
ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дерябин Андрей Анатольевич,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»

690087, г. Владивосток, ул. Луговая, д. 52-Б.

Старший преподаватель

reolog@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается применение мехатронных систем в технологическом оборудовании рыбной промышленности. Описаны современные тенденции автоматизации производственных процессов, направленные на повышение эффективности обработки рыбы и морепродуктов.

Приведены примеры внедрения роботизированных комплексов и интеллектуальных систем управления, обеспечивающих оптимизацию технологических операций, улучшение качества продукции и снижение затрат. Особое внимание уделено перспективам развития мехатроники в отрасли, включая использование технологий машинного зрения, искусственного интеллекта и Интернета.

Рассмотрены преимущества и ограничения использования мехатронных решений, а также возможные направления дальнейших исследований и разработок в области механизации и автоматизации рыбоперерабатывающего производства.

Ключевые слова: мехатроника, роботизация, рыбопереработка, технологическое оборудование, искусственный интеллект, машинное зрение, интернет вещей, оптимизация процессов, качество продукции

APPLICATION OF MECHATRONIC SYSTEMS IN TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE FISHING INDUSTRY

Deryabin Andrey Anatolyevich,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Far Eastern State Technical Fisheries University"

690087, Vladivostok, Lugovaya str., 52-B.

Senior Lecturer

reolog@mail.ru

ABSTRACT

The article discusses the application of mechatronic systems in technological equipment for the fish industry. It describes current trends in automation of production processes aimed at improving the efficiency of processing fish and seafood.

The article provides examples of the implementation of robotic systems and intelligent control systems that optimize technological operations, improve product quality, and reduce costs. Special attention is given to the prospects for the development of mechatronics in the industry, including the use of machine vision, artificial intelligence, and the Internet of Things.

The advantages and limitations of using mechatronic solutions, as well as possible directions for further research and development in the field of mechanization and automation of fish processing production, are considered.

Keywords: mechatronics, robotization, fish processing, technological equipment, artificial intelligence, machine vision, Internet of Things, process optimization, product quality

Введение: Современные технологические достижения кардинально меняют операционную эффективность и рыночные позиции компаний в сфере рыбного хозяйства. Особую перспективу демонстрирует интеграция мехатронных комплексов, где происходит синтез механики, электронных модулей и управляющего ПО.

Мехатронная система представляет собой комплекс взаимосвязанных компонентов: механических узлов, электронных блоков и вычислительных модулей. Их интеграция осуществляется посредством методологии параллельного проектирования, известной как concurrent engineering.

Внедрение автоматизированных систем управления охватывает проектирование, контроль за оборудованием, технологические процессы и принятие управленческих решений. Это направление выступает центральным вектором научно-технического прогресса, нацеленного на интенсификацию производства. При оперативном управлении автоматизированными производствами, где задействованы промышленные роботы, станки с ЧПУ и гибкие линии, значение вычислительной техники и средств автоматизации становится критическим. Распространение получают комплексные системы, базирующиеся на взаимодействии АСУ разных уровней. Их фундамент составляют типизация программного, информационного и организационного обеспечения, а также создание единых банков данных [1].

Исследование внедрения мехатронных систем в технологическое оснащение рыбоперерабатывающей отрасли базируется на ряде методических подходов:

1. Первый этап исследования предполагает подробный обзор литературных источников. В фокусе внимания оказываются научные статьи, отраслевые отчеты, патентная документация и актуальные нормативные акты, регламентирующие внедрение мехатронных комплексов в пищевом производстве. Особый акцент делается на технологиях, применяемых для переработки гидробионтов – рыбы и морепродуктов.

2. Второй этап базируется на методологии сравнительного анализа. Его суть заключается в детальном сопоставлении существующих технологических решений и управленческих подходов, реализованных в различных географических регионах. Цель – идентификация наиболее эффективных практик и прорывных инноваций в данной предметной области.

Подобные подходы дают возможность провести всесторонний анализ возможностей мехатронных систем в сфере рыбопереработки, а также сформулировать детальные предложения по оптимизации технологических операций.

Исторический анализ экономических траекторий мировых лидеров свидетельствует о том, что наращивание интенсивности производственных процессов в сфере пищевой инженерии выступает одним из фундаментальных факторов общественного прогресса.

Повышение интенсивности производственных процессов в рыбоперерабатывающей отрасли ведет к увеличению объемов выпуска высококачественной продукции, пользующейся спросом, при условии существенного снижения расхода сырья, энергии и трудовых ресурсов. Параллельно с этим необходимо обеспечивать охрану экосистем от негативного влияния, оказываемого как самими перерабатывающими предприятиями, так и сопутствующими производствами [2].

Вопросы экологической защиты приобрели особую остроту. Интенсивное техногенное воздействие последних десятилетий создало угрозу необратимых и непрогнозируемых изменений в природной среде. К росту экологической напряженности ведут устаревшие технологии, неэффективные очистные системы и экстенсивная модель производства. Существенным сдерживающим фактором остаются экономические сложности, препятствующие модернизации или созданию современных рыбообрабатывающих мощностей.

Конец формы

Интенсификация производственных процессов в рыбоперерабатывающей отрасли неразрывно сопряжена с внедрением комплексных автоматизированных решений. В машиностроении уже накоплен обширный практический опыт по созданию роботизированных и гибких производственных систем. Однако рыбоперерабатывающая сфера, в особенности сегмент малого и среднего предпринимательства, подобного опыта практически лишена.

Малые и средние предприятия, занятые переработкой рыбы, сталкиваются с уникальным комплексом производственных вызовов. Их отличает, прежде всего, высокая волатильность спроса и непредсказуемые колебания в ассортименте выпуска. Продукция часто изготавливается под конкретный заказ, что предъявляет исключительные требования к ее потребительским свойствам. Добавляет сложностей короткий жизненный цикл производственных линий и многоступенчатость применяемых технологий [3].

Устоявшиеся на крупных рыбоперерабатывающих заводах подходы к проектированию машин для первичной обработки сырья, где под каждый отдельный этап технологии создается уникальный агрегат, породили целый комплекс изъянов в работе современных производственных линий.

К числу таких проблемных зон относятся:

чрезмерная продолжительность как отдельных технологических этапов, так и полного производственного цикла;

недостаточный уровень автоматизации и механизации операций;

дефицит серийного блочно-модульного оборудования, интегрированного с автоматизированными системами управления;

завышенные нормативы потребления исходного сырья;

технологическая инерционность, затрудняющая или делающая невозможной быструю переналадку линии с одного ассортиментного вида продукции на другой;

низкая результативность природоохранных мероприятий, сопряженная с высокой ресурсоемкостью и значительными капитальными затратами [4].

Следовательно, внедрение подобных технологических решений на малых и средних предприятиях рыбопереработки сопряжено с рядом серьезных ограничений.

Технические стратегии иностранных компаний, однако, нацелены на разработку универсального и многофункционального оборудования, обладающего повышенной гибкостью, включая конструкции блочно-модульного типа. Подобный подход открывает

возможность для модификации технологий первичной переработки рыбного сырья, адаптируя их под разнородный комплекс условий – от технических и энергетических параметров до требований рынка и экологических норм [5].

Достижение технологической гибкости в производственном процессе обеспечивается несколькими путями:

режимно-технологическими: реализация процессов в дискретных, непрерывных либо гибридных режимах, включая рециркуляцию исходного сырья и промежуточных продуктов; параллельно-последовательная компоновка технологической линии в разнообразных сочетаниях, а также совмещение отдельных операций или процессов;

организационно-управленческими: определение оптимального пути переработки рыбы с учетом имеющихся технических мощностей; налаживание выпуска полуфабрикатов, организация поставок сырья, управление маркетинговой деятельностью, обеспечение сбыта готовой продукции и прочие аспекты;

аппаратно-конструктивными: внедрение технологического оборудования, способного гибко варьировать свои параметры для стабильного функционирования на сырье разного качества; применение адаптивных систем управления; повышение износостойкости материалов в конструкциях; агрегатирование и трансформация структуры машин посредством блочно-модульного построения; использование модулей с расширенной универсальностью; совершенствование универсальных транспортно-накопительных систем; реновация рабочих инструментов.

интеграцией процесса выпуска готового продукта с этапами технологического поиска, автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства, а также с исследованиями продукта, его пробной выработкой и сертификацией новых изделий [6].

В современных реалиях техническое перевооружение малых и средних рыбоперерабатывающих производств находит свое воплощение в разработке мехатронных комплексов.

Мехатронный комплекс, применяемый для первичной обработки рыбы, представляет собой интеллектуальную техническую систему высокой сложности и многомерности. Его основное назначение заключается в экономичном производстве рыбного филе. Конструкция данного комплекса базируется на мехатронных принципах и технологиях, которые обеспечивают эффективное выполнение программ функциональных движений рабочих органов даже в условиях изменяющейся внешней среды [7].

Создание методического комплекса предполагает рассмотрение полного жизненного цикла оборудования для филетирования – от предварительных изысканий и проектирования до конструирования, серийного выпуска, практического использования и последующей утилизации. Для решения задач на каждом из этих этапов задействуется широкий спектр методологических инструментов [8]. К их числу относятся аппарат технической кибернетики, разнообразные эвристические приёмы, методики технического творчества, системы автоматизированного проектирования (рис. 1, 2), а также информационные технологии, базирующиеся на концепции CALS.

Создание модульных конструкций предопределяет базовые свойства машин, формирующих отдельный технологический класс. Их принципиальные отличия от классических аналогов заключаются в нескольких аспектах.

Первостепенное преимущество мехатронных систем при филетировании рыбы заключается в значительном расширении базиса программирования. Речь идет о координатном базисе, используемом для задания траекторий рабочих органов. Теперь инженеры могут свободно применять нелинейные координатные системы. Ранее подобные

решения требовали усложнения конструкции: внедрения громоздких копиров, кулачков или специальных направляющих, что усложняло кинематические передачи и механические программирующие устройства.

Особый потенциал заложен в мехатронных модулях с параллельной кинематикой. Их внедрение создает фундаментальные условия для радикального упрощения — как кинематической схемы самой машины, так и блока, отвечающего за приводы.

Во-вторых, внедрение нелинейных координатных базисов в мехатронные системы порождает сложную, нелинейную зависимость между эксплуатационными и качественными параметрами филетирующих машин. Взаимосвязи таких факторов, как цена, производительность, точность и металлоемкость, зачастую носят нелинейный характер, открывая перспективы для экономически привлекательных решений. Так, умеренное сокращение производительности способно привести к резкому росту точности обработки, одновременно позволяя существенно уменьшить металлоемкость, габариты и массу оборудования. И наоборот, кардинальное повышение производительности и скорости настройки может быть обеспечено лишь несущественным удорожанием агрегата, сопровождаемым оптимизацией его массогабаритных показателей.

Третьим преимуществом становится перспектива конструирования филетирующих машин из серийных мехатронных модулей движения, а в перспективе — из интеллектуальных. Подобный подход открывает путь к радикальному упрощению кинематических схем, глубокой унификации узлов, заметному росту ремонтпригодности. Как следствие, ремонтные операции становятся проще и быстрее, а надежность оборудования возрастает, притом, что его функциональные возможности не сокращаются.

Таким образом, формируется фундамент для подлинного модульного агрегатирования филетирующей техники, опирающегося на типовые и унифицированные мехатронные изделия [9].

Разработка обобщенной функциональной схемы выступает первоочередной задачей при проектировании МК. На рисунке 3 представлена его структура, сформированная с учетом методических положений, опубликованных в источнике [10].

Термин «мехатронный модуль движения» обозначает автономное в конструктивном и функциональном отношении устройство. Его архитектура интегрирует управляемый привод, механические компоненты и информационный блок. Последний формируется из датчиков, поставляющих данные и сигналы обратной связи. Дополнительно в эту структуру могут быть введены вычислительные элементы, ответственные за обработку и трансформацию поступающих сигналов. К примеру, сбор информации часто осуществляется фотоимпульсными датчиками, фиксирующими положение и скорость вала, оптическими линейками или компактными видеокамерами.

Интеграция микропроцессоров, DSP-процессоров, а также АЦП/ЦАП и программируемых вентильных матриц в мехатронные приводные блоки наделяет их свойствами интеллектуальных систем. Это эволюционное насыщение электроникой кардинально меняет их статус. В перспективе неизбежен переход к массовому выпуску подобных интеллектуальных модулей, что откроет путь для их внедрения в конструкции мехатронных филетирующих машин.

Понятие внешней среды в данном контексте охватывает технологическое окружение, формируемое базовым и дополнительным оборудованием, обрабатываемыми объектами, а также сопряженными с ними устройствами. В эту категорию входят сырьевые материалы, гидравлические и пневматические компрессорные установки, механизмы для сортировки и ориентации рыбы, автоматические весовые контроллеры, приспособления для обслуживания рабочих органов и прочее. Параметры подобных сред требуют моделирования, осуществляемого посредством аналитико-экспериментальных изысканий

либо с применением методов компьютерного вычислительного эксперимента. Подобный подход открывает возможность для определения усилий резания рыбного филе и анализа реакции жидкой струи в процессе гидравлической резки.

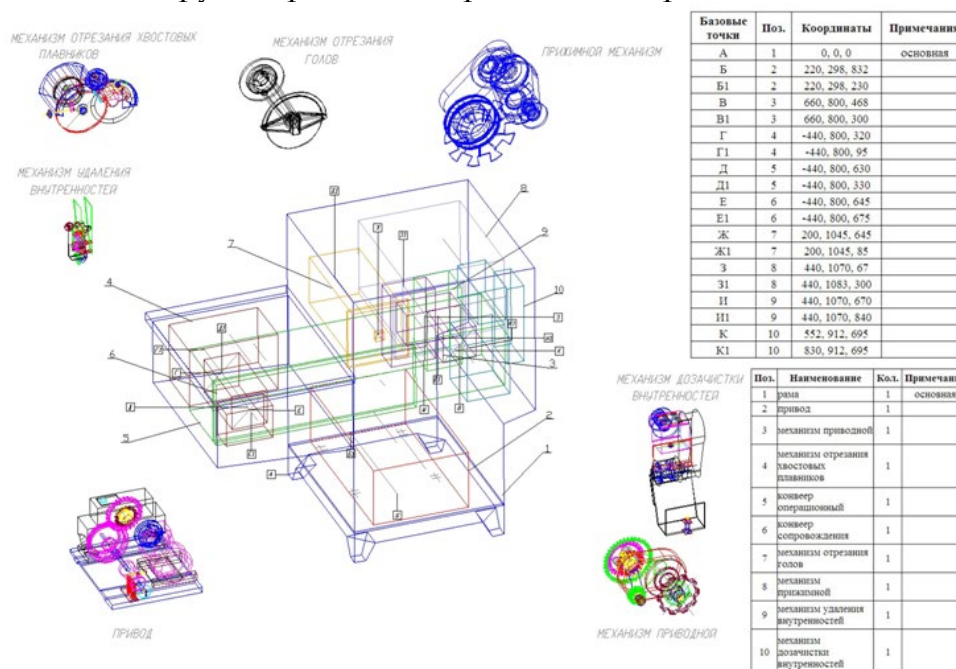


Рисунок 1 - Фрагмент структурно-компоновочной схемы МК (система AutoCAD)

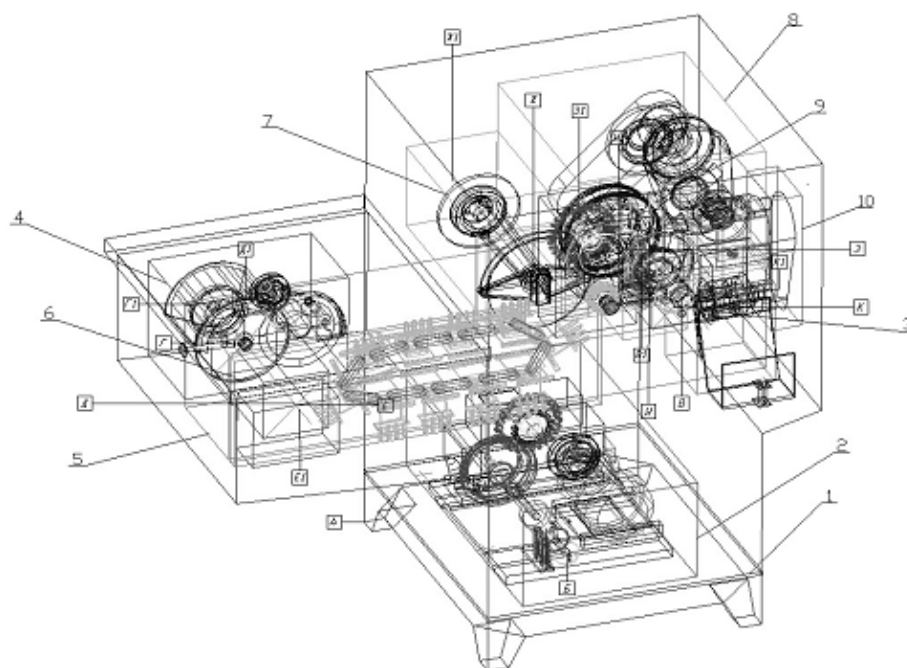


Рисунок 2 - Фрагмент эскизной компоновки МК (система AutoCAD)

Исполнительные модули формируются из механических устройств и двигателей. В группу интеллектуальных модулей входят электронная, управляющая и информационная составляющие мехатронной системы. Компьютерное управление реализуется программно-аппаратным комплексом, который генерирует управляющие сигналы для приводов. Задача информационного устройства — сбор и передача в управляющий компьютер актуальных и точных данных о состоянии внешней среды и внутренних узлов машины. Механическое устройство — это многозвенный механизм, чья кинематическая цепь состоит из движущихся звеньев, образующих кинематические пары.

Рабочий орган представляет собой конструктивный узел механической системы, который непосредственно осуществляет требуемые технологические действия. В эту категорию входят дисковые и ленточные ножи, упорные планки, захватные устройства для фиксации рыбы, сталкиватели и прочие аналогичные элементы. Таким образом, данный модуль — это управляемый узел с заданными степенями свободы, собственной рабочей зоной и конструкцией, которая может быть как простой, так и составной.

Как следует из представленного анализа, проектирование и практическая реализация машинных комплексов для первичной обработки рыбы представляет собой нетривиальную научно-техническую проблему. Успешное создание и стабильная работа таких систем детерминированы необходимостью системного подхода к их разработке. Именно он гарантирует реализацию замкнутого цикла, включающего сбор данных, фундаментальные и прикладные исследования, проектные и конструкторские работы, организацию производства, последующую эксплуатацию, получение обратной связи и модернизацию [11].

В качестве системообразующих выступают следующие факторы. Во-первых, гибкость, присущая как процессу разработки, так и управленческой деятельности. Во-вторых, объективность и исчерпывающая полнота информационного обеспечения. Наконец, обязательным условием служит наличие кадрового сопровождения, которое гарантирует непрерывное совершенствование всего комплекса.

Разработка отечественных мехатронных систем для первичной переработки рыбы сопряжена с рядом сложных инженерных вызовов [12].

К их числу относятся:

формирование инжиниринговой инфраструктуры, ориентированной на решение задач высокой научной сложности;

организация и реализация исследовательских работ, направленных на автоматизацию операций первичной переработки водных биоресурсов;

формулировка методологических основ, принципов и концептуальных решений для создания и внедрения автоматизированных технологических комплексов в сфере первичной обработки рыбы;

конструирование унифицированного оборудования блочно-модульного типа, предназначенного для операций первичной переработки;

создание программно-аппаратных комплексов автоматизированного проектирования (САПР) для оборудования рыбоперерабатывающей отрасли.

В итоге можно заключить, что характеристики современного мехатронного филетирующего оборудования в первую очередь обусловлены тем, насколько результативно внедряются новейшие мехатронные технологии. Их эффективность, в свою очередь, определяется комплексным использованием методов САПР, приёмов технического творчества, эвристического анализа и CALS-методик. Качество же оборудования следующего поколения напрямую связано с глубиной интеграции и слаженностью научно-исследовательских, конструкторских, производственных и технологических процессов, составляющих фундамент этих самых мехатронных технологий [13].

Список литературы:

1. Агеев, О.В. Научное обеспечение и разработка ресурсосберегающих машинных технологий первичной обработки рыбы: дис. ... д-ра техн. наук / О.В. Агеев. - Калининград, 2021. - 862 с.
2. Веселов, О. В. Расчет и проектирование мехатронных устройств: учебное пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019.

3. Калихман, Д. М. Математическое моделирование мехатронных систем: учебно-методическое пособие в 3 частях. Саратов: СГТУ, 2020.
4. Кузьмин, Д. В. Моделирование динамики мехатронных систем: уравнения и алгоритмы. Архангельск: Арханг. гос. тех. ун-т, 2008.
5. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств. СПб.: Лань, 2012.
6. Норенков поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / , . - М.: МГТУ им., 2002. - 320 с.
7. Осипов, Ю. М. Основы мехатроники: учебное пособие. Томск: ТУСУРа, 2007.
8. Подураев: основы, методы, применение: учеб. пособие для вузов / . - М.: Машиностроение, 2007. - 256 с.
9. Саускан, В.И. Современные проблемы устойчивого развития рыбохозяйственного сектора экономики России и пути их решения / В.И. Саускан, А.Г. Архипов, В.М. Осадчий // Рыбное хозяйство. - 2020. - № 6. - С. 6772.
10. Фатыхов в рыбоперерабатывающем оборудовании: монография / , . - Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. - 279 с.
11. Фатыхов мехатронное управление оборудованием для разделывания и филетирования рыбы: учеб. пособие / , . - Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. - 158 с.
12. Фатыхов подход к разработке ресурсосберегающего разделочно-филетировочного оборудования / , // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2007. - № 3 (298). - С. 91-94.
13. Федотов, А. В. Использование методов теории автоматического управления при разработке мехатронных модулей. Омск: ОмГТУ, 2007.

References:

1. Ageev, O.V. Scientific support and development of resource-saving machine technologies for primary fish processing: dissertation of Doctor of Technical Sciences / O.V. Ageev. - Kaliningrad, 2021. - 862 p.
2. Veselov, O. V. Calculation and design of mechatronic devices: a textbook. Vladimir: Publishing House of the All-Russian State University, 2019.
3. Kalikhman, D. M. Mathematical modeling of mechatronic systems: an educational and methodological manual in 3 parts. Saratov: SSTU, 2020.
4. Kuzmin, D. V. Modeling dynamics of mechatronic systems: equations and algorithms. Arkhangelsk: Arkhangelsk State Technical University. Univ., 2008.
5. Lukinov, A. P. Design of mechatronic and robotic devices. St. Petersburg: Lan, 2012.
6. Norenkov support of high-tech products. CALS-technologies / , Moscow: Moscow State Technical University, 2002, 320 p.
7. Osipov, Yu. M. Fundamentals of mechatronics: a textbook. Tomsk: TUSURa, 2007.
8. Poduraev: fundamentals, methods, application: textbook. handbook for universities / . Moscow: Mashinostroenie, 2007- 256 p

9. Sauskan, V.I. Modern problems of sustainable development of the fisheries sector of the Russian economy and ways to solve them / V.I. Sauskan, A.G. Arkhipov, V.M. Osadchy // Fisheries. - 2020. - No. 6. - p. 6772.
10. Fatykhov in fish-cutting equipment: a monograph /, Kaliningrad: FGOU VPO "KSTU", 2008. - 279 p.
11. Fatykhov mechatronic control of equipment for butchering and filleting fish: textbook. the manual /, - Kaliningrad: FGOU VPO "KSTU", 2007. - 158 p.
12. Fatykh's approach to the development of resource-saving cutting and filleting equipment /, // News of higher educational institutions. Food technology. - 2007. - № 3 (298). - Pp. 91-94.
13. Fedotov, A.V. The use of methods of the theory of automatic control in the development of mechatronic modules. Omsk: OmSTU, 2007.