



## РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОЙ МАШИНЫ МОДУЛЬНОГО ТИПА ДЛЯ РАЗДЕЛЫВАНИЯ РЫБ ПРИБРЕЖНОГО ЛОВА

А.А. Попов, студент,

alexandrpopov96@mail.ru

Н.В. Самойлова, аспирант,

procyon@mail.ru

О.В. Агеев, канд. техн. наук, доцент,

oleg.ageev@klgtu.ru

Ю.А. Фатыхов, д-р техн. наук, профессор,

elina@klgtu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Показана актуальность разработки рыбообделочного оборудования модульного типа для переработки рыб прибрежного лова Калининградской области. Предлагается мехатронная машина, состоящая из трех модулей – разделочного, потрошения и филетирования. Приведено описание работы мехатронной машины. Разработаны кинематические схемы модулей и принципиальная электрическая схема машины. Определены основные конструктивные параметры, технические характеристики и режимы работы модулей. Создана практическая основа для разработки технического проекта мехатронной машины для разделывания рыбы.

*рыба, разделывание, потрошение, филетирование, мехатроника, модуль, конструкция, машина*

Задача создания универсальной рыбообделочной машины, способной обрабатывать широкий видовой состав рыб прибрежных вод и внутренних водоемов, стояла перед отечественными специализированными организациями длительное время, но так и не была решена по целому ряду причин. В настоящее время в связи с появлением большого количества малых рыбоперерабатывающих предприятий, ориентированных на указанный вид сырья, актуальность этой задачи значительно возросла [1].

Практически все рыбообделочные машины отечественного производства имеют узкую специализацию, ориентированы на разделывание небольшого видового диапазона океанических рыб, сходных по размерам и пропорциям тела, и предназначены для крупных предприятий и судов. Обработка на этих машинах широкого видового состава сырья внутренних водоемов не предусматривалась, так как была связана со значительным усложнением конструкции. Эти машины обладают высокой производительностью, энергоемкостью, материалоемкостью, большой степенью автоматизации и стоят достаточно дорого.

В настоящее время в сфере переработки рыбного сырья существенную долю занимают предприятия малого бизнеса, для которых такое оборудование мало подходит и недоступно по цене. Вызвано это отличием требований к оборудованию этих предприятий от традиционных организаций. Наиболее существенным является то, что малому бизнесу зачастую не требуются машины с высокой производительностью и степенью автоматизации. Для них на первый план выходят такие показатели как универсальность по видовому составу, по видам разделывания, малые габариты и масса, малая энергоемкость, предельная простота, ремонтпригодность, долговечность и надежность.

Фактически подобное оборудование в настоящий момент отсутствует, а цена образцов, способных претендовать на такую роль, необоснованно завышена, универсальность же их остается сравнительно низкой [2].

Вкладом в решение этой проблемы является проектирование оборудования такого рода и разработка макета мехатронной рыборазделочной машины модульного типа, предназначенной для глубокого разделывания сырья прибрежного лова и внутренних водоемов Калининградской области и ориентированной на нужды малых предприятий, работающих в этой сфере. Предварительная проработка вопроса показала, что наиболее эффективной является модульная конструкция, в соответствии с которой машина комплектуется из трех модулей: разделывания, потрошения и филетирования, каждый из которых может использоваться автономно. Разработка такой конструкции, как и аналогичных конструкций промышленного назначения, проводится поэтапно.

Начальный этап включает исследования свойств рыбного сырья прибрежного лова и внутренних водоемов Калининградской области, видов и способов его обработки. При этом учитывается влияние физико-механических и морфологических свойств рыбного сырья на конструкцию модулей и всего устройства в целом. На основании этих исследований, а также опроса потенциальных потребителей формулируются технические требования к каждому из модулей и устройству в целом, оформляются в виде соответствующих технических заданий и разрабатываются эскизные проекты модулей разделывания, потрошения, филетирования и всего устройства в целом.

На втором этапе разрабатываются технические проекты на каждый из модулей и все устройство в целом, дающие углубленное представление об их конструкции. Основанием для проектирования являются соответствующие инженерные расчеты, составленные технологические карты, эскизные проекты модулей и всего устройства.

На третьем этапе разрабатывается конструкторская документация для изготовления макетов модулей и всего устройства, принципиальная электрическая схема, схемы водообеспечения и смазки. Основанием для разработки являются проведенные ранее инженерные расчеты и разработанные технические проекты модулей и всего устройства.

На четвертом этапе осуществляется приобретение комплектующих, покупных и стандартных изделий, авторский надзор за изготовлением составных частей, узлов и модулей и макета машины, разрабатывается программа-методика испытаний макета и проводятся стендовые и натурные испытания макета. По результатам испытаний корректируется конструкторская документация.

Для достижения поставленной цели на начальном этапе исследований решены следующие задачи:

- определены наиболее значимые для проектирования машины физико-механические и морфометрические характеристики сырья прибрежного морского промысла и внутренних водоемов;
- выбраны рациональные направления проектирования каждого из модулей и всего устройства в целом;
- составлена общая технологическая карта разделывания сырья прибрежного морского промысла и внутренних водоемов;
- проведены необходимые проектные, проверочные расчеты конструкций модулей и устройства;
- разработаны электрические схемы управления модулями и устройством, схемы водообеспечения и смазки;
- разработаны техническое задание и эскизный проект устройства.

Мехатронная машина выполняется в виде трех модулей: разделочного, потрошения и филетирования, каждый из которых может рассматриваться как отдельная машина. Каждый из модулей снабжается независимым приводом, гидросистемой и может использоваться как совместно с другими модулями, так и отдельно от них. Это дает возможность ограниченному количеству обработчиков (что характерно для малого предприятия) оптимизировать процесс разделывания рыбы в плане выбора последовательности и цикличности выполнения разделочных операций.

Модуль разделывания мехатронной машины модульного типа предназначен для работы в составе машины или отдельно от нее на береговых предприятиях малого бизнеса, а также в судовых условиях. Модуль выполняет следующие операции по разделыванию рыбы: удаление головы; удаление хвостового плавника; удаление брюшных, спинных, грудных и анальных плавников; удаление чешуи.

Основным недостатком аналогичных по назначению устройств является затрудненная перенастройка его на обработку рыб другого вида, формы и размера, требующая значительных затрат времени и использования специальных приспособлений, а также определенные ограничения по видо-размерному диапазону обрабатываемых рыб.

Модуль разделывания предлагаемой конструкции решает задачу упрощения и ускорения перенастройки устройства на обработку рыб другого размера и, как следствие, повышения универсальности устройства. Для получения необходимого технического результата в устройстве предусмотрены три дисковых ножа [3], размещенных по вершинам равностороннего треугольника, который относительно своего центра закрепляется в неподвижных опорах с возможностью фиксации в одном из трех положений. При переналадке на другой вид сырья ножи не заменяются путем демонтажирования с устройства, а перемещаются внутри него из рабочего в нерабочее положение за счет поворота треугольника на  $120^\circ$  относительно центра. Каждый из дисковых ножей установлен на отдельном валу. Валы ориентированы параллельно друг другу и равноудалены друг от друга и от оси, на которой закреплены опоры. Ось установлена с возможностью поворота и фиксации в рабочем положении выбранного ножа.

Таким образом, в случае перехода на выпуск продукции другого вида устройство может быть легко и быстро перенастроено путем вывода одного ножа из рабочего положения и подводом другого в это положение. При этом нож, выведенный из рабочего положения, отключается от источника движения, а вновь подведенный подключается, что экономит энергию, ресурс механизмов и повышает безопасность работы устройства. На рис. 1 представлена кинематическая схема модуля разделывания.

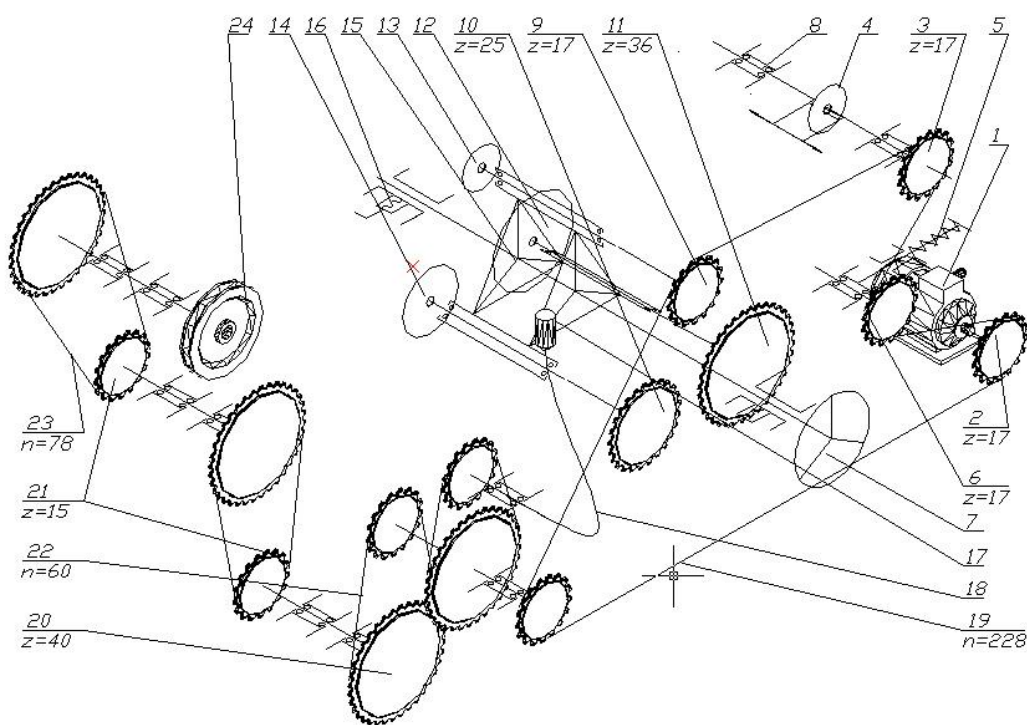


Рисунок 1 – Кинематическая схема модуля разделывания мехатронной машины:  
 1 – двигатель; 2 – ведущая звездочка; 3, 6, 9, 10, 11, 20, 21 – звездочки; 4, 12, 13, 14 – ножи;  
 5 – натяжной механизм; 7 – маховик; 8 – подшипниковый узел; 15 – треугольник;  
 16 – фиксатор; 17 – скребок; 18 – гибкий вал скребка; 19, 22, 24 – цепь; 24 – шкив

Главным достоинством конструкции является то, что комплекты рабочих органов, не используемые в данный момент, остаются в машине и могут в случае необходимости в кратчайшее время быть подведены в рабочее положение. К числу недостатков его в сравнении с известными устройствами аналогичного назначения следует отнести усложнение конструкции и увеличение габаритных размеров, что компенсируется повышением универсальности.

Модуль потрошения мехатронной машины модульного типа предназначен для работы в составе машины или отдельно от нее на береговых предприятиях малого бизнеса, а также в судовых условиях. Модуль выполняет следующие операции по разделыванию рыбы: вскрытие брюшной полости рыбы, удаление внутренностей, зачистка брюшной полости механическим или гидромеханическим путем. Для обработки на модуле потрошения рыба должна быть обезглавлена.

Аналогично разделочному модулю, можно сказать, что аналогичные модулю потрошения по назначению устройства имеют недостаток, который выражается в том, что переналадка этих устройств затруднена, а видо-размерный диапазон обрабатываемого сырья мал. На рис. 2 представлена кинематическая схема модуля потрошения.

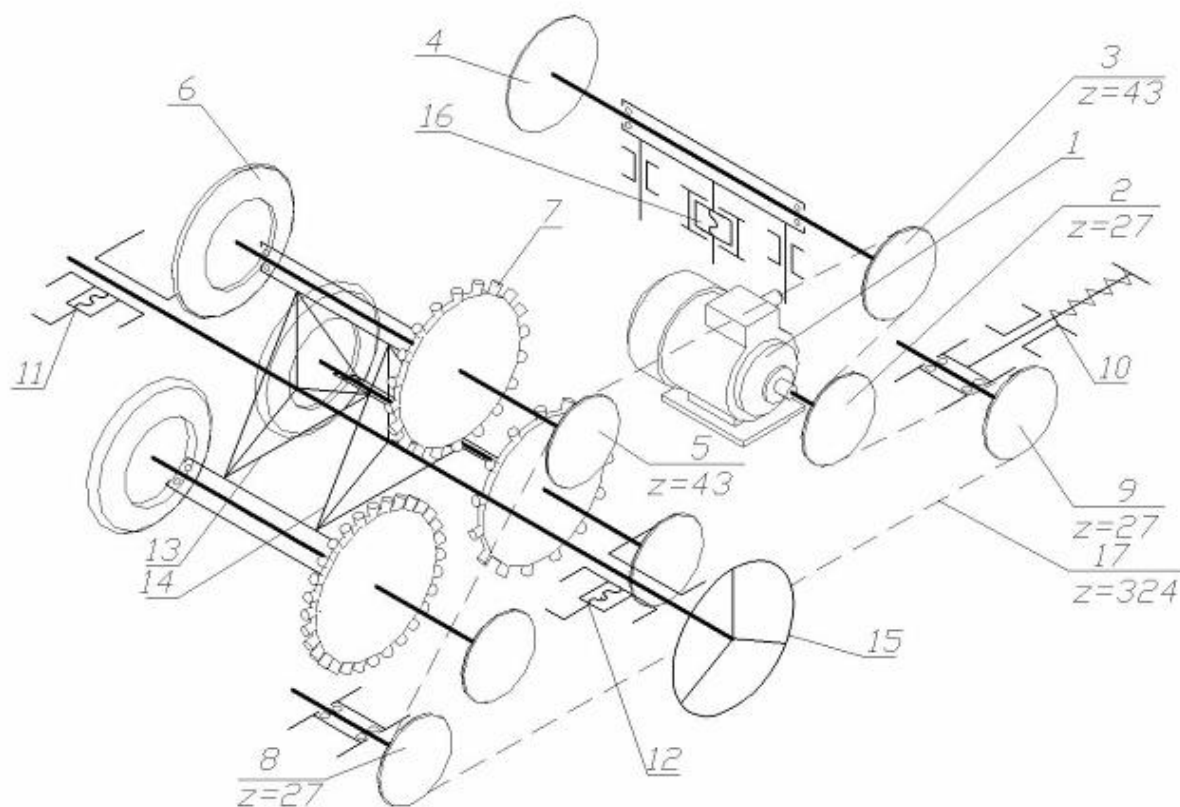


Рисунок 2 – Кинематическая схема модуля потрошения мехатронной машины:

1 – электродвигатель; 2 – ведущая звездочка; 3 – звездочка механизма вскрытия брюшка; 4 – дисковый нож; 5 – звездочка механизма потрошения и зачистки; 6 – потрошильный диск; 7 – щетка; 8 – звездочка обводная; 9 – звездочка натяжная; 10 – пружина; 11, 12 – фиксаторы; 13, 14 – треугольники; 15 – маховик; 16 – гайка регулирования ножа; 17 – цепь

В качестве инженерного решения по модулю потрошения предлагается конструкция, условно названная треугольником, которая в целом аналогична использованной в модуле разделки. В данном случае на вершинах треугольника размещаются валики для удаления внутренностей с одной стороны и щетка для зачистки брюшка – с другой. Щетка и валик,

закрепленные на одном валу, составляют единый комплект рабочих органов, используемый для обработки рыб определенного размерного и видового диапазона.

Модуль потрошения работает следующим образом. Предварительно обезглавленная рыба вручную загружается в первый лоток в положении брюшком вниз и приголовком вперед и продвигается вперед к дисковому ножу. Затем с помощью прижимного башмака рыба проводится через дисковый нож, который вспарывает брюшко до анального отверстия. После этого рыба, базируясь хребтовой костью на козырек, закрывающий сверху дисковый нож и направляющую, проводится через потрошильный диск, который посредством радиальных пластин удаляет из брюшной полости внутренности.

После обработки на первом ручье выпотрошенная рыба перемещается для дополнительной обработки на второй ручей устройства. На этом ручье рыба аналогично вручную загружается в лоток, продвигается вперед и соответственно одновременно центрируется и базируется на направляющей. После этого рыба с помощью второго прижимного башмака проводится через щеточный диск, который посредством пучков щетины зачищает брюшную полость (хребтовую кость и брюшные створки) от почки, сгустков крови и черной пленки.

Модуль филетирования мехатронной машины модульного типа предназначен для работы в составе машины или отдельно от нее на береговых предприятиях малого бизнеса, а также в судовых условиях. Модуль выполняет операцию филетирования по разделке рыбы, для обработки рыба должна быть обезглавлена и выпотрошена.

В модуле филетирования реализуются одновременно две схемы филетирования: филетирование с обжимом рыбы и вырезанием реберных костей вертикальными дисковыми ножами, а также филетирование с распластыванием и вырезанием реберных костей наклонными дисковыми ножами. Модуль филетирования снабжен системой автоматической настройки рабочих органов на размер обрабатываемой рыбы.

Кинематическая схема модуля филетирования представлена на рис. 3. Для реализации автоматической настройки каждый из дисковых ножей устройства размещается на выходном валу закрытого механизма. Входной вал одновременно является для этого механизма несущим и кинематически связан с электродвигателем и через зубчатую передачу приводит в движение выходной с закрепленными на нем ножами. Корпус механизма связан с системой рычагов, которые, получая сигнал от измерительного башмака, выставляются в необходимое положение за счет поворота всего механизма относительно входного вала.

За счет поворота механизмов ножей обеспечивается раздвижение ножей в плоскости их вращения. Вертикальные ножи, помимо того, имеют возможность раздвижения вдоль оси вращения за счет использования телескопической конструкции вала, один из концов которого перемещается в зависимости от угла поворота механизмов ножей по копиру, а другой несет на себе нож. Настройка осуществляется также за счет перемещения в вертикальном направлении направляющей (распластывателя). Конструкция модуля филетирования включает в себя протяжные ремни, транспортирующие в устройстве рыбу к ножам, и прижимные ролики, обеспечивающие надежный контакт ремней с рыбой.

Модуль филетирования работает следующим образом: предварительно обезглавленная и выпотрошенная рыба загружается в устройство брюшком вниз и приголовком вперед. Рыба захватывается протяжными ремнями и перемещается по поверхности направляющей (при обжиге) или распластывателя (при распластывании) к филетирующим ножам. Верхняя пара ножей вырезает хребтовую кость и используется при филетировании по обеим схемам. Реберные кости вырезаются вертикальной парой нижних ножей при филетировании с обжимом, либо наклонной парой при филетировании с распластыванием. Пара ножей, не используемая в данный момент, отводится от рыбы в нерабочее положение за счет поворота несущих ее механизмов на  $90^\circ$ .

Разработка принципиальной электрической схемы является необходимой частью конструкторской документации для изготовления макетов модулей. Электрической схемой определяется порядок соединения основных электротехнических элементов устройства.

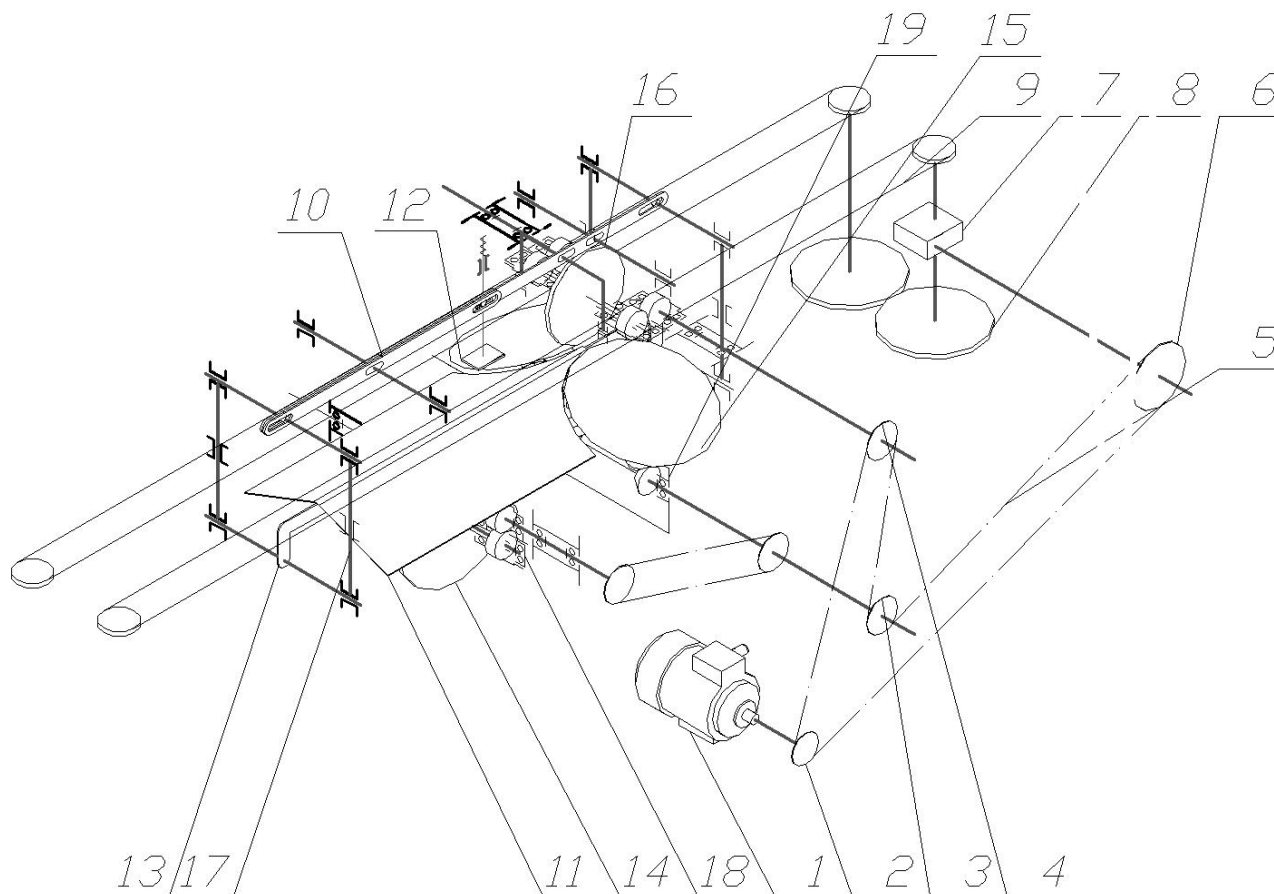


Рисунок 3 – Кинематическая схема модуля филетирования мехатронной машины:  
 1 – электродвигатель; 2, 3, 4, 6 – звездочка; 5 – цепь; 7 – редуктор червячный;  
 8 – колесо зубчатое; 9 – ремень протяжной; 10 – рычаг; 11 – распластыватель;  
 12 – башмак обмерочный; 13 – направляющая; 14, 15, 16 – нож дисковый;  
 17 – рычаг; 18 – механизм ножа; 19 – распределительная коробка

Анализируя с этой точки зрения мехатронную машину модульного типа, можно отметить, что каждый из трех его модулей может иметь одинаковую (унифицированную) электрическую схему. Это обусловлено тем, что каждый из модулей имеет один электродвигатель, причем все двигатели управляются сходным образом – предполагается два режима работы: постоянное вращение и экономичный режим с использованием пусковой педали. Принципиальная электрическая схема машины приведена на рис. 4.

Существенной особенностью рыбообработочного оборудования является необходимость постоянного снабжения его водой, которая расходуется на орошение рабочих органов машин (ножей), а также на гидравлическое извлечение внутренностей. Применение орошения позволяет снизить трение при резании рыбы дисковыми ножами, а также обеспечивает поддержание чистоты поверхности рабочих органов машины. Подведение воды к рабочим органам осуществляется с помощью системы трубопроводов, регулирование расхода воды – при помощи вентиля.

Подведение воды к машине осуществляется через входной патрубок, который располагается в нижней части устройства и соединяется с системой промышленного водопровода при помощи шлангов. При помощи системы трубок вода подводится к рабочим ножам модуля. Количество подаваемой воды регулируется при помощи вентиля. В целях экономии материалов и упрощения конструкции предполагается использовать для регулирования вентиль системы водопровода, совмещая в нем также запорную функцию.

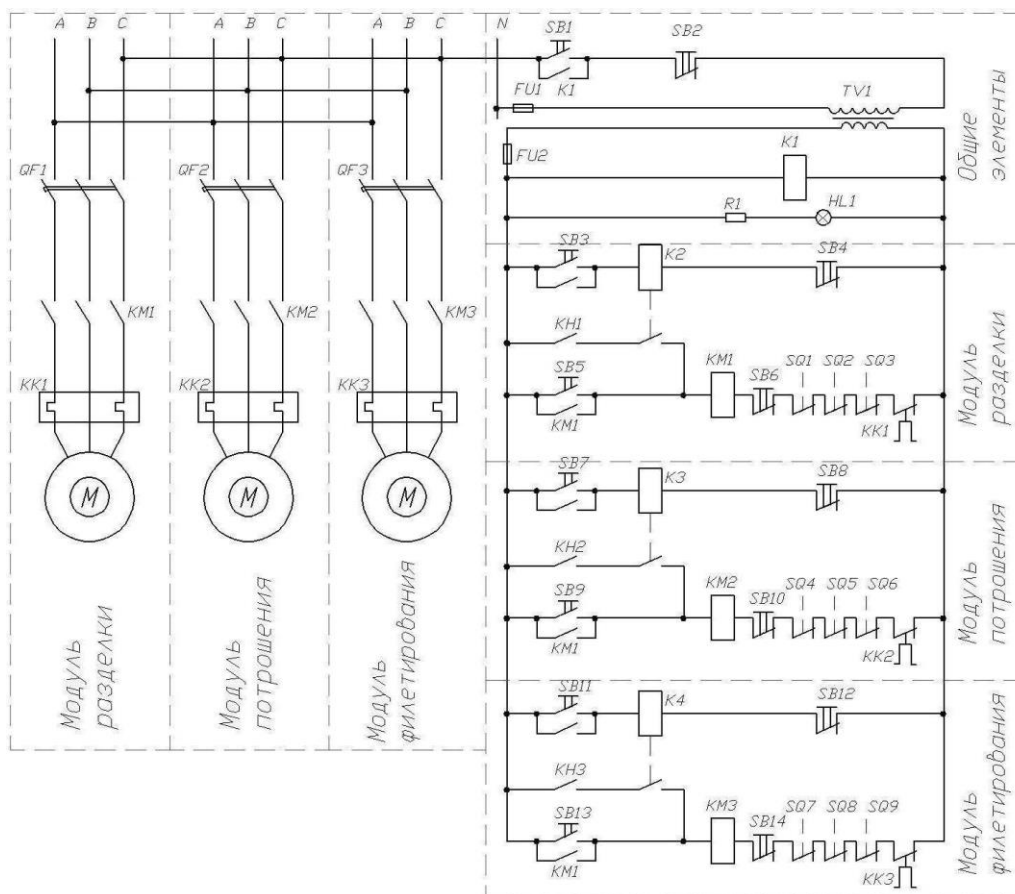


Рисунок 4 – Электрическая схема мехатронной машины модульного типа

Учитывая условия работы устройства, особенности выпускаемой продукции, не допускающие утечек смазочных материалов, а также ориентирование мехатронной машины модульного типа на предприятия малого бизнеса, принят периодический способ смазывания подшипниковых узлов консистентными смазками типа ЦИАТИМ-202, ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73, Литол-24 ГОСТ 21150-75. Их применение исключает попадание их в продукцию в результате потери герметичности манжетными уплотнениями, а также обеспечивает стойкость смазки к воздействию воды. Кроме того, немаловажным фактором является и более высокая долговечность этих смазок по сравнению с жидкими маслами, что в условиях малого и среднего бизнеса позволяет уменьшить периодичность технического обслуживания закрытых узлов.

## ВЫВОДЫ

На первом этапе научно-исследовательских работ по разработке макета мехатронной машины модульного типа исследованы физико-механические и морфометрические свойства рыбного сырья прибрежного морского промысла и внутренних водоемов Калининградского региона. В результате выделены наиболее значимые характеристики и установлены их значения, что позволило определить рациональные подходы к проектированию изделия. Составлена общая технологическая карта механизированной разделки сырья с описанием операций по разделке рыбы в порядке их осуществления в ходе технологического процесса, а также подобраны механизмы и рабочие органы машины, осуществляющие указанные операции.

В форме технического задания изложены основные требования к разделочному модулю, модулю потрошения и филетирования и всему устройству, сформулированы основные технико-экономические характеристики указанных устройств.

Разработаны эскизные проекты модулей и всего устройства, дающие первоначальное представление об их конструкции и являющиеся основой для разработки технического про-

екта. На втором этапе проведены проектные и проверочные расчеты каждого из модулей. Определены основные конструктивные параметры, технические характеристики и режимы работы модулей и устройства, установлены геометрические размеры и форма составных частей и деталей. Создана практическая основа для разработки технического проекта машины.

Разработанные схемы содержат окончательные технические решения, дающие полное представление о конструкции модулей и устройства, и исходные данные для разработки рабочей документации на макет машины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатыхов, Ю.А. Мехатроника в рыбообработочном оборудовании: научная монография / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 279 с.
2. Агеев, О.В. Совершенствование технологического оборудования для первичной обработки рыбы: опыт, проблематика, системный подход: научная монография / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 261 с.
3. Наумов, В.А. Моделирование процесса погружения дискового ножа в пищевой материал при резании / В.А. Наумов, 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, 2017. – №2(32). – Шифр: ЭЛ №ФС77–55245. – Режим доступа: [http://openbooks.ifmo.ru/read\\_processes/16842/16842.pdf](http://openbooks.ifmo.ru/read_processes/16842/16842.pdf).

#### DEVELOPMENT OF THE MODULAR TYPE MECHATRONIC MACHINE FOR PROCESSING OF FISH OF COASTAL ZONES

A.A. Popov, student  
alexandrpopov96@mail.ru  
N.V. Samojlova, post-graduate student  
procyon@mail.ru  
O.V. Ageev, Candidate of Engineering Sciences, assistant professor  
oleg.ageev@klgtu.ru  
Ju.A. Fatykhov, Doctor of Sciences, professor,  
elina@klgtu.ru  
Kaliningrad State Technical University

The actuality of development of modular-type fish handling equipment for fish processing in Kaliningrad Region coastal fishing has been shown. A mechatronic machine consisting of three modules – cutting, gutting and filleting – is proposed. The description of the mechatronic machine operation has been given. The kinematic schemes of the modules and the electrical scheme of the machine have been developed. The main design parameters, technical characteristics and operating modes of the modules have been determined. A practical basis for the development of the fish cutting mechatronic machine technical design has been created.

*fish, cutting, gutting, filleting, mechatronic, module, construction, machine*