

В диссертационный совет 37.2.007.03,  
созданный на базе ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный  
технический университет»

## О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента, проректора по организационно-воспитательной работе и молодежной политике ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет» **Степанова Дмитрия Виталиевича** на диссертационную работу **Самойловой Натальи Владимировны** на тему **«Совершенствование процесса и оборудования для порционирования рыбы»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы

**Актуальность работы.** Важной задачей рыбной отрасли является увеличение выпуска порционированной продукции, повышение качества рыбных товаров, а также более экономичная переработка сырья. Известно, что рост выпуска готовых изделий достигается за счет улучшения процесса порционирования рыбы и применения ресурсосберегающего оборудования. В связи с этим требуется совершенствование указанного процесса на научной основе, а также повышение эффективности технологических машин на базе перспективных технических средств.

Анализ показывает, что в современных условиях устройства для порционирования рыбы должны разрабатываться в виде мехатронных систем, построенных по модульному принципу и обладающих в определенной мере структурной гибкостью.

Из вышеизложенного следует, что разработка научного обеспечения технологического процесса и оборудования для порционирования рыбы является актуальным научным направлением при решении продовольственной проблемы в масштабах рыбохозяйственной отрасли.

**Научная новизна исследований и полученных результатов.** Автором решены задачи аналитического определения сил сопротивления формы при нормальном резании материала криволинейным фигурным лезвием и ножом с прямой наклонной кромкой. Разработаны математические модели для расчета размерных и безразмерных сил сопротивления формы, на основе которых установлены основные зависимости процесса порционирования от геометрии режущих органов, реологии мышечной ткани рыбы и скорости ножа.

Для процесса ротационного резания ножом эксцентрикового типа получены математические модели, которые позволили установить

зависимости угла скольжения, угла защемления и фактического угла резания от полярного угла эксцентрикового лезвия, радиуса и эксцентриситета ножа, а также конструктивных параметров продуктового окна.

Теоретически решена задача оптимизации геометрии фигурного лезвия для порционирования рыбы по критериям минимальных сил вредных сопротивлений относительно ножа с прямой наклонной кромкой. Получены значения оптимальных углов входа фигурного лезвия и определены их зависимости от заданного угла подъема ножа. Теоретически исследован процесс вибрационного резания материала с наложением гармонических и полигармонических колебаний, в результате чего установлены зависимости виброскорости элементарного ножа и углов виброрезания от частоты колебаний, амплитуды и скорости подачи ножа.

Наряду с этим, проведены экспериментальные исследования по наклонному резанию мяса тунцов с целью апробации разработанных аналитических моделей усилий резания. Предложены эмпирические математические модели зависимостей сил сопротивлений от угла наклона режущего органа. Путем регрессионного анализа установлены виды функций, описывающих эмпирические зависимости указанных сил от угла наклона ножа.

В рамках практической реализации результатов теоретических исследований, автором усовершенствован научный подход в создании конкурентоспособного модульного оборудования для порционирования рыбы. Данный подход направлен на экономное использование сырьевых и энергетических ресурсов, что достигается дальнейшим развитием теории резания, оптимизацией геометрии ножей и разработкой перспективных конструкций порционирующих устройств. Научная новизна разработанных технических решений подтверждена 4 патентами РФ на изобретение.

**Практическая значимость результатов работы.** На основе совокупности теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в условиях лабораторий и промышленного производства, автор разработал подход к совершенствованию конструктивного оформления режущих органов, развитию методик их расчета и созданию конкурентоспособных модульных машин для порционирования рыбы на основе мехатроники.

В рамках данного направления разработаны мехатронные устройства для порционирования рыбного филе, построенные с применением фигурных рабочих органов, приспособлений для смены режущей оснастки, средств видеоэлектроники и пневмоавтоматики.

В производственных условиях на основе полученных результатов проведена модернизация конструкции порционирующей машины с разработкой проектно-технической документации на макет и опытный образец. Внедрены расчетные методики для определения оптимальной

геометрии рабочих органов и режимов обработки, результаты анализа закономерностей процесса резания рыбы, а также модульные конструкции мехатронных машин, предназначенные для использования при разработке новой порционирующей техники. Реализована лицензия на право использования интеллектуальной собственности компанией ООО «ПК Пищевая инженерия».

**Оценка содержания работы, ее завершенность.** Диссертационная работа включает введение, главы с первой по седьмую, основные выводы и результаты, список литературы из 306 наименований, в том числе 74 на английском языке, а также приложения. Основной текст диссертации представлен на 252 страницах, содержит 81 рисунок, 3 таблицы. Приложения представлены на 30 страницах и включают 4 рисунка, 10 таблиц.

**Во введении** автором проанализировано современное состояние рыбоперерабатывающих производств. Раскрыты основные направления и тенденции в развитии порционирующего оборудования, изложены основные недостатки существующих подходов в проектировании машин, сдерживающих повышение выпуска порционированной продукции и ресурсосбережение. Автором обоснована актуальность научного исследования, научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, представлены научные положения, выносимые на защиту, описаны структура и объем диссертационной работы.

**В первой главе** приведен обстоятельный анализ известных литературных источников по резанию рыбы и других пищевых материалов. Выполнен анализ структурных свойств рыбного сырья, а также реологических моделей, которые описывают механическое поведение материала при внешнем воздействии. Выполнен критический обзор существующих конструкций машин для порционирования рыб с описанием их решающих недостатков. Диссертантом разработана программно-целевая модель исследования, сформулированы цель и задачи диссертации, определены пути и методы решения научной задачи.

**Во второй главе** автором разработан комплекс математических моделей для расчета размерных и безразмерных сил сопротивления формы при неполном и полном погружении фаски в материал. Установлены зависимости процесса порционирования от геометрии ножа, реологии мышечной ткани и скорости резания.

**В третьей главе** диссертационной работы автором рассмотрен процесс ротационного порционирования рыбы эксцентриковым рабочим органом. Определены зависимости фактического угла резания, угла скольжения и угла защемления от полярного угла элементарного ножа при различных значениях эксцентриситета и радиуса рабочего органа. Проведенное диссертантом математическое моделирование показало, что наиболее выгодным рабочим участком ножа эксцентрикового типа является диапазон полярных углов от  $90^\circ$  до  $180^\circ$ , в котором снижаются

усилия резания, предотвращается смятие материала и улучшается качество продукта.

**В четвертой главе** диссертант теоретически решил задачу определения угла входа оптимального фигурного лезвия такого, что при равном угле наклона прямолинейного ножа будет максимальной разность между реактивными силами сопротивления прямолинейного и фигурного ножей. Наряду с этим, автор решил задачу определения оптимального угла подъема, при котором сила трения будет минимальной по сравнению с ножом, снабженным прямой наклонной кромкой - при таких же значениях полной высоты ножа и угла входа. Данное условие оптимизации означало, что при оптимальном угле подъема разность между площадями прямолинейного и фигурного ножей должна быть максимальной.

**В пятой главе** диссертант теоретически решил задачу определения сил сопротивлений формы ножа при наложении на него гармонических и полигармонических продольных колебаний. Получены выражения для расчета средних значений угла виброрезания и безразмерной силы сопротивления формы за период колебания. Установлены зависимости средних значений указанной силы от частоты колебаний. Установлено влияние номера высшей гармоники колебаний на средние за период указанные угол и силу.

**В шестой главе** автором проведены экспериментальные исследования процесса наклонного резания рыбы различными режущими органами. Разработана методика опытных испытаний на базе автоматизированной установки. установлена количественная зависимость силы вредного сопротивления от угла наклона пластинчатого ножа с прямолинейной кромкой. Диссертантом установлена количественная зависимость силы полезного сопротивления от угла наклона струнного ножа. Также найдены эмпирические модели для расчета сил вредных и полезных сопротивлений в функции углов наклона режущих кромок. Соискатель экспериментально показал, что значительный вклад в снижение сил сопротивлений при наклонном резании ножами с прямолинейной и фигурной кромками вносит эффект трансформации геометрии ножа.

**В седьмой главе** автор изложил новый концептуальный подход к созданию высокоэффективного технологического оборудования для порционирования рыбы. Разработаны оригинальные модульные конструкции машин для резки рыбного филе, защищенные 4 патентами РФ на изобретение. Разработана программа для ЭВМ, предназначенная для построения трехмерных цифровых моделей продукта.

Продана лицензия на право использования патента на изобретение предприятием ООО «ПК Пищевая инженерия». Также проведена промышленная апробация результатов диссертации в условиях ООО «Судорыбтехмаш».

В целом, диссертационная работа представляет собой завершённое научное исследование на актуальную и значимую тему. Она обладает

логическим единством, все ее элементы служат достижению поставленной цели.

**В Приложении** к диссертации представлены патенты на изобретения, лицензионный договор, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. В Приложение включены акты производственного внедрения результатов работы и технико-экономический расчет, а также благодарность, полученная автором.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и предложений.** При выводе научных положений, изложенных в диссертационной работе, рекомендаций и выводов диссертант опирался на фундаментальные физические законы. Результаты моделирования хорошо сочетаются с известными теоретическими концепциями, принятыми в изучаемой области научного исследования. Достоверность аналитических исследований и эмпирических результатов основана на использовании апробированных методов научного познания. Полученные результаты расчетов по математическим моделям подвергнуты автором тщательной экспериментальной проверке. Представленные в работе научные положения, рекомендации и выводы, обоснованы и подтверждены экспериментальными испытаниями.

В работе автором использованы современные методы экспериментальных исследований, методы и средства проведения измерений. Степень достоверности результатов диссертационной работы подтверждается тщательной проработкой литературных источников по теме исследования и широкой публикацией основных положений диссертации.

Результаты работы представлялись соискателем на международных научных конференциях в Воронеже, Москве, Калининграде, Улан-Удэ, Петропавловск-Камчатском, Астрахани, Санкт-Петербурге, Керчи, Оренбурге, Устроне-Морске.

Основные выводы по диссертации являются достоверными и полностью основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований автора.

**Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций.** Выводы и рекомендации, приведенные в работе, имеют значимость для науки и производства, которая основана на расширении научно-теоретических основ процесса порционирования рыбы, дальнейшем развитии теории резания вязкоупругого материала фигурными рабочими органами, а также реализации результатов аналитических исследований в технических решениях, включающих проектирование мехатронных машин для нарезки рыбы на базе эффективных рабочих органов.

Основное содержание диссертационной работы нашло достаточно полное отражение в 51 опубликованной работе, в том числе 1 учебном

пособии, 1 статье в журнале, индексируемом в МБД Scopus и Web of Science, 8 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 патентах РФ, 1 свидетельстве о регистрации программы для ЭВМ. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе вуза при чтении лекций и проведении практических занятий.

**Автореферат**, изложенный на 24 страницах, отражает основные положения и выводы диссертации. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК РФ.

**Замечания по тексту диссертации.** С учетом актуальности, научной обоснованности и практической значимости диссертации, считаем необходимым изложить ряд замечаний по работе:

1. Следует дать разъяснение, что подразумевается во второй главе под термином «нормальное резание рыбы».

2. В третьей главе следовало бы оценить величину динамических нагрузок, действующих на ось эксцентрикового ножа при вращении.

3. В четвертой главе при оптимизации фигурной кромки автором задана функция, описывающая геометрию ножа в виде полинома второго порядка. Хотелось бы услышать мнение соискателя, возможно ли определить вид функции, соответствующей оптимальной форме ножа?

4. В шестой главе следовало бы изложить методику расчета статистических показателей и привести результаты расчетов I, II, III квартилей, медианы и среднего значения..

5. Автором разработаны модульные конструкции машин для порционирования рыбы. Следовало бы уточнить, что в данном случае понимается под модульностью и отметить преимущества технического переоснащения предложенными конструкциями традиционно применяемого в рыбной промышленности оборудования на данных операциях.

6. В седьмой главе не представлены схемы технологических линий, в которые предлагаемые конструкции модульных порционирующих машин могут встраиваться и объединяться.

Сделанные по работе замечания носят больше рекомендательный характер для дальнейших исследований в области порционирования рыбы, не отражаются на основных положениях, предложенных автором к защите, и не снижают общей положительной оценки диссертации.

### **Заключение**

Анализ материалов исследований, выводов и рекомендаций показал, что по научному уровню, новизне, объему полученных аналитических и экспериментальных результатов, теоретической и практической значимости, диссертация **Самойловой Натальи Владимировны** «*Совершенствование процесса и оборудования для порционирования*

рыбы» на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной и самостоятельной научно-квалификационной работой.

Выполненная диссертационная работа в полной мере соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством РФ 24.09.2013 г. (в редакции от 25.01.2024 г.), и паспорту специальности 4.3.3, по которой представлена к защите, а ее автор **Самойлова Наталья Владимировна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук, доцент,  
проректор по организационно-  
воспитательной работе и  
молодежной политике ФГБОУ ВО  
«Керченский государственный  
морской технологический университет»



Степанов  
Дмитрий Виталиевич

Почтовый адрес:  
298309, г. Керчь,  
ул. Орджоникидзе, д. 82  
Тел. +8-(978)-714-25-50  
E-mail: stepanovkgmtu@yandex.ru

Дата « 11 » апреля 2024 г.

*Сергей Степанов Д. В.*

*подтверждаю*

*Ученой секретарь*



*Самойлова*