технологических операций, если это оправдано с экономической точки зрения и оговаривается потребителем. Такой подход обоснован и положительно зарекомендовал себя в практике зарубежных компаний, создающих комплексно автоматизированные рыбоперерабатывающие линии.

Мехатронный комплекс представляет собой предметно-замкнутую организационно-технологическую структуру, способную автономно выполнять первичную обработку рыбы, обеспечивая необходимый уровень качества функционирования входящих в него модулей в условиях малолюдной технологии. Основным принципом реализации системы автоматического управления мехатронным комплексом является информационная, программная, техническая интеграция всех её подсистем и компонентов на модульной основе [3 - 5].

Необходимость обеспечения структурной гибкости мехатронного комплекса для первичной обработки рыбы обусловлена развитием малых и средних производств. Ранее в отрасли разрабатывалось преимущественно оборудование для крупных предприятий. Однако такая техника мало подходит для условий небольших перерабатывающих компаний, ориентированных на сырьё прибрежного морского лова и внутренних водоемов. Существующие конструкции ориентированы на обработку значительного количества однотипного океанического сырья, отличаются большой производительностью, сложностью, металлоемкостью, большими габаритами, высоким энерго- и водопотреблением, дороговизной. Таким образом, практически не учитывается специфика малых перерабатывающих предприятий.

Мехатронное оборудование создает реальную основу для автоматизированного производства, рассчитанного на малые и средние партии рыбной продукции. Компоновка модулей может неоднократно и оперативно модифицироваться потребителем с целью адаптации к условиям своего производства и требованиям рынка. Комплекс должен приспособливаться к частым и случайным изменениям заданий по ассортименту и объёму готовой продукции [5].

В целях решения межотраслевой проблемы создания мехатронного комплекса для первичной обработки рыбы сформулированы следующие научные задачи:

- создать теоретическую основу многовариантного построения модульного мехатронного комплекса для реализации технологических процессов первичной обработки рыбы;
- на основе топологических моделей технологических процессов выполнить многовариантный системный синтез функциональной структуры мехатронного комплекса и провести её имитационное моделирование;
- разработать научные принципы построения мехатронных модулей обработки (сортирования рыбы, обезглавливания, потрошения и зачистки, филетирования, обесшкуривания, порционирования), а также модулей сбора данных (оптико-электронного и весоконтрольного);

- разработать математические модели и методику многокритериальной оценки и выбора вариантов мехатронного комплекса с целью его структурной адаптации к условиям рыбоперерабатывающих производств;
- исследовать функциональные структуры и физические принципы действия мехатронных модулей обработки сырья и сбора данных, а также разработать методики расчёта их основных параметров;
- создать типовые конструктивные решения мехатронных модулей обработки и сбора данных, их компонентов и элементов на новых принципах с характеристиками, превосходящими существующее оборудование;
- разработать и исследовать численными методами на ЭВМ твердотельные модели инструментов и средств технологического оснащения мехатронных модулей обработки;
- разработать научные принципы адаптивного управления мехатронным комплексом для первичной обработки рыбы с целью его параметрической адаптации к изменениям заданий по ассортименту и объёму готовой продукции [5];
- разработать функциональную структуру адаптивной системы управления мехатронным комплексом и провести её математическое моделирование с целью создания прикладного программного обеспечения [5];
- разработать функциональные структуры систем автоматической настройки рабочих органов мехатронных модулей обработки и провести их математическое моделирование с целью создания прикладного программного обеспечения;
- разработать функциональную структуру системы автоматического контроля технического состояния мехатронного комплекса;
- разработать алгоритмы адаптивного управления мехатронным комплексом;
- провести экспериментальные исследования инструментов и средств технологического оснащения мехатронных модулей обработки рыбы и сбора данных.

Выводы

1. Проведены на основании системного подхода комплексные теоретические исследования современного состояния технологических процессов машинной обработки рыбы, а также тенденций развития рыбоперерабатывающего оборудования. Установлено существенное отставание отечественной техники от зарубежных образцов вследствие недостаточного научного и проектно-конструкторского обеспечения. Вместе с тем в рыбной отрасли России накоплен обширный положительный опыт по разработке технологического оборудования для первичной обработки рыбы, который требует изучения и применения.

2. Выполнен анализ конструкций машин для первичной обработки рыбы и их систем управления. Установлено, что большинство отечественных моделей имеет механические системы настройки рабочих органов, в то время как зарубежные разработчики осуществляют переход на электронные системы программного управления. Новые машины разрабатываются в основном на базе конструкций, апробированных в производственных условиях и хорошо себя зарекомендовавших. Повышается производительность, улучшаются характеристики режущих инструментов, совершенствуются системы автоматической настройки рабочих органов, снижается повреждаемость мяса рыбы в процесс обработки. Наряду с этим, разработчики стараются улучшить работу узлов, предназначенных для фиксации рыбы в машине и направления ее к режущим инструментам. Осуществляется отход от применения аналоговых программносителей – кулачков, копиров, шаблонов, рычагов, кривошипов. Механическое копирное автоматическое управление вытесняется числовым программным управлением на основе ЭВМ.

3. Производителями оборудования сделана установка на дальнейшее совершенствование базовых конструкций машин, расширение сферы их действия. Осуществляется адаптация машин для обработки новых объектов промысла за счёт введения обмеряющих систем более упрощенной и надёжной конструкции по сравнению с ранее выпускавшимися моделями.

ми, изменения положения и комбинации расположения режущих инструментов, а также других инженерных решений, связанных с доводочными работами. Настройка рабочих органов выполняется в машинах в зависимости от размеров и консистенции сырья.

4. В основе машинной первичной обработки рыбы остаются отработанные технологические схемы обезглавливания, потрошения и зачистки, филетирования, обесшкуривания и порционирования филе. Усиливается тенденция по созданию многооперационных агрегатов для обработки различных видов рыб, которые имеют наибольшее промысловое значение. Ведущие разработчики рыбоперерабатывающей техники формируют комплексно механизированные линии для первичной обработки разнородной продукции. Вместе с тем модульный принцип построения технологического оборудования применяется достаточно редко, вследствие чего не всегда обеспечивается совместимость отдельных образцов техники, а также снижена структурная и параметрическая гибкость производства.

5. Для устранения системных противоречий, присущих отдельным машинам, агрегатам и механизированным линиям, предлагается разрабатывать новый класс технологического оборудования – мехатронный комплекс для первичной обработки рыбы. Это повысит универсальность техники и создаст практическую основу для сокращения существующего отставания от зарубежных изделий за счёт повышения гибкости производства, улучшения качества продукции, сокращения затрат энергии и ресурсов, а также увеличения надёжности и экономичности конструкций. Для обеспечения рациональных компоновок технологического оборудования в зависимости от технико-экономических требований заказчика предлагается разрабатывать мехатронный комплекс на основе модульного и роторно-конвейерного принципов.

6. Разработка конструкций модулей для первичной обработки рыбы должна проводиться с соблюдением конструктивной преимущества по следующим основным направлениям: обеспечение экономичности разделывания и повышения выхода мяса за счёт автоматической настройки рабочих органов в зависимости от морфометрических параметров; увеличение надёжности фиксации тушки и точности выставления её на позиции обработки; автоматизация операций разделывания рыбы с применением электронных следящих и регулирующих систем; расширение возможностей машин с точки зрения видового состава и размерных диапазонов обрабатываемых рыб; обеспечение быстрой смены блоков и узлов при перенастройке на выпуск другого вида продукции.

7. Рыбное сырьё различного происхождения имеет существенные отличия по морфометрическим параметрам, в связи с чем для перенастройки на различные виды продукции должны предусматриваться сменные комплекты рабочих органов. Вместе с тем замена рабочих инструментов во всех типах существующего оборудования осуществляется операторами вручную, что приводит к потерям времени и снижению общей производительности линий.

8. Основным физическим процессом при первичной обработке рыбы по-прежнему остается процесс резания металлическими инструментами. Длительный период использования этого принципа обусловлен хорошей точностью и качеством поверхности резания в сочетании с технологической мобильностью и маневренностью, высокой производительностью и низкой стоимостью. Однако необходима разработка оборудования, основанного на новых физических принципах действия – например, с использованием гидроструйного резания, ультразвуковой вибрации режущих инструментов. Требуется также использование новых физических принципов действия для мехатронных модулей сбора данных.

9. Для эффективной и надёжной работы рыбоперерабатывающего оборудования требуется автоматическое сортирование рыбного сырья по видам и размерам на основе методов и средств технического зрения. Требуется также видеокomпьютерное сортирование рыбной продукции по размерам, поскольку изделия различных размерных групп отличаются по стоимости [6].

10. Для снижения количества отходов и повышения выхода продукта необходим автоматический контроль веса рыбного сырья и готовой продукции. Наряду с этим, целесооб-

разно агрегатировать сортировочное и весоконтрольное оборудование при формировании весосортировочных участков, управляемых ЭВМ.

11. Для обеспечения ресурсосберегающего режима первичной обработки рыбы требуется измерение морфометрических параметров сырья и полуфабриката прямым методом на основе оптико-электронной техники.

12. Обоснована актуальность разработки нового класса техники – мехатронного комплекса для первичной обработки рыбы, который должен разрабатываться на основе системного подхода с использованием математических методов топологического и имитационного моделирования. Для повышения качества готовой продукции, сокращения отходов и повышения выхода продукции, а также снижения производственных затрат требуется реализация адаптивного управления дискретными технологическими процессами первичной обработки рыбы.

13. Сформулированы общие научные принципы построения мехатронного комплекса для первичной обработки рыбы на модульной основе. Для решения межотраслевой и междисциплинарной проблемы создания мехатронного комплекса сформулированы основные научные задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатыхов Ю.А. Мехатроника в рыбообделочном оборудовании: монография / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 279 с.

2. Фатыхов Ю.А. Разработка мехатронного манипулятора для укладки консервной тары / Ю.А. Фатыхов [и др.] // Рыбное хозяйство. – М., 2013. – № 2. – С. 111-113.

3. Фатыхов Ю.А. Разработка мехатронного устройства для автоматической резки рыбного филе / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, А.З. Мацонко // Проблемы механики современных машин: материалы V междунар. конф.: В 3 т. / ВСГУТУ. – Улан-Удэ, Изд-во ФГБОУ ВПО "ВСГУТУ", 2012. – Т. 3. – С. 260-263.

4. Фатыхов Ю.А. Моделирование пневматического привода мехатронного комплекса для порционирования пищевых продуктов / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, А.З. Мацонко // Вестник ВГУИТ. – Воронеж, 2013. – № 2. – С. 53-57.

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. Фатыхов Ю.А. Разработка средств лазерной локации для мехатронного оборудования пищевых производств / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев // Электронный научный журнал Института холода и биотехнологий. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – №1 (март). – Шифр: Эл № ФС77-33458. – Режим доступа: <http://processes.open-mechanics.com/articles/706.pdf>

TRENDS OF PERFECTING EQUIPMENT FOR PRIMARY FISH PROCESSING BASED ON MECHATRONIC

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

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

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

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

The urgency of developing mechatronic processing equipment. An approach to the development of mechatronic complex for the primary processing of fish. Describes the modular design of mechatronic complex. The basic scientific problems, necessary for the creation of mechatronic equipment. The main research directions for improving the technological equipment for the primary processing of fish on the basis of mechatronics.

Equipment, fish processing, mechatronics, primary processing of fish, modular mechatronic equipment, mechatronic complex