



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет
The Far Eastern State Technical Fisheries University

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 31

Том

31

Адрес: Россия, 690087, Владивосток, ул. Луговая, 526

Телефон/факс: (4232)44-11-76

e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

2014

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Г.Н. Ким, доктор технических наук, профессор, ректор

Научный редактор – В.Д. Богданов, доктор технических наук, профессор

Т.Е. Буторина, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
В.В. Плотников, доктор географических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
Н.Г. Ключкова, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ»;
Нгуен Ву Тхань, профессор, доктор наук, Департамент нематодологии Института экологии и биологических ресурсов Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ);
Е.В. Осипов, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
С.В. Лисиенко, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
О.Н. Кручинин, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «Тинро-Центр»;
Чан Яцин, профессор, доктор наук, директор колледжа рыболовства и биологических наук Даляньского океанологического университета;
А.Н. Соболенко, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
Б.И. Руднев, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
Г.П. Кича, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»;
Э.Н. Ким, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
Т.Н. Слуцкая, доктор технических наук, профессор, зав. отделом безопасности гидробионтов ФГУП «Тинро-Центр»;
В.А. Гроховский, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Мурманский ГТУ»;
И.Н. Ким, кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
В.И. Погонец, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Дальрыбвуз»;
С.А. Бредихин, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «МГУПБ»;
Ю.А. Фатыхов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Калининградский ГТУ»

Технический секретарь – Е.В. Денисова, начальник научного управления

Ответственный секретарь – Т.В. Ломакина, начальник редакционно-издательского отдела

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 619 : 639.3

Т.Е. Буторина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИНФЕКЦИОННАЯ АНЕМИЯ ЛОСОСЕВЫХ: ЭТИОЛОГИЯ, КЛИНИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ, ДИАГНОСТИКА, КОНТРОЛЬ ЗА РАСПРОСТРАНЕНИЕМ

Инфекционная анемия лососевых – высококонтагиозное вирусное заболевание ценных промысловых и разводимых рыб, вызывающее тяжелую анемию, поражение клеток крови и массовую смертность рыб. Возбудитель болезни относится к новому роду Isavirus семейства Orthomyxoviridae. Приводятся клинические признаки болезни, методы диагностики и предотвращения заболевания лососей.

Ключевые слова: *инфекционная анемия лососевых, акваортомиксовирус, клинические признаки, диагностика, культура клеток, горизонтальная и вертикальная передача вируса*

T.E. Boutorina

INFECTIOUS SALMON ANEMIA: ETIOLOGY, CLINICAL SIGNS, DIAGNOSTICS, AND PREVENTION

Infectious salmon anemia is a highly contagious viral disease of valuable marketable and breeding fish caused heavy anemia, contamination of blood cells and acute mortality of fish. The cause of disease to new genus Isavirus of the family Orthomyxoviridae. The clinical signs, methods of diagnostics and detection, and prevention of infectious salmon anemia are given.

Key words: *infectious salmon anemia, Aquaorthomyxovirus, clinical signs, diagnostics, cell line, horizontal and vertical transmission.*

Инфекционная анемия лососевых – острое, тяжело протекающее вирусное заболевание, которое сопровождается развитием сильно выраженной анемии и вызывает высокую смертность лососевых рыб уже через 7-10 дней после появления первых клинических признаков заболевания. Возбудитель этой болезни считается одним из наиболее опасных патогенов, который представляет угрозу коммерческой аквакультуре в Северном полушарии.

Этиология заболевания. Болезнь вызывает вирус, который по строению генома и генетическим особенностям был отнесен к семейству ортомиксовирусов [1]. На основании генетических данных, приуроченности к хозяевам и ряда других свойств вируса инфекционной анемии лососевых было предложено обосновать для него новый род Aquaorthomyxovirus в пределах семейства [2]. Однако Международный комитет по таксономии вирусов посчитал более правильным отнести его к новому, пятому по счету роду семейства, который получил название Isavirus. Этот вирус наиболее близок к вирусу гриппа, или инфлюэнцы (рис. 1), и, подобно вирусу гриппа, отличается повышенной изменчивостью. Вирусная частица, или вирион, имеет спиральный тип симметрии белковой оболочки – капсида. Одиночная нить РНК скручена в спираль и соединена с капсомерами, образуя нуклеокапсид, который имеет вид длинной тонкой, гибкой трубки (рис. 2, б). Снаружи вирион окружен дополнительной липо-

протеидной оболочкой, состоящей из специфичного к вирусу мембранного белка и липидов клеточного происхождения. На поверхности внешней оболочки вируса расположены рецепторы, так называемые пепломеры нескольких типов, они состоят из гликопротеидов – сложных белков, содержащих углеводные компоненты.

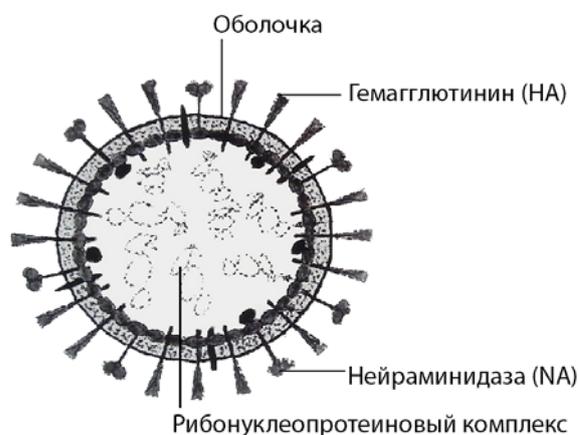


Рис. 1. Схема строения вириона гриппа (The Development of Infectious Anemia...2003)
Fig. 1. Diagram of influenza virion (The Development of Infectious Anemia...2003)

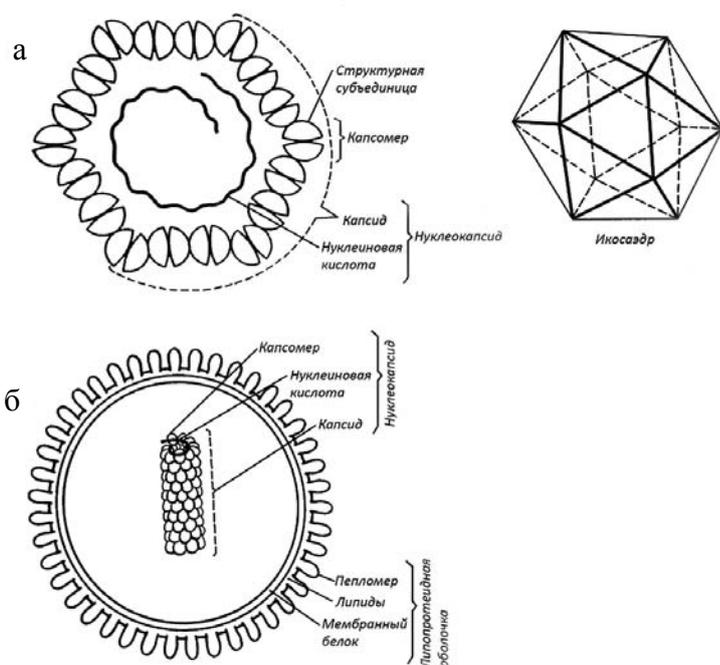


Рис. 2. Схема строения вирионов с кубическим (а) и спиральным (б) типом строения капсида (Лабораторный практикум по болезням рыб, 1983)
Fig. 2. Diagram of virions with cubic (a) and spiral (б) type of structure of the capsid (Laboratory workshop on Fish Diseases, 1983)

Вирус инфекционной анемии лососевых имеет диаметр от 45 до 140 нм [3]. Оптимальная температура для его воспроизводства в тканях рыб и на культуре клеток составляет +15 °С, при ее повышении до +25 °С этот процесс существенно замедляется.

Вирус инфекционной анемии размножается на определенных культурах клеток. Одна из наиболее часто используемых культур клеток – SHK-1, которую получают из клеток головной почки атлантического лосося, вирус вызывает цитопатическое действие (ЦПД), которое проявляется через 3-12 дней после его внедрения в клетки (инокуляции). Вирус также способен воспроизводиться на культуре клеток ASK из клеток головной почки атлантического лосося, при этом цитопатическое действие проявляется через 7-8 дней. Еще одну клеточную линию ТО получают из лейкоцитов головной почки атлантического лосося, при этом вирус инфекционной анемии лососевых вызывает цитопатическое действие через 4-17 дней после

инокуляции. Некоторые из известных штаммов вируса инфекционной анемии могут размножаться на культуре клеток CHSE-214, которую получают из эмбриональных клеток чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* [4].

О высокой изменчивости вируса инфекционной анемии лососевых свидетельствует тот факт, что в процессе исследования генной последовательности одного из сегментов РНК ISA-вируса у него выявлено 2 различающихся подтипа гемагглютинина HA, которые включают 22 изолята, или штамма (рис. 3). Различают североамериканский подтип, представленный 14 канадскими изолятами, и европейский подтип, представленный 6 норвежскими и 2 шотландскими изолятами. Еще один штамм вируса из Канады оказался более близким по своим свойствам к норвежским изолятам, чем к канадским [5], что было связано с завозом рыб из Европы.

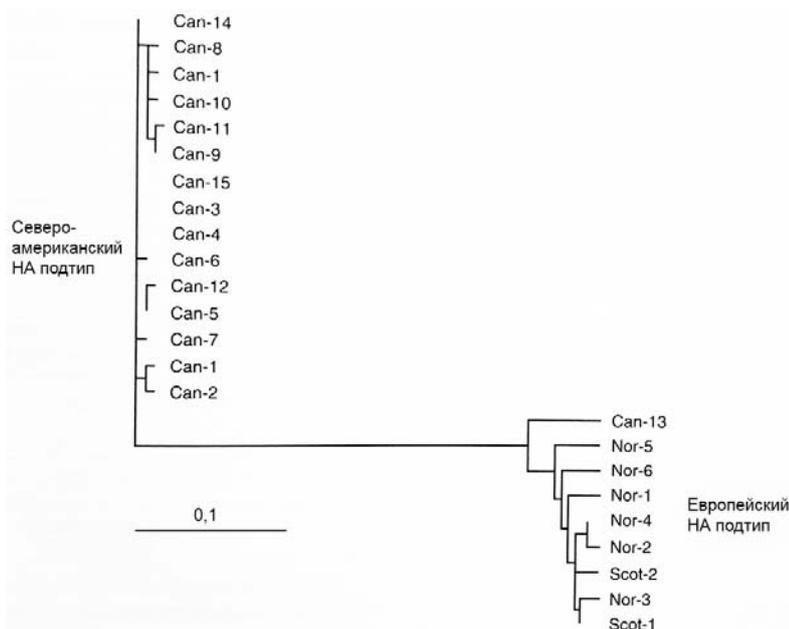


Рис. 3. Филогенетическое дерево, демонстрирующее взаимоотношения между изолятами вируса инфекционной анемии лососевых (The Development of Infectious Anemia...2003)
Fig. 3. Phylogenetic tree showing the relationship between infectious anemia virus isolates salmon (The Development of Infectious Anemia...2003)

Круг хозяев вируса инфекционной анемии лососевых включает только пойкилотермных животных. Болезнь отмечается у каспийского и атлантического лососей, радужной и ручьевой форели в странах Западной и Восточной Европы, Канаде, США. Вирус поражает клетки разнообразных тканей лососевых рыб, в том числе головную и туловищную почки, печень, селезенку, кишечник, жабры, мышцы и сердце.

Клинические признаки проявляются через 2-4 недели после заражения. Инфекционная анемия лососевых проявляется в развитии следующих клинических признаков: побледнение жабр, экзофтальмия, потемнение наружных покровов, скопление жидкости в брюшной полости (асцит), переполнение кровью печени и кишечника, увеличение печени и селезенки, точечные кровоизлияния (петехии) на коже и поверхности внутренних органов и тканей, развитие тяжелой анемии. Нередко регистрируются опухоли в паренхиме и сосудистой системе печени, дегенерация клеток печени на последних стадиях болезни сопровождается геморрагическим некрозом [4]. Однако все эти признаки не являются специфичными только для данного заболевания, поэтому их нельзя использовать для диагностики, необходимо применять специальные лабораторные методы идентификации вируса.

Первоначально предполагали, что клетками-мишенями для проникновения и размножения вируса служат клетки печени, лейкоциты и незрелые эритроциты. Дальнейшие исследования подтвердили гипотезу о важной роли лейкоцитов в развитии заболевания и показали, что вирус может также размножаться в эндотелиальных клетках, выстилающих кровеносные сосуды сердца, эндокардиальных клетках и в полиморфоядерных лейкоцитах [4].

Развитие анемии показывает, что эритроциты являются важнейшими клетками-мишенями для вируса. Но в ходе исследований удалось выяснить, что лейкоциты головной почки раньше эритроцитов поражаются вирусом, и, по всей видимости, они играют ключевую роль в размножении вируса на ранних этапах заражения. В дальнейшем эритроциты становятся основными клетками-мишенями. В процессе развития заболевания тяжелая анемия часто возникает на поздних стадиях инфекции и сопровождается лейкопенией.

История и географическое распространение заболевания. Инфекционная анемия лососевых, сопровождающаяся гибелью рыб, впервые была отмечена в Норвегии в 1984 г. в рыбноводном хозяйстве Hordaland County в южной части страны [6]. Уже к следующей весне болезнь распространилась в другие хозяйства, которые приобрели смолтов на зараженной ферме. На севере Норвегии болезнь зарегистрирована с 1988 г. Пик заболевания пришелся на период 1989-1992 гг., в 1990 г. болезнь охватила уже 80 рыбноводных хозяйств. Норвегия была первой страной, которая столкнулась с такими масштабами инфекционной анемии атлантического лосося, и ей пришлось первой разрабатывать программу борьбы с болезнью. Благодаря срочно принятым мерам предупреждения распространения заболевания и контролю за перевозками живых лососей и рыбной продукции из нее с 1993 г. уровень заболеваемости удалось снизить в несколько раз, однако в 2000-2004 гг. произошел новый подъем (рис. 4), и ежегодно продолжают отмечаться вспышки болезни. Последняя из них произошла совсем недавно – в марте 2014 г. на о-ве Денна в Норланде (Норвегия).

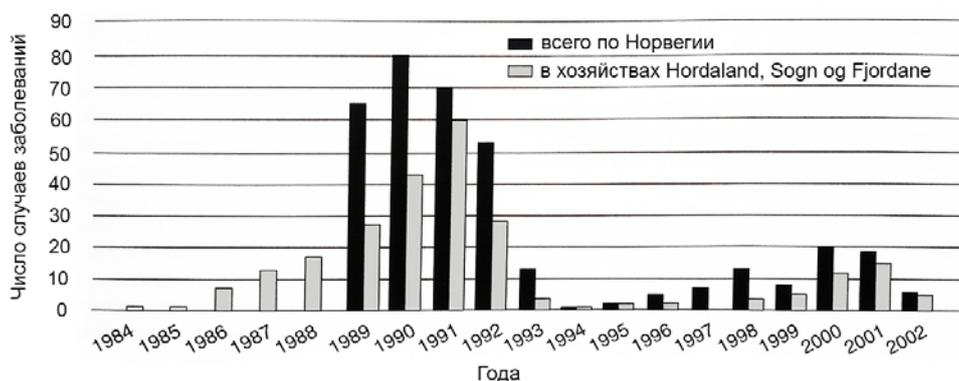


Рис. 4. Распространение инфекционной анемии лососевых в Норвегии (Lyngoy. 2003)
 Fig. 4. The spread of infectious salmon anemia in Norway (Lyngoy. 2003)

В Шотландии заболевание было впервые отмечено на 11 морских фермах в мае 1998 г. и распространилось еще на 25 рыбноводных хозяйств. Вспышки заболевания повторялись до ноября 1999 г., последний случай был отмечен в январе 2002 г. Вспышки болезни были зарегистрированы также в Великобритании, Ирландии, на Фарерских о-вах [4].

В Канаде вспышка заболевания атлантических лососей была впервые отмечена летом 1996 г. в юго-западной части зал. Фанди в Нью-Брансвике и сначала определена как «геморрагический почечный синдром». Только в сентябре 1997 г. удалось выявить возбудителя болезни и установить инфекционную анемию. За это время болезнь успела распространиться по рыбноводной зоне и охватить три залива и 24 лососевых хозяйства. Уже в 1998 г. началась разработка строгих ограничительных мер для предупреждения распространения заболевания и контроля за состоянием популяций атлантического лосося во всех районах его воспроизводства, но особенно – на зараженных акваториях. Благодаря выполнению целого ряда программ по борьбе с инфекционной анемией атлантического лосося в настоящее время осуществляется строгий ветеринарный и административный контроль за этим заболеванием. Случаи инфекционной анемии были отмечены также в зал. Кобсук (штат Мэн, США).

Стремительное распространение вируса инфекционной анемии лососевых по рыбоводным хозяйствам Норвегии, Шотландии, Канады и других стран свидетельствует о серьезности угрозы, которую представляет это заболевание для аквакультуры атлантического лосося. Убытки от вспышек инфекционной анемии у разводимых атлантических лососей в 1999 г. в Норвегии оценивали в 11 млн американских долл., в Канаде – в 14 млн долл. В Европейском сообществе инфекционная анемия лососевых внесена в список заболеваний № 1.

Случаи вспышек заболевания инфекционной анемией в популяциях тихоокеанских лососевых рыб до настоящего времени не зарегистрированы. Однако в Чили у культивируемого кижуча было отмечено заболевание с подозрением на инфекционную анемию лососевых. Активные дискуссии об этиологии болезни возникли из-за нехарактерных для инфекционной анемии проявлений заболевания, однако результаты лабораторного анализа тканей и сыворотки крови подтвердили присутствие ISA-вируса [7].

Передача вируса. Болезнь развивается в морской воде, чаще всего ее переносят зараженные лососевые рыбы. Но она также может распространяться через взятый от больных рыб биологический материал, останки погибших животных, стоки рыбоводных хозяйств, забоек или через оборудование, используемое в рыбоводном процессе, а также через морские суда, используемые для транспортировки рыбы.

Зараженная рыба может передавать болезнь за несколько недель до появления симптомов. Вирус способен распространяться от рыбы к рыбе путем выделения вирусных частиц (вирионов) из крови, содержимого кишечника, мочи и эпидермальной слизи зараженной рыбы. Вирус живет относительно недолго, он проявляет способность к заражению лишь около 20 ч при 6 °С и до 4 дней в тканях при той же температуре. Однако рыбы, выжившие во время эпизоотии, могут еще более месяца продолжать выделять вирусные частицы в окружающую воду. Зараженный биологический материал, стоки хозяйств, суда для перевозки рыбы могут служить резервуаром инфекции, основными источниками заражения, причем даже более важными, чем морская вода. Кровь и слизь содержат особенно много вирусов и часто служат распространителями болезни в большей степени, чем фекалии, планктон или паразитические ракообразные. Так называемая лососевая вошь, обычный паразит лососевых рыб, также может передавать вирус.

В наибольшей степени распространению заболевания способствуют перевозки икры, живой молоди и производителей для выращивания в других хозяйствах, районах и странах, а также транспортировка рыб и икры для продажи. Возбудитель инфекции может передаваться, но при этом не вызывать болезнь, другим видам лососевых рыб: кумже, морской и радужной форели. Это означает, что названные рыбы могут быть переносчиками и также служить в качестве резервуара инфекции.

Новым источником распространения заразного начала и заражения лососевых рыб Тихоокеанского бассейна опасным вирусом может стать выведенный недавно в США гибрид под названием «AquaAdvantage», или «морское преимущество». Он представляет собой результат генной инженерии, получен путем скрещивания атлантического лосося с чавычей и атлантической треской, отличается очень крупными размерами (до 1,5 м), быстрым ростом и стойким иммунитетом к инфекционной анемии лососевых. За эти качества его называют «Франкенштейном» или современным Прометеем. Однако опасность заключается в том, что гибрид может быть носителем и распространителем этого вируса среди лососевых рыб в российских водах Тихого океана, так как они не имеют иммунитета к болезни, что может привести к их массовой гибели и огромным экономическим убыткам. Специалисты не исключают, что в случае распространения гибрида возможны мутации вариационного вируса инфекционной анемии лососевых, последствия которых невозможно предсказать.

Заражение рыб может происходить при их контактах в море, когда гибриды с западного побережья Северной Америки придут на места общего нагула в Тихом океане, либо через балластные воды судов при их заходах в порты.

Экспериментально в пресной воде было показано, что возможна активная передача вируса от половозрелых зараженных к здоровым молодым рыбам, так называемая горизонтальная передача. В то же время передача вируса от родителей потомству через зараженную икру (вертикальная передача) не отмечена. Переболевшая молодь, у которой могут быть даже не выражены симптомы болезни, все еще остается заразной для здоровых рыб в течение 18 месяцев после первичной инфекции.

Диагностика. Для диагностики заболевания инфекционной анемии лососевых обычно используют следующие методики: изучение вируса на культурах клеток, молекулярный метод транскриптазо-полимеразной цепочки (RT-PCR), непрямой метод флюоресцирующих антител (IFAT) и гистопатологический метод. В настоящее время в стадии разработки находится иммуносорбентный метод анализа (ELISA), который используется для выявления присутствия антител к вирусу. Для исследования этими методами (за исключением гистопатологического) используют не только погибших рыб, но и взятые у живых заболевших рыб пробы крови [8].

Контроль по ограничению распространения заболевания. Инфекционная анемия относится к числу наиболее тяжелых инфекционных заболеваний, которые наносят огромный ущерб коммерческому рыбоводству и морскому фермерству. Поэтому страны Европейского экономического сообщества сообща выработали программу по ограничению ее распространения и полному искоренению. Одним из первых шагов стало требование о необходимости уничтожения зараженных рыб и ликвидации зараженных стад в случае обнаружения заболевания. К основным мерам предотвращения инфекционной анемии относится регулярный осмотр рыб и раннее выявление признаков болезни. Вирус быстро распространяется в морской воде и в течение 6-12 мес. проникает в соседние хозяйства в радиусе 5-6 км от очага заражения. В связи с этим были даны рекомендации размещать рыбоводные хозяйства (морские фермы) на расстоянии не ближе 5-6 км друг от друга, а сточные воды с забоек и мест обработки рыбы и все отходы подвергать тщательной дезинфекции. Не менее важен контроль за передвижениями судов на зараженных акваториях, ввод запрета на заход в них любых транспортных средств. Важной мерой, которая существенно снизила риск заражения рыб инфекционной анемией лососевых, был переход от многовозрастных хозяйств, в которых лососи содержались в течение нескольких (до четырех) лет, к выращиванию атлантического лосося в течение одного года. Для профилактики заражения рыб в рыбоводстве широко применяется регулярное выведение водоемов из рыбоводного процесса, удаление из них рыб и оставление без воды (летование), что позволяет уничтожить все накопившиеся стадии возбудителя. В 1990 г., когда заболевание атлантического лосося инфекционной анемией охватило большую часть хозяйств в южной части Норвегии, государственные органы и фермеры пришли к общему согласию, что для искоренения заболевания необходимо уничтожить рыб на всех фермах (депопуляция) и в течение не менее 6 мес. не проводить новое зарыбление на всей обширной рыбоводной площади. Программы по комплексной борьбе с инфекционной анемией лососевых были приняты и в Канаде. Все эти меры позволили снизить масштабы заболевания и ограничить его распространение.

Вакцинация. Как показал опыт Норвегии и Канады, проведение вакцинации увеличивает процент выживших рыб с 54 до 90 % и более. Особенно эффективным оказалось использование вакцин в районах, охваченных инфекционной анемией лососевых. В 1999 г. была разработана вакцина против инфекционной анемии для внутрибрюшной инъекции, которая обеспечивает максимальную защиту рыб от заболевания при условии, что между вакцинацией и оценкой ее результатов прошло не менее 734 градусо-дней [9]. В районах, где было отмечено заболевание, была апробирована и использовалась коммерческая лицензированная вакцина. Для повышения ее эффективности было предложено выделять инактивированный вирус непосредственно в масляную эмульсию, это дает пролонгированный эффект, т.е. продлевает

действие вакцины, обеспечивает защиту от проникновения вируса в клетки более длительное время. Дальнейшие исследования, проведенные коллективом ученых из Национального ветеринарного института в г. Берген и компании Intervet Norbio, были профинансированы Норвежским исследовательским центром. В результате удалось разработать комплексную поливалентную вакцину для борьбы одновременно с несколькими инфекционными заболеваниями лососевых рыб, в том числе вирусными: инфекционной анемией лососевых и инфекционным некрозом поджелудочной железы и бактериальными: вибриозом, аэромонозом и др.

Список литературы

1. The Development of Infectious Salmon Anemia Virus Vaccines in Canada / Kibenge F.S.B., Kibenge M.J.T., Joseph T., McDougall J. // International Response to Infectious Salmon Anemia: Prevention, Control, and Eradication: Proc. Symp., New Orleans, 2003. – P. 39-49.
2. The putative polymerase sequence of infectious salmon anaemia virus suggests a new genus within the Orthomyxoviridae / Krossoy B., Hordvik I., Nilsen F., Nylund A., Endresen C. // J. of Virology. – 1999. – Vol. 73. – P. 2136-2142.
3. Dannevig B.H., Falk K., Namork E. Isolation of the causal virus of infectious salmon anaemia (ISA) in a long-term cell line from Atlantic salmon head kidney // J. of General Virology. 1995. – Vol. 76. – P. 1353-1359.
4. Cypriano R., Miller O. Infectious Salmon Anemia: The Current State of Our Knowledge // International Response to Infectious Salmon Anemia: Prevention, Control, and Eradication: Proc. Symp., New Orleans, 2003. – P. 1-11.
5. Antigenic variation among isolates of infectious salmon anaemia virus correlates with genetic variation of the viral haemagglutinin gene / Kibenge F.S.B., Kibenge M.J.T., McKenna P.K., Stothard P. et al. // J. of General Virology. 2001. – Vol. 82. – P. 2869-2879.
6. Thorud K.E., Hastein T. Experiences With Regulatory Responses to Infectious Salmon Anemia in Norway // International Response to Infectious Salmon Anemia: Prevention, Control, and Eradication: Proc. Symp., New Orleans, 2003. – C. 155-159.
7. Isolation and Identification of infectious anaemia virus (ISAV) from coho salmon in Chili / Kibenge F.S.B., Garate O.N., Johnson G., Arriagada R. et al. // Disease of Aquatic Organisms. – 2001. – № 45. – P. 9-18.
8. Merrill P.L. A. Comparative Review of Diagnostic Assays used to detect Infectious Salmon Anemia Virus in the United States // International Response to Infectious Salmon Anemia: Prevention, Control, and Eradication: Proc. Symp., New Orleans, 2003. – P. 25-37.
9. Jones S.R.M., Mackinnon A.M., Saloni K. Vaccination of freshwater-reared Atlantic salmon reduces mortality associated with infectious salmon anaemia virus // Bull. of European Assoc. Fish Pathologists. – 1999. – Vol. 19. – P. 98-101.

Сведения об авторе: Буторина Тамара Евгеньевна, доктор биологических наук, профессор, e-mail: boutorina@mail.ru.

УДК 574.583(265.54)

Н.Т. Долганова, В.В. Надточий

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНКТОНА В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

*По материалам планктонных съемок в 2003-2013 гг. в зал. Петра Великого выявлено, что максимальная концентрация планктона повсеместно наблюдается в весенне-летний период – в среднем 1280 мг/м^3 – в 1,4 раза выше, чем в осенне-зимний период. Общий запас зоопланктона максимален в летний период – 630,7 тыс. т, что на 209 тыс. т больше, чем в весенний период. По сравнению с началом 2000-х гг. количество планктона во всех ландшафтных зонах увеличилось в 1,2-2,5 раза, достигнув максимума в 2011-2012 гг. за счет постепенного роста численности главного биомассообразующего вида – *Pseudocalanus newmani*. Рекордное снижение его численности в заливе в 2013 г. вызвало уменьшение общей биомассы планктона на 20 %.*

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, численность, биомасса, запас, группировки.

N.T. Dolganova, V.V. Nadtochy

DYNAMICS OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF PLANKTON IN THE DIFFERENT AREAS OF THE PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN)

*According to the materials of plankton surveys in 2003-2013 yy. in the Peter the Great Bay revealed that the maximum concentration of plankton observed everywhere in the spring-summer period – an average of 1280 mg/m^3 – in 1,4 times higher than in the autumn-winter period. The total stock of zooplankton maximum is in summer – 630,7 thousand tons, – it more than 209 thousand tons of spring. Compared with the beginning of the 2000-th the amount of plankton in all landscape ones increased in 1,2-2,5 times, peaking in 2011-2012 yy. due to the gradual growth of the main biomass forming species, – *Pseudocalanus newmani*. Record decline of its population in 2013 caused a decrease of total plankton biomass by 20%.*

Key words: phytoplankton, zooplankton, abundance, biomass, stock, grouping.

Введение

Мониторинг состояния планктонных сообществ в заливе проводится в последнее десятилетие с целью оценки изменчивости кормовой базы обитающих здесь рыб и кальмаров. Известно, что зоопланктон зал. Петра Великого отличается самыми высокими в Японском море концентрациями на единицу объема [1]. Пространственное распределение общего количества зоопланктона и его массовых видов неоднородно: минимальные концентрации отмечаются в открытых водах залива, особенно – в юго-западной части, максимальные – в мелководных районах, особенно – в Амурском заливе [1, 2]. В Амурском зал. на межгодовую изменчивость общей биомассы более всего влияет тип термического режима: в годы «холодного» типа концентрация зоопланктона всегда значительно выше, чем в годы «теплого» типа [3].

Целью настоящей работы является оценка изменчивости структуры, общего количества и пространственного распределения зоопланктона в зал. Петра Великого, его запасов и особенностей сезонной и межгодовой динамики в различных ландшафтных зонах.

Объекты и методы исследований

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, собранные по всей акватории зал. Петра Великого в различные сезоны 2002-2013 гг. на мотоботах ТИНРО-Центра. Обловы планктона проводились большой сетью Джеди (с площадью входного отверстия $0,1 \text{ м}^2$ и капроновым фильтрующим конусом с ячейей $0,168 \text{ мм}$). Большая часть проб (90 %) собрана в

дневное время в пределах 200-метровой изобаты тотально от дна до поверхности, меньшая – за пределами шельфа в верхнем 200-метровом слое. Всего собрано 2490 проб, большая их часть – в летнее время, 51 %.

Обработка планктона проводилась в соответствии с общепринятыми методиками [4, 5], с применением методов фракционной обработки (МФ – мелкая фракция с животными менее 1,2 мм; СФ – средняя фракция 1,2-3,3 мм; КФ – крупная фракция с животными более 3,3 мм) и использования поправочных коэффициентов на уловистость сети Джеди (от 1 до 10 – для разных планктеров, отличающихся размерами и степенью подвижности) [6].

При оценке пространственного распределения планктона применяли выделенные ранее [7] ландшафтные зоны: неритическую с глубинами менее 10 м, верхнешельфовую с глубинами 11-50 м, нижнешельфовую с глубинами 51-210 м и глубоководную (более 210 м), а также биостатистические районы площадью от 0,15 до 2,64 тыс. км² [8] (рис. 1).

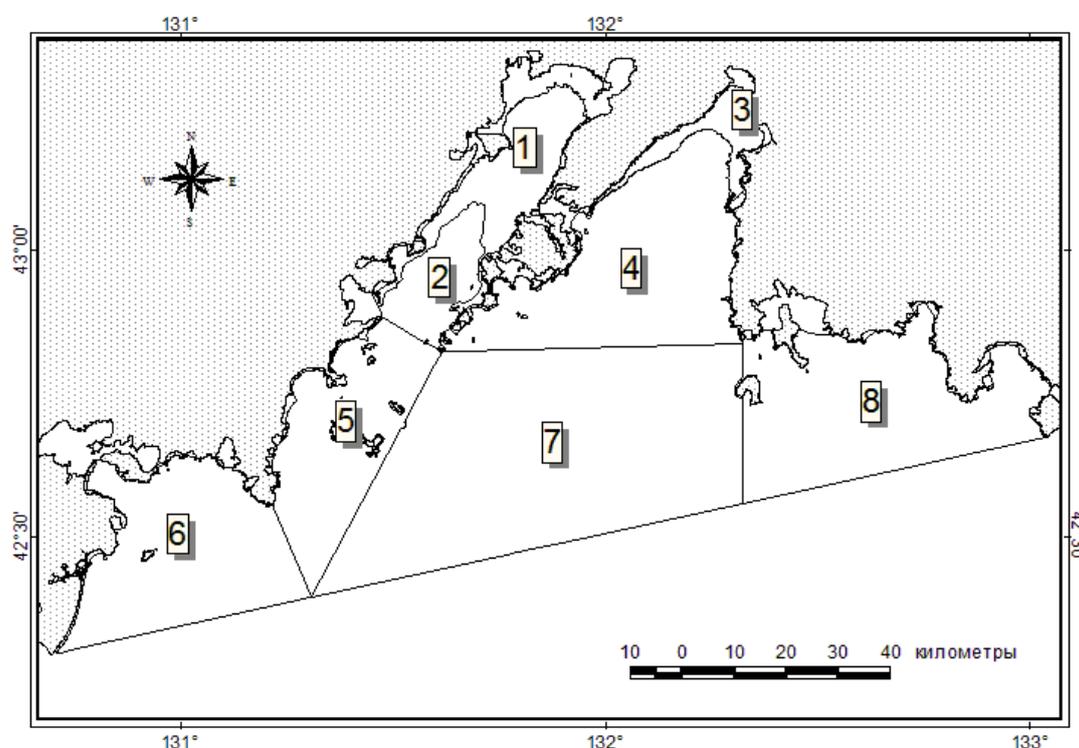


Рис. 1. Биостатистические районы зал. Петра Великого
Fig. 1. Biostatistical areas of Peter the Great Bay

Результаты и их обсуждение

Численность зоопланктона в заливе составляет в среднем 31 тыс. экз./м³, от 3,88 тыс. экз./м³ – зимой, до 39-43 тыс. экз./м³ – в теплый период года. Во все сезоны общая плотность планктона существенно снижается по мере удаления от берега: от максимальной в неритической зоне – в среднем 55 тыс. экз./м³ до минимальной в глубоководной зоне – в среднем 2,26 тыс. экз./м³. Характер сезонной изменчивости численности планктона в водах верхнего шельфа аналогичен таковой в неритической зоне, а в водах нижнего шельфа – глубоководной (рис. 2).

Общая **биомасса** сестона (вместе фито- и зоопланктон) в заливе также уменьшается по мере удаления от берега от 2130 мг/м³ в неритической зоне до 615 мг/м³ – в глубоководной. Один из пиков сезонного обилия планктона во всех ландшафтных зонах приходится на летний период, второй – на весенний или осенний (рис. 3).

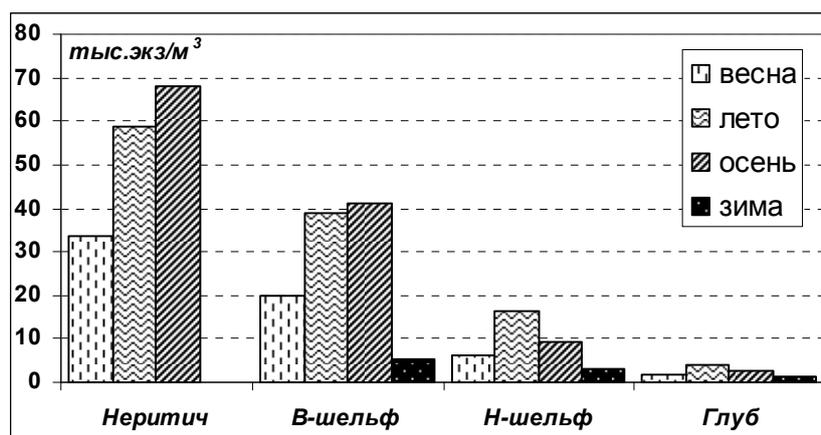


Рис. 2. Сезонная изменчивость общей численности зоопланктона по ландшафтным зонам
 Fig. 2. Seasonal variability of total zooplankton abundance in the landscaped areas

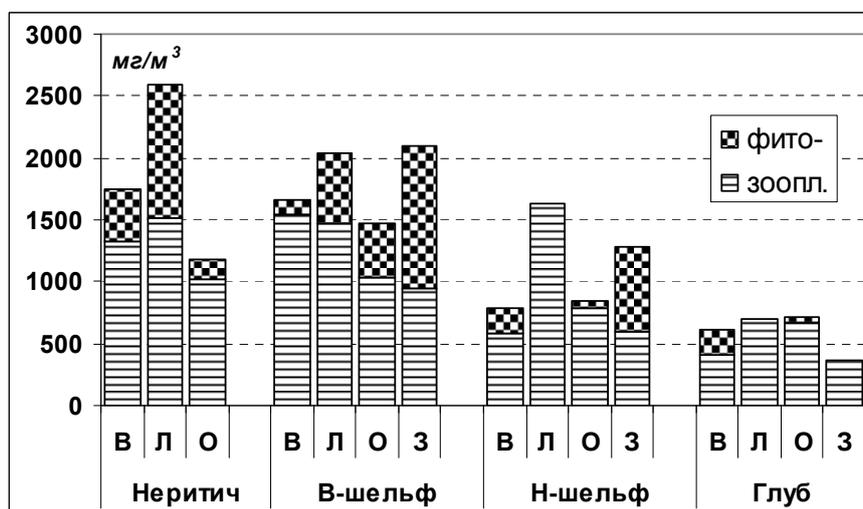


Рис. 3. Сезонная изменчивость общей биомассы сестона в различных ландшафтных зонах
 Fig. 3. Seasonal variability of the total biomass of seston in different landscape zones

Средняя биомасса сетного фитопланктона в заливе составляет от 190 мг/м³ в апреле-мае до 690 мг/м³ в декабре. Летнее «цветение» немногим уступает зимнему, составляя в среднем 560 мг/м³. В осенний период средняя биомасса микроводорослей вдвое ниже летней. В открытых водах залива осеннее «цветение» кратковременно и локально. В прибрежных районах пятна «цветения» фитопланктона присутствуют в планктоне во все сезоны, составляя существенную часть общей биомассы – в среднем 26 %. Максимальные биомассы фитопланктона отмечаются в Амурском зал. в весенне-летний период и в юго-западной части зал. Петра Великого – в осенне-зимний период.

Общая биомасса зоопланктона в заливе составляет в среднем 1250 мг/м³. В течение года наибольшие концентрации планктона отмечаются на акватории в пределах 50-метровой изобаты, т.е. в неритической зоне и зоне верхнего шельфа – около 1400 мг/м³, в 1,5 раза больше, чем в зоне нижнего шельфа, и почти втрое больше, чем в глубоководной зоне. В теплое время года общая биомасса в заливе в среднем на 30 % выше, чем в холодное. На большей части акватории величина общей биомассы в теплое время года превышает 1000 мг/м³, а в холодное – 750 мг/м³, при этом в течение всего года максимальные биомассы отмечаются в заливах

второго порядка – Амурском и Уссурийском – в среднем 1455 мг/м^3 . За пределами этих заливов концентрация планктона вдвое ниже, а в глубоководной зоне – минимальна.

Размерный состав зоопланктона в заливе характеризуется повышенными значениями биомассы мелкой фракции (МФ) по сравнению с прилегающими водами северо-западной части Японского моря [9]. В теплый период года МФ здесь абсолютно доминирует, формируя около 2/3 общей биомассы и 90 % численности. Пространственное распределение разноразмерного планктона в заливе такое же, как и во всем море: по мере удаления от берегов постепенно снижается концентрация мелкого и увеличивается концентрация крупного (КФ) планктона [9, 1].

Запасы зоопланктона в различных статистических районах залива варьируют от 4,3 до 319,5 тыс. т. Западная (районы 1, 2, 5 и 6) и восточная (районы 3, 4, 7 и 8) части залива отличаются разным количеством планктона на единицу площади. В западной части общий запас зоопланктона и весной и летом составляет 92-96 тыс. т, или $35,23 \text{ тыс. т/км}^2$. В восточной части общий запас зоопланктона в 4-6 раз больше, а концентрация планктона на единицу площади в 2-3 раза больше: $62,4 \text{ тыс. т/км}^2$ весной и $107,3 \text{ тыс. т/км}^2$ летом. В крупных заливах второго порядка – Амурском и Уссурийском – запасы планктона в теплый период года составляют около 40 и 83 тыс. т соответственно. Общий запас зоопланктона в зал. Петра Великого составил 422 тыс. т весной и 631 тыс. т летом.

Среди многообразия форм зоопланктона – более 100 видов голопланктона [10] и более 100 таксонов различного ранга меропланктона [11, 12], основу его биомассы во все сезоны составляют копеподы (61 %) и щетинкочелюстные (22 %). Их концентрация и доля в планктоне заметно меняются как в пространстве (по ландшафтным зонам), так и во времени (в сезонном аспекте). У копепод больше выражена сезонная изменчивость их общего количества (804 мг/м^3 и 442 мг/м^3 соответственно в теплый и холодный периоды года), а у щетинкочелюстных – пространственная, с максимальным количеством в шельфовой зоне и минимальным – в неритической. Другие группы планктона в заливе отличаются неравномерностью пространственного распределения, входя в состав различных трансконтинентальных группировок: кладоцеры, гидромедузы и меропланктон тяготеют к прибрежным водам, а эвфаузииды и гиперииды – к открытым водам (таблица).

Состав и биомасса (мг/м^3) планктона в весенне-летний период
Composition and biomass (mg/m^3) of plankton in the spring-summer period

Состав планктона	Биотопическая х-ка*	Неритические	В-шельф	Н-шельф	Глуб.	В средн.
1	2	3	4	5	6	7
Copepoda		963,25	896,31	760,84	255,91	834,91
<i>Calanus glacialis</i>	ДН	33,9	68,33	40,56	5,08	52,35
<i>Calanus pacificus</i>	ОК	5,29	6,24	15,65	0,62	7,59
<i>Neocalanus cristatus</i>	ОК	0,15	3,71	19,42	35,85	8,56
<i>Neocalanus plumchrus</i>	ОК	4,14	114,55	337,17	139,69	142,62
<i>Eucalanus bungii</i>	ОК	0,02	1,35	4,15	7,15	2,1
<i>Pareuchaeta japonica</i>	ОК	0,1	0,03	1,75	3,87	0,67
<i>Gaidius variabilis</i>	ОК	-	-	0,01	0,18	0,01
<i>Metridia okhotensis</i>	ДН	-	-	0,36	-	0,07
<i>Metridia pacifica</i>	ОК	0,5	7,73	33,21	23,77	12,8
<i>Oithona similis</i>	ШР	45,61	54,99	24,96	7,91	43,98
<i>Oithona brevicornis</i>	Н	95,64	28,64	1,2	-	32,47
<i>Oithona atlantica</i>	ОК	0,07	0,28	0,15	0,07	0,2
<i>Oncaea borealis</i>	ОК	0,21	0,77	1,48	1,24	0,85

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
<i>Oncaea conifera</i>	OK	0,01	0,15	-	-	0,08
<i>Scolecithricella minor</i>	OK	0,03	0,28	2,41	6,7	1,12
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	OK	0,11	0,1	0,15	0,12	0,12
<i>Centropages tenuiremis</i>	H	4,11	2,44	0,18	-	2,09
<i>Centropages abdominalis</i>	H	2,39	1,21	0,04	-	1,09
<i>Pseudocalanus minutus</i>	ДН	2,55	13,89	11,29	1,07	10,52
<i>Pseudocalanus newmani</i>	ШП	339,8	436,56	246,03	19,79	351,95
<i>Pseudocalanus acuspes</i>	H	0,14	0,23	1,18	-	0,39
<i>Sinocalanus tenellus</i>	H	0,79	0,12	0,25	-	0,25
<i>Paracalanus parvus</i>	OK	15,6	16,7	4,23	0,03	12,8
<i>Tortanus discaudatus</i>	H	2,61	3,23	0,65	-	2,37
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	H	27,74	10,23	0,16	-	10,45
<i>Microcalanus pygmaeus</i>	OK	-	0,02	0,12	0,18	0,05
<i>Microsetella rosea</i>	OK	0,38	0,54	0,11	0,32	0,41
<i>Harpacticoida- fam.spp.</i>	H	8,61	3,24	0,26	-	3,32
<i>Labidocera bipinnata</i>	H	3,41	1,62	-	-	1,48
<i>Labidocera japonica</i>	H	0,32	0,14	0,03	-	0,14
<i>Epilabidocera longipedata</i>	H	0,01	0,12	0,01	-	0,07
<i>Eurytemora herdmani</i>	H	0,46	0,13	0,01	-	0,15
<i>Eurytemora pacifica</i>	H	5,19	1,68	-	-	1,82
<i>Eurytemora sp.</i>	H	0,3	0,09	0,06	-	0,12
<i>Acartia tumida</i>	H	15,3	13,69	0,36	-	10,29
<i>Acartia pacifica</i>	H	95,25	4,23	-	-	18,59
<i>Acartia clause</i>	ШП	224,12	59,01	0,3	0,02	71,07
<i>Acartia longiremis</i>	H	6,77	3,83	0,05	0,01	3,3
<i>Acartia stelleri</i>	H	0,02	0,05	0,35	-	0,1
<i>Copepoda subcl.spp.</i>	H	0,03	0,07	0,01	-	0,05
<i>Copepoda – nauplii</i>		21,57	36,08	12,53	2,24	26,44
Amphipoda		4,06	17,89	32,23	25,3	19,06
<i>Themisto japonica</i>	OK	1,94	15,46	30,77	22,42	16,75
<i>Primno macropa</i>	OK	-	0,03	0,27	2,86	0,37
<i>Vibilia australis</i>	OK	-	0,04	0,02	-	0,03
<i>Gammaridae fam.spp</i>	H	1,99	1,88	0,22	0,02	1,43
<i>Caprellidae fam.spp.</i>	H	0,13	0,48	0,95	-	0,48
Euphausiacea		4,08	2,24	18,63	45,31	7,93
<i>Euphausia pacifica</i>	OK	3,99	0,75	3,41	13,68	2,75
<i>Thysanoessa longipes</i>	OK	-	0,3	6,12	13,39	1,36
<i>Thysanoessa raschii</i>	ДН	-	0,09	2,04	17,32	1,7
<i>Thysanoessa inermis</i>	ДН	-	0,75	6,79	0,63	1,84
<i>Furcilia, Calyptopsis, Nauplii</i>		0,09	0,35	0,27	0,29	0,28
Chaetognatha cl.spp	ШП	130,6	379,8	137,7	139,9	271,3
Tunicata		29,78	41,84	13,96	1,01	31,21
<i>Oikopleura sp.</i>	ШП	22,59	37,85	13,88	1,01	27,77
1	2	3	4	5	6	7
<i>Fritillaria sp.</i>	ШП	7,19	3,99	0,08	-	3,46
Pteropoda		0,02	1,44	0,94	1,49	1,1
<i>Clione limacine</i>	ШП	-	0,33	0,63	1,1	0,38
<i>Limacina helicina</i>	ШП	0,02	1,11	0,31	0,39	0,72

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Cladocera		113,68	71,01	4,16	-	63,65
<i>Podon leuckartii</i>	Н	44,06	10,11	0,25	-	13,18
<i>Pleopsis polyphemoides</i>	Н	0,57	1,5	-	-	0,96
<i>Penilia avirostris</i>	Н	9,44	7,32	0,05	-	5,69
<i>Evadne nordmanni</i>	Н	73,89	47,1	3,68	-	39,53
<i>Pseudoevadne tergestina</i>	Н	8,72	4,98	0,18	-	4,29
Meroplankton		86,81	35,19	3,83	0,92	35,2
<i>Phoronidae – L</i>	Н	0,95	1,44	1,76	0,01	1,32
<i>Cirripedia (Balanus – N)</i>	Н	10,75	2,17	0,04	-	3,05
<i>Bivalvia – L</i>	Н	13,15	6,5	0,48	0,01	5,95
<i>Gastropoda – L</i>	Н	31,8	9,45	0,41	0,25	10,77
<i>Polychaeta – L</i>	Н	23,08	11,43	0,9	0,47	10,5
<i>Echinodarmata –L</i>	Н	2,79	1,96	0,08	0,15	1,59
<i>Decapoda (Brachyura) -L</i>	Н	4,29	2,24	0,16	0,03	2,02
Medusae		106,12	18,41	3,33	3,93	29,28
<i>Aglantha digitale</i>	ШП	0,01	0,12	0,54	2,86	0,38
<i>Obelia longissima</i>	Н	3,59	1,89	-	-	1,66
<i>Euphysa aurata</i>	Н	5,54	0,78	-	-	1,37
<i>Euphysa flammea</i>	Н	39,8	0,99	-	-	7,34
<i>Corymorpha tubulosa</i>	Н	6,3	0,18	-	-	1,17
<i>Rathkea octopunctata</i>	Н	32,56	8,5	-	-	10,28
<i>Hydromedusae cl.spp.</i>	Н	18,32	5,95	2,79	1,07	7,08
Ctenophora (Beroe cucumis)	Н	38,17	5,33	0,54	0,1	9,58
Siphonophora	Н	0,02	0,04	0,02	0,37	0,05
Decapoda (Caridea) –L	Н	8,39	10,84	2,2	1,25	7,99
Mysidacea ord.spp.	Н	1,34	4,16	6,51	0,63	3,91
Isopoda ord.spp.	Н	0,01	0,02	1,08	0,62	0,28
Ostracoda ord.spp.	ШП	0,82	0,7	0,09	0,44	0,58
Cumacea ord.spp.	Н	-	1,77	0,01	-	0,99
Foraminifera (Globigerina)	ШП	-	0,02	0,52	2,42	0,29
Прочие**		0,85	0,99	0,41	0,4	1,67
ВСЬ зоопланктон		1511	1488	987	480	1319
МФ		1197	787	316	61	710
СФ		98	142	126	77	127
КФ		216	559	545	342	482
Фитопланктон		786	392	135	170	391

Примечание. * биотопическая характеристика: Н – неритические виды, ДН – дальненеритические, ОК – океанические, ШП – широко распространенные.

** суммарно – группы планктона с биомассой менее 1 мг/м³: *Tintinnidae*, *Cypridina*, *Radiolaria*, *Nemertini*, *Bryozoa*, *Annelida*.

Ландшафтные группировки со специфическим набором видов – неритических, интерзональных и океанических – сохраняются во все сезоны, но соотношение видов в них заметно меняется в сезонном аспекте. Во все сезоны фаунистическое разнообразие зоопланктона постепенно уменьшается по мере удаления от берега. Наибольшее видовое разнообразие повсеместно наблюдается во второй половине лета и осенью, когда с теплыми южными течениями в залив заносятся представители субтропической фауны.

Методом кластерного анализа [13] выявлено, что летом в заливе формируются шесть относительно устойчивых биотопических группировок с высокими (более 80 %) коэффициентами сходства внутри каждой из них, и заметно меньшим сходством (35-50 %) между самими группировками (рис. 4). В большинстве случаев границы выделенных группировок соответствуют статистическим районам: I – южная часть Уссурийского зал. (район 4), II – открытые воды залива (районы 7 и 8), III – северная мелководная часть Уссурийского зал. (район 3), IV – зал. Посыет с прилегающими водами (район 6), V – южная часть Амурского зал. (районы 2 и 5), VI – северная мелководная часть Амурского зал. (район 1). Наиболее стабильны во времени группировки верхнешельфовых и открытых вод, наименее стабильны – прибрежные, число которых может варьировать от 5 до 10 [14] в теплое время года вследствие высокой динамики вод.

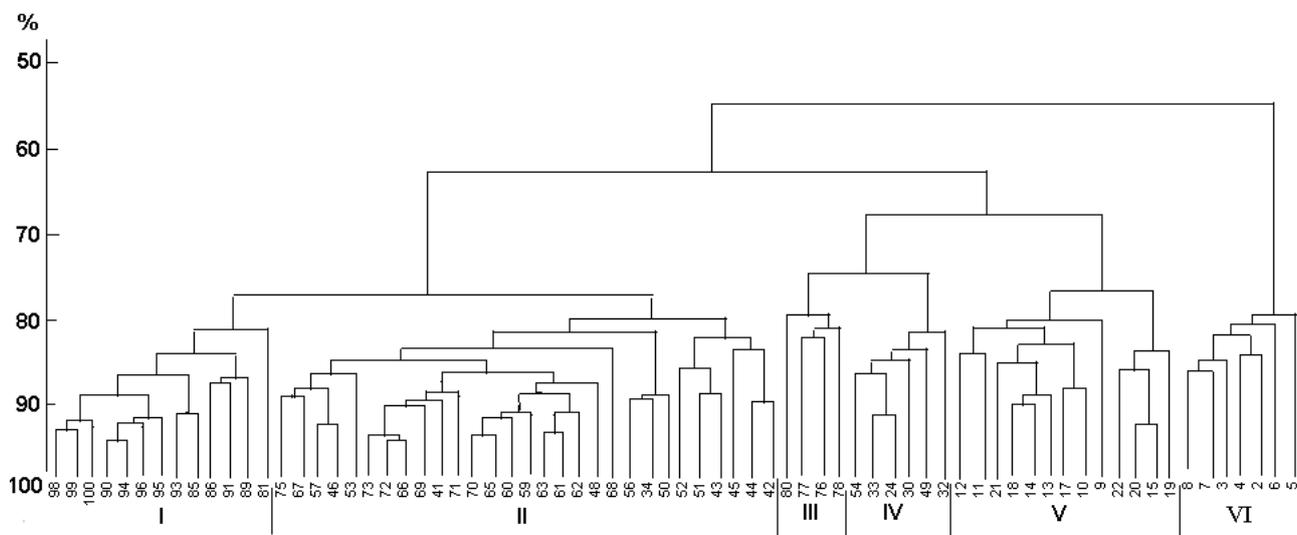


Рис. 4. Дендрограмма сходства видового состава зоопланктона в летний (июнь-июль) период в различных районах залива: 1-100 – номера станций, I-VI – группировки сходных по видовому составу станций
 Fig. 4. Dendrogram of similarity of species composition of zooplankton in the summer (June-July) period in the various parts of the Gulf: 1-100 – numbers of stations, I-VI – groupings of similar species composition

Сезонный ход развития планктона повсеместно в заливе характеризуется двумя-тремя пиками биомассы, среди которых лидирует летний, а второстепенными являются весенний (в прибрежных районах) и менее выраженный – осенний. Помимо двух доминирующих групп – копепод и щетинкочелюстных – в прибрежных районах существенную роль в формировании сезонных максимумов играют еще кладоцеры и меропланктон, составляя более 20 % по биомассе.

Известно, что для многих групп меропланктона характерны два максимума обилия: в конце весны-начале лета и в конце лета-начале осени, во время которых их численность достигает нескольких десятков тыс. экз./м³ [15, 16, 17]. По результатам наших съемок, наиболее изученным на сегодняшний день является меропланктон двух основных заливов второго порядка: Амурского и Уссурийского. По численности и видовому разнообразию здесь доминируют три группы: двустворчатые моллюски, десятиногие раки и многощетинковые черви. В Амурском зал. численность меропланктона (в среднем за год 3,65 тыс. экз./м³) вдвое выше, чем в Уссурийском, а в северных мелководных районах обоих заливов плотность личинок донных беспозвоночных втрое выше, чем в южных. В северных районах (1 и 3) в летний сезон отмечаются наибольшие концентрации личинок прибрежных видов крабов, а в южных

районах (2 и 4) постоянно встречаются личинки размножающихся здесь промысловых видов крабов: 4- и 5-угольного волосатого, краба-стригуна опилио и камчатского.

В открытых водах залива (районы 7 и 8) сезонная смена доминирующих групп меропланктона аналогична прибрежным районам, но отличительной чертой является повышенная концентрация личиночного планктона в холодное время года – в 2-3 раза выше, чем в теплое.

Межгодовая изменчивость планктона в заливе зависит от множества факторов, среди которых определяющими являются водообмен с открытыми водами и температурный режим. Изменчивость общей биомассы зоопланктона проявляется в изменчивости обилия самых массовых видов, в первую очередь – копепод. Большинство видов, слагающих эту группу планктона, а также представители других групп: амфипод, эвфаузиид, щетинкочелюстных, входящих в состав разных биотопических группировок – являются холодноводными. В годы, отличающиеся «холодным» типом термического режима, как правило, наблюдается более интенсивное развитие холодноводных видов зоопланктона [9, 18, 3].

Однако рост биомассы планктона, наметившийся с начала 2000-х гг. в северо-западной части моря, совпал по времени с периодом ослабления зимнего и летнего муссонов, что вызвало увеличение температуры поверхностного слоя и более интенсивное распространение теплых вод с южной части моря [19, 20]. При этом увеличение биомассы планктона произошло за счет интенсивного развития не только тепловодных, но и (в большей степени) холодноводных видов.

В описываемый период в зал. Петра Великого наблюдался постепенный рост общей биомассы планктона за счет более интенсивного развития обитателей всех биотопических группировок (рис. 5, а). В последние четыре года, относящиеся к «теплым» по термическому режиму в летний период, именно холодноводные виды планктона поддерживали тенденцию роста общей биомассы, и главная роль в этом принадлежала широко распространенному виду копепод *Pseudocalanus newmani* (рис. 5, б). Аномально высокая биомасса океанических видов *Neocalanus plumchrus* и *Sagitta elegans* в 2010 г. наблюдалась на фоне резкого уменьшения количества планктона других группировок и даже задержки роста общей биомассы (рис. 5, а).

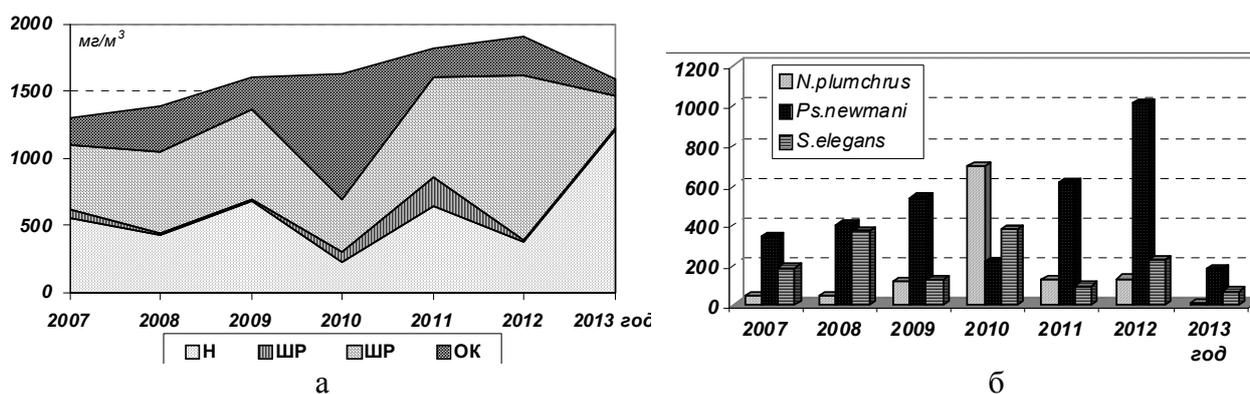


Рис. 5. Межгодовая изменчивость состава и общего количества зоопланктона (mg/m^3) в зал. Петра Великого в летний период. а - Н – неритические виды, Ш – шельфовые, ШП – широко распространенные, ОК – океанические, б - основные биомассообразующие виды
Fig. 5. Interannual variability of the composition and total zooplankton biomass (mg/m^3) in Peter the Great Bay in summer. а - Н – neritic species, Ш – shelf species, ШП – widespread species, ОК – oceanic species, б - dominant species

Самая значительная межгодовая изменчивость, свойственная неритическому планктону, развитие которого в большей степени зависит от изменчивости условий среды: интенсивности берегового стока, приливно-отливных течений, температуры и солености. В нерити-

ческой зоне размах межгодовых колебаний общей биомассы планктона варьирует от 800 до 2800 мг/м³ (рис. 6). Наиболее стабильные концентрации планктона из года в год отмечаются в зоне верхнего шельфа и в глубоководной зоне залива (рис. 6). Во всех районах общее количество планктона и его межгодовая динамика определяются интенсивностью развития массовых видов.

Причины межгодовой изменчивости доминирующих видов не выявлены, во всяком случае, тип года термическому режиму не является определяющим. Возможно, основную роль в формировании высоких концентраций крупных океанических видов копепод играют циклонические круговороты большого диаметра.

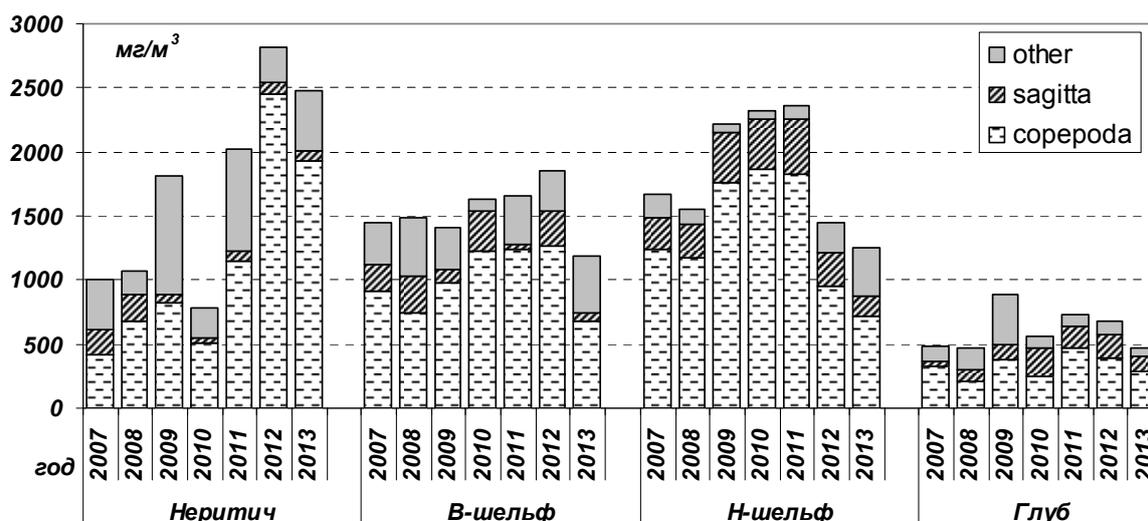


Рис. 6. Межгодовая изменчивость биомассы зоопланктона (мг/м³) в различных ландшафтных зонах зал. Петра Великого в летний период
 Fig. 6. The interannual variability of zooplankton biomass (mg/m³) in different landscape zones of the Peter the Great Bay in summer

Список литературы

1. Долганова Н.Т. Зоопланктон Японского моря как потенциальная кормовая база для пастбищного выращивания лососей // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 163. – С. 311-337.
2. Долганова Н.Т. Зимний зоопланктон российских вод Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2013. – Т. 172. – С. 145-164.
3. Надточий В.В., Рачков В.И., Бохан Л.Н. Межгодовая динамика зоопланктона Амурского залива // Изв. ТИНРО. – 2012. – Т. 171. – С. 186-198.
4. Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. – Владивосток: ТИНРО, 1982. – 29 с.
5. Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море. – Владивосток: ТИНРО, 1984. – 31 с.
6. Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 154. – С. 405-416.
7. Шунтов В.П., Волвенко И.В., Темных О.С., Волков А.Ф., Найденко С.В., Долганова Н.Т., Заволокин А.В. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической Пацифики для пастбищного выращивания лососей. Сообщение 2. Состав, запасы и динамика зоопланктона и мелкого нектона – кормовой базы тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 160. – С.185-208.

8. Макрофауна бентали залива Петра Великого (Японское море): таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1978-2009 / В.П. Шунтов, И.В. Волвенко, В.В. Кулик, Л.Н. Бочаров; под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2013. – 307 с.
9. Долганова Н.Т. Состав, сезонная и межгодовая динамика планктона северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – Ч. III. – С. 810-889.
10. Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.
11. Омеляненко В.А., Куликова В.А. Годовые изменения структуры меропланктона в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря и факторы, их определяющие // Тез. докл. X съезд Гидробиологического общества при РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 297.
12. Омеляненко В.А., Куликова В.А. Пелагические личинки донных беспозвоночных залива Восток (залив Петра Великого, Японское море): состав, фенология и динамика численности // Биол. моря. – 2011. – Т. 37, № 1. – С. 9-21.
13. Clarke K.R, Warwick R.M. Statistical analysis and interpretation of marine community data: IOC Training Course Report, 1986. – № 19, apex.3. – 116 p.
14. Долганова Н.Т., Косенок Н.С., Зуенко Ю.И. Особенности летнего зоопланктона в некоторых бухтах побережья Приморья // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 136. – С. 249-263.
15. Вышкварцев Д.И., Крючкова Г.А., Карапетян Т.Ш. Исследования зоопланктона в мелководных бухтах залива Посыета в 1969-1971 гг. // Исследования пелаг. и дон. организмов дальневосточных морей. – 1979. – № 15. – С. 17-29.
16. Куликова В.А., Омеляненко В.А., Погодин А.Г. Годовая динамика меропланктона в северной мелководной части Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. – 1999. – Т. 25, № 2. – С. 131-132.
17. Куликова В.А., Корн О.М., Колотухина Н.К., Радовец А.В. Меропланктон Амурского и Уссурийского заливов Японского моря // Тез. докл. X съезда Гидробиологического общества при РАН. – Владивосток, 2009. – С. 222.
18. Dolganova N.T, Zuenko Yu.I. Seasonal and inter-annual dynamics of mesoplankton in the northwestern Japan Sea // Progress in Oceanography. – 2004. – Vol. 61. – P. 227-243.
19. Зуенко Ю.И. Промысловая океанология Японского моря. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – 228 с.
20. Никитин А.А. Новая схема поверхностной циркуляции Японского моря с учетом синоптических вихрей // Изв. ТИНРО. – 2009. – Т. 157. – С. 158-167.

Сведения об авторах: Долганова Наталья Такеновна, кандидат биологических наук, заведующая сектором, e-mail: dolganova19@mail.ru;
Надточий Виктория Васильевна, научный сотрудник, e-mail: nadtochy@tinro.ru.

УДК 591.69-7

В.Н. Казаченко¹, Н.Н. Ковалева¹, Nguyen Vu Thanh², Ha Duy Ngo²

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

²Vietnamese Academy of Science and Technology, Institute of Ecology and Biological Resources,
Vietnam, Hanoi

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КОПЕПОД (CRUSTACEA: COPEPODA) РЫБ ВЬЕТНАМА

В водах Вьетнама зарегистрированы представители семейств Lamproglenidae, Lernaеidae, Ergasilidae, Taeniacanthidae, Bomolochidae, Trebiidae, Caligidae, Lernanthropidae, Hatschekiidae, Kroyeriidae, Pennellidae, Lernaеopodidae, Naobranchiidae.

Ключевые слова: *семейство, паразитические копеподы, рыбы, Вьетнам.*

V.N. Kazachenko, N.N. Kovaleva, Nguyen Vu Thanh, Ha Duy Ngo TAXONOMIC REVIEW OF THE PARASITIC COPEPOD (CRUSTACEA: COPEPODA) FISH IN VIETNAM

In the waters of Vietnam registered representatives of families Lamproglenidae, Lernaеidae, Ergasilidae, Taeniacanthidae, Bomolochidae, Trebiidae, Caligidae, Lernanthropidae, Hatschekiidae, Kroyeriidae, Pennellidae, Lernaеopodidae, Naobranchiidae.

Key words: *family, parasitic copepods, fish, Vietnam.*

Введение

Зарегистрировано более 2000 видов копепод, обитающих на рыбах [1, 2]; многие из них причиняют значительный вред хозяевам [3, 4, 5]. Копеподы портят товарный вид продукции, вызывая необоснованные браковки рыбы и рыбной продукции [6, 7, 8].

Фауна паразитических копепод рыб Вьетнама практически не изучена, имеется несколько статей, посвященных этой проблеме. [9, 10, 11, 12].

Материал и методика

Материалом для исследования послужили паразитические копеподы, собранные сотрудниками ТИНРО в 1960-1961 гг. и августе-сентябре 2011 г. в Социалистической Республике Вьетнам, в зал. Бакбо (Тонкинский зал.) у о-ва Катба (Kat Ba), в ноябре 2009 г. и в районе Хюэ (Hue) и о-ва Фуку в июле 2010 г.

Обследовано 4522 экз. рыб, из них заражено 318, что составляет 7,03 %. Сбор и обработка материала проводилась по общепринятой методике [13].

Паразитические копеподы зарегистрированы у 122 видов рыб 54 семейств 15 отрядов. Рыбы отрядов Perciformes, Cypriniformes, Siluriformes играют основную роль в качестве хозяев паразитических копепод фауны.

ТИП ARTHROPODA SIEBOLD et STANNIUS, 1848 – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ КЛАСС CRUSTACEA LAMARCK, 1801 – РАКООБРАЗНЫЕ ОТРЯД COPEPODA MILNE EDWARDS, 1840 – ВЕСЛОНОГИЕ РАКООБРАЗНЫЕ (КОПЕПОДЫ)

1. ПОДОТРЯД CYCLOPOIDA SARS, 1886

СЕМЕЙСТВО LAMPROGLENIDAE SPROSTON, YIN et HU, 1950

Lamproglena chinensis Yu, 1937

Син.: *L. ophiocephalis* Yamaguti, 1939.

Хозяин: *Channa* sp. (Perciformes, Channidae).

Хозяева и распространение. Этот вид известен из бассейна реки Амур, Японии, Кореи, Китая, Таиланда на рыбах отряда Perciformes семейства Channidae – *Channa argus* Cantor, 1842 (= *Ophiocephalus argus* Cantor, 1842), *Ch. asiatica* Linnaeus, 1758, *Ch. striata* (Bloch, 1793) (= *O. striatus* Bloch, 1793), семейства Anabatidae – *Anabas testudineus* Bloch, 1792, отряда Cypriniformes семейства Cyprinidae – *Barbodes gonionotus* Bleeker, 1850.

Lamproglena pulchella Nordmann, 1832

Хозяин: *Culter tientsinensis* Abbott, 1901 (Cypriniformes, Cyprinidae).

Хозяева и распространение. Этот вид известен из бассейнов многих рек, впадающих в Черное, Каспийское, Аральское моря (Днестр, Южный Буг, Днепр, Дон, Волга, Амударья и др.), также многих районов Западной Европы на рыбах отряда Cypriniformes семейства Cyprinidae *Abramis brama* (L.), *Alburnus albidus* L. (= *A. alborella* Filippi, 1844), *Aspius aspius* L., *Barbus* spp., *Carpoeta carpoeta* Guldenstadt, 1772, *Chondrostoma nasus* L., *Cyprinus carpio* L., *Leuciscus souffia* (Risso, 1827) (= *L. agassizi* Valenciennes, 1844), *L. cephalus* L., *L. idus* L., *L. leuciscus* L., *L. souffia* Risso, 1827 (= *L. multicellus* Bonaparte, 1837), *Rutilus rutilus* L., *Scardinius erythrophthalmus* L., отряда Salmoniformes семейства Esocidae *Esox lucius* L., отряда Siluriformes семейства Siluridae *Leiocassis bicolor* Fowler 1934, отряда Perciformes семейства Channidae *Channa punctata* Bloch, 1793 [14].

Lamproglena carassii Sproston, Yin et Hu, 1950

Хозяин: *Culter tientsinensis* (Abbott, 1909) (Cypriniformes, Cyprinidae).

Хозяева и распространение. Вид известен из бассейна Янцзы (Китай) на рыбах отряда Cypriniformes семейства Cyprinidae *Carassiodes cantonensis* Heincke, 1892, *Carassius auratus* L., *C. auratus gibelio* Bloch, 1782, *C. carassius* L., *Cyprinus carpio* L., отряда Perciformes семейства Channidae *Channa argus* Cantor, 1842.

СЕМЕЙСТВО LERNAEIDAE COBBOLD, 1879

Taurocheros sp.

Хозяин: *Channa* sp. (= *Ophiocephalus* sp.) (Perciformes, Channidae).

Обсуждение. Из-за плохой сохранности материала определить видовую принадлежность копеподы не удалось. Представители рода *Taurocheros* паразитируют на пресноводных рыбах, все находки видов этого рода известны из Южной Америки.

2. ПОДОТРЯД РОЕСИЛОСТОМАТОИДА THORELL, 1859

СЕМЕЙСТВО ERGASILIDAE BURMEISTER, 1835

Sinergasilus major (Markewitsch, 1940)

Син.: *Pseudoergasilus major* Markewitsch, 1940; *Sinergasilus yuii* Yin, 1949.

Хозяева: а) *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1845) (Cypriniformes, Cyprinidae), б) *Hypophthalmichthys molitrix* (Cypriniformes, Cyprinidae).

Хозяева и распространение. Копепода *Sinergasilus major* распространена в Китае, России; при акклиматизации белого амура интродуцирована в озеро Балхаш и Амударью; специфичный паразит рыб отряда Cypriniformes семейства Cyprinidae – *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844); *Elopichthys bambusa* (Richardson, 1845); *Chanodichthys mongolicus* (Basilewsky, 1855) (= *Erythroculter mongolicus* Basilewsky, 1855); *Mylopharyngodon piceus* (Richardson, 1846); *Pseudaspius leptocephalus* (Pallas 1776); *Squaliobarbus curriculus* (Richardson, 1846), также зарегистрирован на рыбах отряда Siluriformes семейства Siluridae – *Silurus asotus* Linnaeus, 1758 (= *Parasilurus asotus* Linnaeus, 1758); семейства Bagridae – *Pelteobagrus fulvidraco* (Richardson, 1846) (= *Pseudobagrus fulvidraco* Richardson, 1846); отряда Perciformes семейства Serranidae – *Siniperca chuatsi* (Basilewsky, 1855); отряда Salmoniformes семейства Salmonidae – на лососе (*Salmon* sp.) и в составе планктона.

СЕМЕЙСТВО TAENIACANTHIDAE WILSON, 1911

Taeniacanthus lagocephali (Pearse, 1952)

Син.: *Taeniacanthus sabaphugu* Yamaguti et Yamasu, 1959; *Irodes lagocephali* Pearse, 1952.

Хозяин: *Tetraodon* sp. (Tetraodontiformes, Tetraodontidae).

Распространение и хозяева. Вид *T. lagocephali* – специфичный паразит рыб отряда Tetraodontiformes, описан от *Lagocephalus laevigatus* (L.) из Техаса (Pearse, 1952). Известен также от *L. inermis* (Temminck et Schlegel, 1850), *L. gloveri* Abe et Tabeta, 1983, *L. spadiceus* (Richardson, 1845) (= *Spheroides spadiceus* Richardson 1845), *L. lunaris* (Bloch et Schneider, 1801) из прибрежных вод Индии, Японии, Бразилии, США.

СЕМЕЙСТВО BOMOLOCHIDAE CLAUS, 1875

Nothobomolochus gibber (Shiino, 1957)

Син.: *Bomolochus gibber* Shiino, 1957; *Pseudartacolax gibber* (Shiino, 1957).

Хозяин: *Ablennes hians* (Beloniformes, Belonidae).

Распространение и хозяева. Специфичный паразит рыб отряда Beloniformes семейства Belonidae – *Ablennes hians* (Valenciennes, 1846); *Belone belone* (L.); *B. svetovidovi* Collette et Parin, 1970; *Platybelone argalus platyura* (Bennett, 1832) (= *B. platyura* Bennett, 1832); *Tylosurus acus acus* (Lacépède, 1803); *T. crocodilus crocodilus* (Peron et Lesueur, 1821) (= *T. giganteus* Temminck et Schlegel, 1846) и семейства Hemiramphidae – *Euleptorhamphus viridis* (van Hasselt, 1823); тропический вид, известен в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах [15, 16].

3. ПОДОТРЯД SIPHONOSTOMATOIDA LATREILLE, 1829

СЕМЕЙСТВО TREBIIDAE WILSON, 1905

Trebius elongatus Capart, 1953

Хозяин: *Taeniura meyeni* (Müller et Henle, 1841) (= *T. melanospilus* Bleeker, 1853) (Rajiformes, Dasyatidae).

Хозяева и распространение. Копепода *T. elongatus* известна по первоописанию от *Taeniura grabata* отряда Rajiformes семейства Dasyatidae у берегов Сенегала.

СЕМЕЙСТВО CALIGIDAE BURMEISTER, 1835

Подсемейство *Caliginae* Burmeister, 1835

Caligus arii Bassett-Smith, 1898 emend.

Син. несл. *C. arii* of Barnard, 1948.

Хозяин: морской сом (*Arius* sp.?) (Siluriformes, Ariidae).

Хозяева и распространение. Эта копепода является специфичным паразитом рыб отряда Siluriformes; случайным хозяином является *Trichiurus lepturus* [10, 9].

C. arii, зарегистрированный Барнардом (Barnard, 1948, 1955a, 1955b) на *Arius dussumeiri* в устье реки Замбези (Африка, Мозамбик), является, по мнению Киртисингха, синонимом вида *C. dakari* van Beneden, 1892.

Caligus bonito Wilson, 1905

Син. *C. sarda* Pearse, 1952; *C. kuroshio* Shiino, 1959; *C. krishnai* Thomas, 1967.

Хозяин: *Euthynnus affinis* (Perciformes, Scombridae).

Хозяева и распространение. Этот вид зарегистрирован в Атлантическом, Индийском, Тихом океанах, Средиземном и Черном морях на рыбах отряда Perciformes, специфичный паразит рыб семейства Scombridae (*Euthynnus affinis*, *E. alletteratus*, *E. lineatus*, *Thunnus thynnus*, *Scomberomorus regalis*, *Sarda sarda*, *S. australis*, *S. chiliensis chiliensis*, *S. chiliensis lineolatus*, *S. orientalis*, *Gymnosarda unicolor*) многими исследователями.

Caligus confusus Pillai, 1961

Син. *C. alalongae* (несл. Krøyer, 1863) of Kirtisinghe, 1937 and Yamaguti, 1954; *C. constrictus* (несл. Heller, 1865) of Wilson, 1937 and Shiino, 1959.

Хозяева: а) *Abalistes stellatus* (Bloch et Schneider, 1801) (Tetraodontiformes, Balistidae), б) *Decapterus* sp. (Perciformes, Carangidae).

Историческая справка. *Caligus confusus* описан Пиллаем [17], распространен в Индийском и Тихом океанах, специфичный паразит рыб семейства Carangidae, реже встречается на рыбах семейств Coryphaenidae, Serranidae и Sparidae.

Caligus constrictus Heller, 1865

Син.: *Midias carangis* Rangnekar, 1956; неc. *C. constrictus* Wilson, 1937 and Shiino, 1959.

Хозяин: *Decapterus* sp. (Perciformes, Carangidae).

Историческая справка. Вид *Caligus constrictus* описан Хеллером [18], распространен в Индийском и восточной части Тихого океанов, специфичный паразит рыб семейства Carangidae, реже встречается на рыбах семейства Stromateidae.

Caligus fortis Kabata, 1965

Хозяин: *Abalistes stellatus* (Bloch et Schneider, 1801) (Tetraodontiformes, Balistidae).

Хозяева и распространение. Копепода *C. fortis* известна по первоописанию от рыбы отряда Perciformes семейства Carangidae – *Carangoides fulvoguttatus* (Forsskål, 1775) (= *Carangoides emburyi* (Whitley, 1932)) у берегов Восточной Австралии.

Caligus multispinosus Shen, 1957

Син.: *C. rotundigenitalis* (неc. Yü, 1933) Leong, 1984.

Хозяин: *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788) (Perciformes; Stromateidae).

Хозяева и распространение. Вид *C. multispinosus* зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Stromateidae *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788) (= *Stromateoides argenteus* Euphrasen, 1788), семейства Serranidae *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822), *E. bleekeri* (Vaillant, 1878) и отряда Siluriformes на морском соме (*Arius* sp.?) у берегов Индии, Китая и Малайзии [17, 19].

Caligus pelamydis Krøyer, 1863

Син.: *C. scomberi* Bassett-Smith, 1896; *C. scombri* Scott T., 1901; *Parapetalus* sp. Silas and Ummerkutty, 1967.

Хозяин: *Sphyræna jello* (Perciformes, Sphyrænidae).

Хозяева и распространение. *C. pelamydis* зарегистрирован в Атлантическом, Тихом океанах и в Средиземном море на 16 видах рыб отряда Perciformes и одном виде отряда Scorpaeniformes; специфичный паразит рыб отряда Perciformes, в частности, семейства Scombridae.

Caligus robustus Bassett-Smith, 1898

Хозяин: *Decapterus* sp. (Perciformes, Carangidae).

Историческая справка. *Caligus robustus* был описан Бассетт-Смитом (Bassett-Smith, 1898), распространен в Индийском, Атлантическом и Тихом океанах, специфичный паразит рыб семейства Carangidae, реже регистрируется на рыбах семейств Scombridae, Lutjanidae и Haemulidae.

Abasia sp.

Хозяин: *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) (Aulopiformes; Synodontidae).

Представители рода *Abasia* впервые зарегистрированы в фауне Вьетнама [10].

Caligodes laciniatus (Krøyer, 1863)

Син.: *Sciaenophilus laciniatus* (Krøyer, 1863).

Хозяин: *Ablennes hians* (Beloniformes, Belonidae).

Хозяева и распространение. Космополит. Специфичный паразит рыб отряда Beloniformes семейства Belonidae: *Ablennes hians* (Valenciennes, 1846), *Belone* sp., *Tylosurus gavioloides* (Castelnau, 1873) (= *Lhotskia gavioloides* Castelnau, 1873), *Platybelone argalus argalus* (LeSueur, 1821) (*Platybelone argalus* LeSueur, 1821), *Strongylura leiura* (Bleeker, 1850), *S. strongylura* (van Hasselt, 1823), *Tylosurus acus acus* (Lacepede, 1803) (= *Tylosurus acus* Lacepede, 1803), *T. choram* (Ruppell, 1837), *Tylosurus crocodilus crocodilus* (Peron et Lesueur, 1821) (= *T. crocodilus* Peron et Lesueur, 1821) [17].

Parapetalus hirsutus (Bassett-Smith, 1898)

Син.: *Caligus hirsutus* Bassett-Smith, 1898; *Parapetalus hirsutus* (Bassett-Smith, 1898); *Tripartia hirsutus* (Bassett-Smith, 1898) in Казаченко, 2001.

Хозяин: *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804) (Perciformes, Polynemidae).

Хозяева и распространение. Вид *P. hirsutus* – специфичный паразит рыб отряда Perciformes семейства Polynemidae – *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804) и *Polydactylus plebeus* (Broussonet, 1782); зарегистрирован у берегов Индии, Шри Ланки (Цейлон), Малайзии, Китая и Тайваня [20, 21].

Parapetalus longipennatus Rangnekar, 1956

Син.: *Caligus parapetalopsis* Hameed et Pillai, 1973.

Хозяин: *Channa* sp. (Perciformes; Channidae).

Хозяева и распространение. Вид *P. longipennatus* – специфичный паразит рыб семейства Carangidae: *Seriolina nigrofasciata* и *Caranx melampygus*, зарегистрирован у берегов Индии и Тайваня [21].

Parapetalus orientalis Steenstrup et Lutken, 1861

Хозяева: а) *Anabas testudineus* (Bloch, 1792) (Perciformes; Anabantidae); б) *Pomadasys guoraca* (Cuvier, 1829) (Perciformes; Haemulidae).

Хозяева и распространение. Вид *P. orientalis* зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Carangidae – *Alectis indicus* (Ruppell, 1830) и *Caranx* sp. в Индийском (побережье Индии) и Атлантическом (Вост. Индия) океанах [17, 20].

Parapetalus occidentalis Wilson, 1908

Син.: *Parapetalus gunteri* Pearse, 1952.

Хозяева: а) *Sphyraena jello* Cuvier, 1829 (Perciformes; Sphyraenidae); б) *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) (Aulopiformes, Synodontidae).

Хозяева и распространение. Копепода *P. occidentalis* Wilson, 1908 зарегистрирована на рыбах отряда Perciformes семейства Rachycentridae – *Rachycentron canadum* L. у восточных берегов США (Северная Каролина), Шри-Ланки (Цейлон), Индии (Тривандрем) (Wilson, 1908; Pillai, 1962; Kirtisinghe, 1964) и семейства Sciaenidae – *Johnius* sp. у США (Луизиана), Южная Индия [21].

Sinocaligus formicoides (Redkar, Rangnekar et Murti, 1949)

Син.: *Caligus formicoides* Redkar, Rangnekar et Murti, 1949; *Parapetalus formicoides* in Rangnekar, Murti, 1950; *P. denticulatus* in Shen, 1958.

Хозяин: *Dussumieria elopsoides* Bleeker, 1849 (Clupeiformes, Clupeidae).

Хозяева и распространение. Вид *S. formicoides* – специфичный паразит рыб отряда Clupeiformes, описан с жабр *Dussumieria acuta* Valenciennes, 1847 (Бомбей, Индия), зарегистрирован на *Sardinella fimbriata* (Valenciennes, 1847) у берегов Индии и на *D. elopsoides* Bleeker, 1849 из прибрежных вод Китая.

Synestius caliginus Steenstrup et Lutken, 1861

Хозяин: *Parastromateus niger* (Bloch, 1795) (Perciformes, Carangidae).

Хозяева и распространение. Копепода *S. caliginus* зарегистрирована на рыбах отряда Perciformes семейства Stromateidae – *Pampus argenteus* (Euphrasen, 1788) (= *Stromateus argenteus* Euphrasen, 1788), *P. chinensis* (Euphrasen, 1788) (= *Stromateoides sinensis* Euphrasen, 1788), *Peprilus paru* (L.) (= *Stromateus paru* L.) и семейства Carangidae – *Parastromateus niger* (Bloch, 1795) в Индийском океане у побережий Индии, Шри Ланки и Китая [17, 18, 22].

Подсемейство Lereophtheirinae Yamaguti, 1963

Lereophtheirus atypicus Lin, Ho et Chen, 1996

Син.: *L. goniistii* (not Yamaguti, 1936) Shiino, 1952 in part.

Хозяин: *Siganus fuscescens* (Houttuyn, 1782) (Perciformes, Siganidae).

Хозяева и распространение. Вид *L. atypicus* зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Siganidae – *Siganus fuscescens* (Houttuyn, 1782) у берегов Тайваня и Японии.

Lereophtheirus longipalpus Bassett-Smith, 1898

Син.: *Indocaligus echinus* Pillai, 1961.

Хозяин: Неопределенный до вида морской сом.

Хозяева и распространение. Копепода *L. longipalpus* зарегистрирована на рыбах отряда Siluriformes семейства Ariidae – *Arius acutirostris* Day, 1877, *A. dussumieri* Valenciennes, 1840 и *Hemipimelodus jatius* (Hamilton, 1822) (= *Pseudarius jatius*) у берегов Индии и Шри Ланки (Цейлон) [17, 20].

Anuretes branchialis Rangnekar, 1953

Син: *Heniochophilus japonicus* Yamaguti et Yamasu, 1959; *H. branchialis* Pillai et Mohan, 1967.

Хозяева: а) *Sarda* sp. (Perciformes, Scombridae); б) *Platax teira* (Forsskål, 1775) (Perciformes, Ephippidae).

Хозяева и распространение. Вид *A. branchialis* зарегистрирован на *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804), *Heniochus acuminatus* (L.), *Platax teira* (Forsskål, 1775), *P. orbicularis* (Forsskål, 1775), *Katsuwonus pelamis* (L.) и *Sarda* sp. в Индо-Вест-Пацифике: от Аравийского моря до Японии [10].

Hermilius pyriventris Heller, 1865

Син: *H. armatus* Capart, 1959; *H. helleri* Pillai, 1963.

Хозяин: не определенный до вида морской сом.

Хозяева и распространение. Копепода *H. pyriventris* – специфичный паразит рыб отряда Siluriformes семейства Ariidae – *Arius heudelotii* Valenciennes, 1840; *A. maculatus* (Thunberg, 1792); *A. platystomus* Day, 1877; *A. thalassinus* (Ruppell, 1837); *Arius* sp.; *Galeichthys feliceps* Valenciennes, 1840 и отряда Perciformes семейства Carangidae – *Trachinotus blochii* (Lacépède, 1801), зарегистрирован у берегов Тайваня, Мавритании, Кении, Кувейта, Южной Африки, Индии, Малайзии и Филиппин.

Mappates plataxus Rangnekar, 1958

Син.: *Eirgos plataxus* Kirtisinghe, 1964.

Хозяева: а) *Platax teira* (Forsskål, 1775) (Perciformes, Ephippidae); б) *Sarda* sp. (Perciformes, Scombridae)

Хозяева и распространение. Вид *M. plataxus* известен от рыб отряда Perciformes семейства Ephippidae – *Platax orbicularis* (Forsskål, 1775), *P. teira* (Forsskål, 1775), семейства Drepanidae – *Drepane punctata* (L.), зарегистрирован у берегов Индии, Шри-Ланки и Тайваня [23].

СЕМЕЙСТВО LERNANTHROPIDAE КАВАТА, 1979

Lernanthropus alatus Pillai, 1964

Хозяева: а) *Alepes melanoptera* Swainson, 1839 (= *Selar malam*) (Perciformes, Carangidae); б) *Caranx* sp. (Perciformes, Carangidae); в) *Decapterus* sp. (Perciformes, Carangidae).

Хозяева и распространение. Копепода *L. alatus* известна от рыбы отряда Perciformes семейства Carangidae – *Selaroides leptolepis* (Cuvier, 1833) у берегов Индии [24].

Lernanthropus carangis Pillai, 1964

Хозяева: а) *Upeneus sulfureus* Cuvier, 1829 (Perciformes, Mullidae); б) *Parastromateus niger* (Bloch, 1795) (Perciformes, Carangidae), в) сабля-рыба, г) *Channa* sp. (= *Ophiocephalus* sp.) (Perciformes, Channidae).

Хозяева и распространение. Копепода *L. carangis* известна от рыбы отряда Perciformes семейства Carangidae – *Caranx sanson* (Bennett, 1830) у берегов Индии [24].

Lernanthropus francai Nunes-Ruivo, 1962

Хозяин: *Larimichthys croceus* (Richardson, 1846) (Perciformes, Sciaenidae).

Хозяева и распространение. Копепода *L. francai* зарегистрирована на рыбе отряда Perciformes семейства Sciaenidae – *Umbrina ronchus* Valenciennes, 1843 у побережья Анголы.

Lernanthropus opisthopteri Pillai, 1964

Хозяин: *Ilisha elongata* (Bennett, 1830) (Clupeiformes, Clupeidae).

Хозяева и распространение. Вид *L. opisthopteri* известен от рыб отряда Clupeiformes семейства Clupeidae – *Opisthopterus tardoore* у побережья Индии.

Lernanthropus otolithi Pillai, 1963

Хозяин: *Johnius carouna* (Cuvier, 1830) (Perciformes, Sciaenidae).

Хозяева и распространение. Этот вид зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Sciaenidae – *Pennahia argentata* (Houttuyn, 1782) (= *Otolithus argenteus* Cuvier, 1830) и *P. rawak* (Lin, 1940) у побережий Индии и Тайваня [25].

Lernanthropus polynemi Richiardi, 1881

Возможно нахождение этого вида в водах Вьетнама, так как в нашем материале есть специфичный хозяин этого вида копепод – *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804) (Perciformes, Polynemidae). *L. polynemi* зарегистрирован у берегов о-ва Ява.

Lernanthropus cornutus Kirtisinghe, 1937

Син.: *Lernanthropus tylosuri* Richiardi, 1880; *L. chlamidotus* (not Wilson, 1922) Yamaguti, 1939.

Хозяин: *Ablennes hians* (Valenciennes, 1846) (Beloniformes, Belonidae).

Хозяева и распространение. *L. cornutus* – космополит, специфичный паразит рыб отряда Beloniformes семейства Belonidae – *Ablennes hians*, *Platybelone argalus*, *Strongylura anastomella*, *S. exilis*, *S. incisa*, *S. leiura*, *S. marina*, *S. strongylura*, *S. timucu*, *S. urvillii*, *Tylosurus acus*, *T. acus melanotus*, *T. choram*, *T. crocodilus*, *T. crocodilus crocodilus*, *T. melanotus* и *T. punctatus*.

Lernanthropus chirocentrosus Tripathi, 1959

Хозяин: *Chirocentrus dorab* (Forsskel, 1775) (Clupeiformes, Chirocentridae).

Хозяева и распространение. Вид *L. chirocentrosus* является специфичным паразитом сельдевых рыб вида *Ch. dorab*. Он зарегистрирован у берегов Индии и Китая [26].

Lernanthropus villiersi Delamare-Deboutteville et Nunes-Ruivo, 1954

Хозяин: *Gerres filamentosus* Cuvier, 1829 (Perciformes, Gerridae).

Хозяева и распространение. Этот вид зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Haemulidae – *Pomadasyus incisus* (Bowdich, 1825) (= *Pristipoma bennetti* Lowe, 1838), *Pomadasyus incisus* (Valenciennes, 1833) (= *Pristipoma suillum* Valenciennes, 1833), семейства Sciaenidae – *Umbrina ronchus* Valenciennes, 1843 и семейства Sillaginidae – *Sillago sihama* (Forsskel, 1775) у берегов Анголы, Сенегала, Шри-Ланки (Цейлона).

Lernanthropus trifoliatus Bassett-Smith, 1898

Хозяева: а) *Arius maculatus* (Thunberg 1792) (Siluriformes, Ariidae); б) *Arius* sp. (Siluriformes, Ariidae); в) *Polydactylus sextarius* (= *Polynemus sextarius*); г) неопределенная до вида рыба.

Хозяева и распространение. Вид *L. trifoliatus* является специфичным паразитом рыб отряда Perciformes семейства Polynemidae – *E. tetradactylum* (= *Polynemus tetradactylus* Shaw, 1804), *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) (= *Polynemus plebeius* Broussonet, 1782) [25, 27, 28].

Lernanthropus lappaceus Wilson, 1912

Син.: *Lernanthropus trifoliatus* Bassett-Smith, 1898 part. in Pillai, 1963.

Хозяева: а) *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804) (Perciformes, Polynemidae), б) *Arius maculatus* (Thunberg 1792) (Siluriformes, Ariidae), в) неопределенная до вида рыба.

Хозяева и распространение. Вид *L. lappaceus* является специфичным паразитом рыб отряда Perciformes семейства Polynemidae – *E. tetradactylum* (= *Polynemus tetradactylus* Shaw, 1804), *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) (= *Polynemus plebeius* Broussonet, 1782) [25, 27, 28].

Lernanthropinus decapteri (Pillai, 1964)

Син.: *Lernanthropus decapteri* Pillai, 1964.

Хозяева: а) *Decapterus maruadsi* (Temminck et Schlegel, 1844), б) *Elisha filigera*.

Хозяева и распространение. Этот вид описан от *Decapterus russelli* (Ruppell, 1830), добытого у берегов Тривандрема, Индия [24].

Lernanthropinus gibbosus (Pillai, 1964)Син.: *Lernanthropus gibbosus* Pillai, 1964.**Хозяева:** а) *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) (Aulopiformes, Synodontidae), б) неопределенная до вида рыба.**Хозяева и распространение.** Копепода *L. gibbosus* известна по первоописанию [24] от *S. tumbil*.*Lernanthropinus sphyraenae* (Yamaguti et Yamasu, 1959)Син.: *Lernanthropus sphyraenae* Yamaguti et Yamasu, 1959.**Хозяин:** *Mene maculata* (Bloch et Schneider, 1801) (Perciformes, Menidae).**Хозяева и распространение.** Копепода *L. sphyraenae* зарегистрирована на рыбах отряда Perciformes семейства Sphyraenidae – *Sphyraena obtusata* Cuvier, 1829, *S. pinguis* Gunther, 1874 и семейства Menidae – *Mene maculata* у берегов Японии, Шри Ланки (Цейлона) и Тайваня.*Sagum sanguineus* (Song, 1976)Син.: *Lernanthropus sanguineus* Song, 1976.**Хозяин:** *Lutjanus johnii* (Bloch, 1792) (Perciformes, Lutjanidae).**Хозяева и распространение.** Этот вид известен по первоописанию от рыб отряда Perciformes семейства Lutjanidae – *L. sanguineus* (Cuvier, 1828) у побережья Китая [27].

СЕМЕЙСТВО PSEUDOCYCNIDAE WILSON, 1922

Cybicola armatus (Bassett-Smith, 1898)Син.: *Helleria armata* Bassett-Smith, 1898; *Pseudocycnus armatus* (Bassett-Smith, 1898); *Paracycnus lobosus* Heegaard, 1962; *Pseudocycnoides armatus* (Bassett-Smith, 1898); *Pseudocycnoides rugosa* Kensley et Grindley, 1973.**Хозяева:** а) *Sphyraena jello* Cuvier, 1829 (Perciformes, Sphyraenidae); б) *Euthynnus alleteratus* (Rafinesque, 1810) (Perciformes, Scombridae), в) *Scomberomorus commerson*.**Хозяева и распространение.** Специфичный паразит рыб отряда Perciformes, распространен в Индо-Вост-Пацифике (от Южной Африки до Китая) и у берегов Квинсленда (Австралия) [29].*Pseudocycnus appendiculatus* Heller, 1865Син.: *Pseudocycnus spinosus* Pearse, 1952; *P. thunnus* Brandes, 1955.**Хозяева:** а) *Auxis thazard* (Lacepede, 1800) (Perciformes, Scombridae), б) *Euthynnus affinis* (Cantor, 1849) (Perciformes, Scombridae), в) *E. alleteratus* (Rafinesque 1810) (Perciformes, Scombridae).**Хозяева и распространение.** *P. appendiculatus* – специфичный паразит scomбрид: *Coryphaena* sp., *Euthynnus affinis*, *E. alleteratus*, *Katsuwonus pelamis*, *Kishinoella tonggol*, *Parathunnus sibi*, *Sarda chilensis*, *S. sarda*, *Thunnus albacares*, *Th. alalunga*, *Th. obesus*, *Th. thynnus*.

СЕМЕЙСТВО HATSCHKEIIDAE КАВАТА, 1979

Hatschekia foliolata Redkar, Rangnekar et Murti, 1950**Хозяева:** а) *Parastromateus niger* (Bloch, 1795) (Perciformes, Carangidae); б) *Nemipterus peronii* (Valenciennes, 1830) (Perciformes, Nemipteridae); в) неопределенная до вида рыба.**Хозяева и распространение.** Копепода *H. foliolata* известна от рыб отряда Perciformes семейства Nemipteridae – *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) (= *Synagris japonica* Bloch, 1791) у берегов Индии [24].*Hatschekia rotundigenitalis* Yamaguti, 1939**Хозяин:** неопределенная до вида рыба.**Хозяева и распространение.** *H. rotundigenitalis* известна по первоописанию от рыбы отряда Perciformes семейства Lethrinidae – *Gymnocranius griseus* (Temminck et Schlegel, 1843) у берегов Японии (Seto).

Pseudocongericola sp.

Хозяин: *Congresox talabonoides* (Bleeker, 1853) (Anguilliformes, Muraenesocidae).

Хозяева и распространение. Представители монотипичного рода *Pseudocongericola* зарегистрированы на рыбах отряда Anguilliformes семейства Muraenesocidae – *Muraenesox cinereus* (Forsskel, 1775) у берегов Китая и Японии.

СЕМЕЙСТВО KROYERIIDAE КАВАТА, 1979

Kroyeria spatulata Pearse, 1948

Хозяин: *Carcharhinus sorrah* (Müller et Henle, 1839) (Carchariniformes, Carcharinidae).

Хозяева и распространение. Вид *K. spatulata* зарегистрирован в Атлантическом (у побережий Флориды, Техаса, Багамских о-вов) и Индийском (у берегов Мадагаскара) океанах на акулах отряда Carchariniformes семейств Carcharinidae – *Carcharhinus limbatus* (Müller et Henle, 1839), *C. sorrah* (Müller et Henle, 1839), *C. leucas* (Müller et Henle, 1839), *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836), *Rh. acutus* (Rüppell, 1837) и отряда Lamniformes семейства Odontaspidae – *Carcharias taurus* Rafinesque, 1810 (= *Squalus littoralis* LeSueur, 1818).

СЕМЕЙСТВО LERNAEPODIDAE MILNE EDWARDS, 1840

Подсемейство Brachiellinae Kazatchenko, 2001

Charopinopsis quaternia (Wilson, 1935)

Син.: *Charopinuis quaternia* Wilson, 1935; *Brachiella coryphaenae* Pearse, 1952.

Хозяин: *Scomberoides lysan* (Forsskel, 1775) (Perciformes, Carangidae).

Хозяева и распространение. Космополит, зарегистрирован на рыбах отряда Scorpaeniformes семейства Peristediidae – *Peristedion gracilis* Goode et Bean, 1896, отряда Perciformes семейства Coryphaenidae – *Coryphaena hippurus* L., *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 и семейства Scombridae *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829).

Clavellopsis trichiuri Gnanamuthu, 1951

Син.: *Brachiella trichiuri* Gnanamuthu, 1951; *Clavellopsis trichiuri* (not Yamaguti, 1939) Kirtisinghe, 1964.

Хозяева и распространение. Вид *C. trichiuri* зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Trichiuridae – *Lepturacanthus savala* (Cuvier, 1829) (= *Trichiurus savalla* Cuvier, 1829) и *T. lepturus* L. (= *T. haumela* (Forsskel, 1775)) у берегов Индии (Мадрас, Тривандрем) и Шри Ланки (Цейлона) [30, 31].

Neobrachiella sp.

Хозяин: *Valamugil engeli* (Bleeker 1858) (Perciformes, Mugilidae).

Хозяева и распространение. Представители рода *Neobrachiella* широко распространены в Мировом океане; копеподы рода *Neobrachiella* в водах Вьетнама зарегистрированы впервые.

СЕМЕЙСТВО NAOBRANCHIIDAE YAMAGUTI, 1939

Naobranchia sp.

Хозяин: *Gerres filamentosus* Cuvier, 1829 (Perciformes, Gerridae).

Локализация: жаберные лепестки.

Представители рода *Naobranchia* впервые зарегистрированы в водах Вьетнама.

Заключение

Основу фауны паразитических копепод формируют представители 12 семейств (Lamproglanidae, Ergasilidae, Taeniacanthidae, Bomolochidae, Trebiidae, Caligidae, Lernanthropidae, Pseudocycnidae, Hatschekiidae, Kroyeriidae, Lernaepodidae, Naobranchiidae), 3 подотрядов. В водах Вьетнама среди паразитических копепод доминируют два семейства: Caligidae и Lernanthropidae.

Паразитические ракообразные зарегистрированы у 54 семейств 15 отрядов. Рыбы отрядов Perciformes, Cypriniformes и Siluriformes играют основную роль в качестве хозяев паразитических копепод.

Список литературы

1. Kabata Z. Some evolutionary trends in caligid copepods // *Hydrobiologia*. – 1988. – №. 167-168. – P. 618-622.
2. Kabata Z. Parasitic Copepoda of Australian fishes, XIV. An assemblage of bathypelagic species // *J. Nat. Hist.* – 1992. – Vol. 26. – P. 9-45.
3. White H.C. "Sea lice" (*Lepeophtheirus*) and death of salmon // *J. Fish. Res. Bd. Canada*. – 1940. – Vol. 5. – P. 172-175.
4. Boxshall G.A., Defaye D. (Editors). Pathogens of wild and farmed fishes: Sea lice. Ellis Horwood, Chichester. – 1993. – P. 1-374.
5. Ho J.-s. The major problem of cage aquaculture in Asia relating to sea lice // *Cage Aquaculture in Asia: Proc. 1-st Internat. Symp. on Cage Aquaculture in Asia*. – 2000. – P. 13-19.
6. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda), вызывающие снижение качества рыбной продукции // *Пища. Экология. Человек: материалы 2-й Междунар. науч.-техн. конф. // Хранение и перераб. сельхозсырья*. – 1999. – № 2. – С. 40-41.
7. Казаченко В.Н. Влияние паразитических копепод на рыб // *Изв. ТИНРО*. – 2008. – Т. 157. – С. 204-213.
8. Kazachenko V.N. Influence of Parasitic Copepoda on Fish // *International Symposium on Fisheries Management and Marine Politics in the East Asia*. Pukyong National University. November 25th, 2005. – P. 85-103.
9. Samotylova N.N., Kazachenko V.N., Ha D.N., Nguyen V.T. Parasitic copepod *Caligus arii* Bassett-Smith, 1898 (Crustacea: Siphonostomatoida: Caligidae) in Vietnam marine fishes // *V Hoi nghi Khoa hoc va Cong nghe bien toan quoc lan thu (V Национальный съезд по морской науке и технологии Вьетнама)*. – 2011. – Vol. 4. – P. 205-210.
10. Самотылова Н.Н. Паразитические копеподы семейства Caligidae (Crustacea: Copepoda, Siphonostomatoida) рыб Вьетнама // *Материалы Междунар. науч.-техн. конф.* – Владивосток, 2010. – Ч. 1. – С. 98-99.
11. Самотылова Н.Н. Представители Cyclopoidea и Siphonostomatoida (Crustacea: Copepoda) в фауне Вьетнама // *Изв. Самарского научного центра Российской АН*. – 2011. – Т. 13. № 1 (5). – С. 1146-1148.
12. Arthur J.R., Te B.Q. Checklist of parasites of fishes of Viet Nam // *FAO Fisheries Technical Paper*. № 369/2. Rome, FAO, 2006. – 133 p.
13. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 121 с.
14. Kumari P., Khera S., Gupta N.K. On six species of the genus *Lamproglena* Nordmann (Copepoda: Eudactylinidae), ectoparasitic on freshwater fishes of India // *Bull. (Sci.) Panjab Univ.* – 1989. – Vol. 40. – P. 9-23.
15. Pillai N.K. Copepods parasitic of the family Tanaeidae parasitic on south Indian fishes // *Crustaceana*. – 1963. – Vol. 6, pt. 2. – P. 110-128.
16. Авдеев Г.В. Копеподы рода *Nothobomolochus* — паразиты морских рыб. III. Состав, диагноз, определительная таблица и географическое распространение // *Биол. моря (Владивосток)*. – 1978. – № 3. – С. 39-45.
17. Pillai N.K. Copepods parasitic on south Indian fishes. Part 1. Caligidae // *Bull. Central Res. Inst. Univ. Kerala, Trivandrem*. – 1961. – Vol. 8. – P. 87-130.
18. Heller C. Crustaceen. Reise der Oesterreichischen Fregatte Novara um die Erde in den Jahren 1857, 1858, 1859. *Zool. Theil*. – 1865. – 2(3). – 1-280.
19. Pillai N.K. Description of a new species of *Anuretes* (Copepoda: Caligidae) and comments on the validity of a few caligid genera // *Zoologischer anzeiger*. – 1967. – Vol. 178 (5-6). – P. 358-367.

20. Bassett-Smith P.W. Some new or rare parasitic copepods found on fish in the Indo-Tropic Region // Ann. Mag. Nat. Hist., 1898. – Sevenths series. – № 11. – P. 357-372.
21. Pillai N.K. A revision of the genera *Parapetalus* Steenstrup & Lutken and *Pseudopetalus* nov // Crustaceana. – 1962. – Vol. 3, № 4. – P. 285-303.
22. Radhakrishnan S., Nair N.B. Nature of crustacean infestation along the south-west coast of India. 1. Distribution, mode of attachment to the host tissue and incidence and intensity of infestation // Acta ichthyol. et piscator. – 1983. – Vol. 13, № 2. – P. 93-115.
23. Prabha C., Pillai N.K. Additions to the copepods parasitic on the marine fishes of India. 1. On twelve species of caligids // Rec. zool. Surv. India, Occ. Paper. – 1983. – № 46. – P. 1-49.
24. Pillai N.K. Copepods parasitic on South Indian fishes: family Anthosomatidae-2 // J. Bombay Natur. History Soc. – 1964. – Vol. 61 (1). – P. 46-59.
25. Pillai N.K. Copepods parasitic on South Indian fishes – family Caligidae // J. Mar. Biol. Ass. India. – 1963. – Vol. 5 (1). – P. 68-96.
26. Tripathi Y.R. Parasitic copepods from Indian fishes III. Family Anthosomatidae and Dichlethiidae. IV. Acantheriformes // Proc. First All-India Congress on Zoology. – 1959 (1962). – P. 191-217.
27. Pillai N.K. Notes on copepods parasitic on South Indian marine fishes // J. Mar. Biol. Ass. India. – 1966. – Vol. 8, № 1. – P. 123-140.
28. Самотылова Н.Н., Нго Х.Д., Казаченко В.Н., Нгуен В.Т. Паразитические копеподы рыб Вьетнама. Семейство Lemanthropidae (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida) // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения лауреата Государственной премии В.С. Калиновского (6-7 декабря 2011 г. Владивосток). – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С. 52-57.
29. Bassett-Smith P.W. Some new or rare parasitic copepods found on fish in the Indo-Tropic Region // Ann. Mag. Nat. Hist., 1898. – Sevenths series. – № 11. – P. 357-372.
30. Pillai N.K. Copepods parasitic on south Indian fishes. Families Lernaeopodidae and Naobranchiidae // J. Mar. Biol. Ass. India. – 1962. – Vol. 4. – P. 58-94.
31. Pillai N.K. Description of some species of *Brachiella* and *Clavellopsis* with comments on *Isobranchia* Heegaard // Crustaceana. – 1968. – Supplement № 1. – P. 119-135.

Сведения об авторах: Казаченко Василий Никитич, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vaskaz@hotmail.ru;
Ковалева Нина Николаевна, аспирант, e-mail: samotnina@gmail.com;
Nguyen Vu Thanh, e-mail: nvthanh49@yahoo.com;
Ha Duy Ngo, e-mail: hdngo@vast.ac.vn.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 534.222:629.127.4

Р.Н. Алифанов¹, И.А. Алифанова¹, М.В. Мироненко², А.С. Шмаков³, П.А. Стародубцев³

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

²Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии,
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, 25

³Военный учебно-научный центр Военно-Морского флота «Военно-морская академия
имени адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» (филиал, Владивосток),
690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА И СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ РАЗМЕРОМЕТРИИ

Приводятся результаты экспериментальных исследований закономерностей рассеяния на морских объектах падающего акустического поля, измерения пространственной амплитудно-фазовой структуры его теневой (дифракционной) составляющей. Показана возможность практической реализации рассмотренной закономерности в создании способа дистанционной гидроакустической размеромерии. Приводится пример экспериментальной проверки разработанного способа в гидроакустическом бассейне. Обосновывается возможность создания протяженной просветной системы гидроакустической размеромерии.

Ключевые слова: гидроакустическая размеромерия, многолучевость распространения сигналов, структура дифракционного поля, флюктуация амплитуды.

R.N. Alifanov, I.A. Alifanova, M.V. Mironenko, A.S. Shmakov, P.A. Starodubtcev
EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF METHOD
AND SYSTEM FOR REMOTE HYDROACOUSTIC RAZMEROMETRII

This research paper presents the results of experimental studies of the scattering patterns on offshore incident acoustic field measurement of the amplitude and phase of the spatial structure of its shadow (diffraction) component. The possibility of practical implementation of laws considered to provide a method of remote sonar razmerometrii. Is an example of an experimental verification of the developed method in a hydroacoustic pool. The possibility of creating an extended luminal sonar system razmerometrii.

Key words: hydroacoustic razmerometriya, multipath propagation, the structure of the diffraction field amplitude fluctuation.

Структура приемоизлучающих трактов и методика экспериментальных исследований в гидроакустическом бассейне

Экспериментальные исследования пространственной структуры дифракционного поля за экранами выполнялись в гидроакустическом бассейне размером 15,0·6,5·6,0 м³. Измерения проводились в соответствии с принципами физического моделирования гидроакустических процессов [1] при величине коэффициента подобия (моделирования), равной 100. С помощью специально изготовленных устройств в бассейне перемещались акустические экраны различной конфигурации и различного материала. Измерялась пространственная структура

поля в зависимости от различных факторов: частоты и ширины полосы частот сигнала, размеров экрана и наличия многолучевости распространения сигналов [1, 2].

Схема проведения эксперимента в бассейне приведена на рис. 1, где r_1 , r_2 – расстояния, определяющие положения экрана между излучателем и приемником сигналов; d – диаметр экрана (шара). Измерения проводились с помощью стационарно оборудованного в бассейне гидроакустического комплекса, представляющего собой два независимых приемных тракта и мощный (до 5 кВт) излучающий тракт. Диапазон излучаемых частот составлял от 50 до 650 кГц. Измерения выполнялись в непрерывном и импульсном режимах излучения с временным разделением приходов путем стробирования. Применялись тональные и широкополосные сигналы. Режимы излучения и приема задавались непосредственно с пульта измерительного комплекса.

Эксперимент выполнялся следующим образом (рис. 1). Направленный излучатель Изл. и ненаправленный приемник Пр. располагали на расстоянии 1 м от противоположных стенок «заглушенного» бассейна, что соответствовало расстоянию между ними 14 м. Затем с помощью экранов пересекали и экранировали пути распространения сигналов от излучателя к приемнику и регистрировали изменения пространственных характеристик (амплитуды и фазы) установившегося акустического поля. Акустические экраны подвешивали на капроновой нити, уравнивали грузом и с помощью специально изготовленного электромеханического привода со скоростью, не превышающей нескольких миллиметров в секунду, равномерно перемещали сверху вниз и обратно.

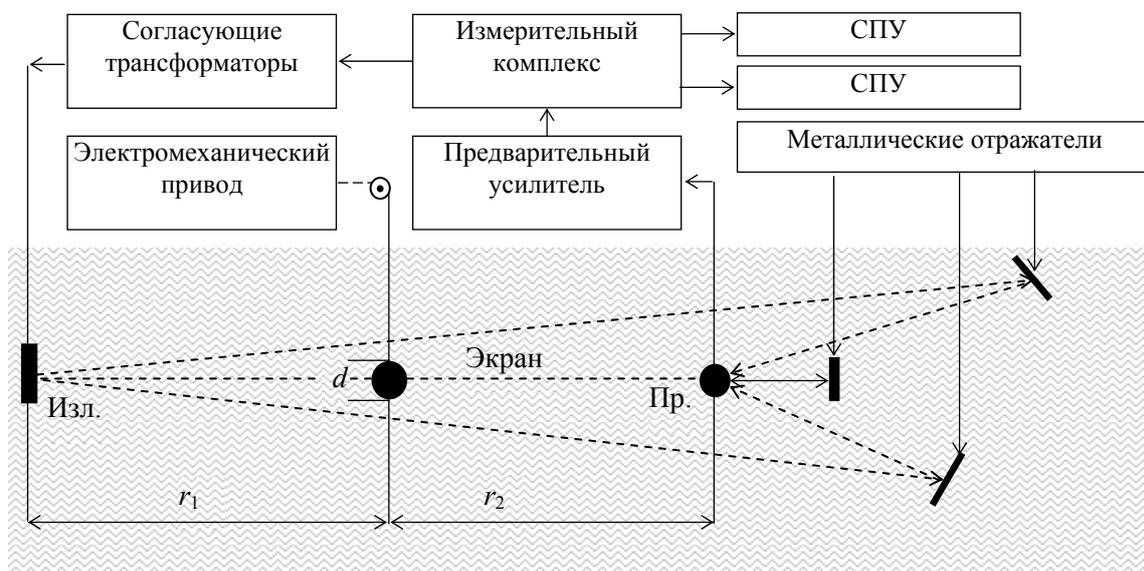


Рис. 1. Схема проведения эксперимента в гидроакустическом бассейне
 Fig. 1. The scheme of the experiment in the pool hydroacoustic

Результаты экспериментальных исследований структуры дифракционного поля за экранами

При проведении модельных экспериментальных исследований были получены пространственные характеристики дифракционного поля сигналов, частотные характеристики (в зависимости от частоты и ширины полосы частот сигналов подсветки), а также структура дифракционного поля в условиях моделируемой многолучевости распространения сигналов в среде. Результаты исследований пространственной амплитудно-фазовой структуры дифракционного поля приведены на рис. 2-4.

На рис. 2 – пространственная структура дифракционного поля (записи уровня непрерывных тональных сигналов) между излучателем и приемником. Частота сигналов 20 кГц, h_1, h_2 – расчетные значения радиусов первой и второй зон Френеля, экран – эбонитовый шар диаметром 10 см с пластилиновым покрытием. Записи уровней сигналов сделаны в точках с интервалом 1 м по расстоянию.

На рис. 3 – пространственная структура поля сигналов для экранов различной протяженности, которая изменялась посредством увеличения набора пенопластовых дисков. Частота сигналов 230 кГц.

На рис. 4 – частотная зависимость структуры дифракционного поля тональных сигналов. Экран – эбонитовый шар диаметром 10 см с пластилиновым покрытием, расположен между точками излучения и приема ($r_1 = r_2 = 7$ м).

Все записи структуры дифракционного поля получены с помощью СПУ в линейном масштабе записи 10-110 мВ. Эксперимент показал, что направленность излучения сигналов (при условии заглушенности бассейна и отсутствия отражения от стенок) затрудняет возможность поддержания постоянного уровня сигнала и регистрацию изменений сигнала за счет экранирования объектом. Регистрация изменений сигнала за счет экранирования объектом при ненаправленном облучении среды более эффективна.

Анализируя приведенные на рис. 2-4 результаты эксперимента, отметим следующее.

Пространственная структура дифракционного поля за экранами хорошо согласуется с теоретической структурой поля между точками излучения и приема и формируется в соответствии с закономерностями зон Френеля [1]. Количество регистрируемых зон Френеля возрастает с увеличением степени монохроматичности сигнала, а их пространственная протяженность увеличивается с возрастанием длины падающей на экран звуковой волны. Структура поля и размер зон Френеля проявляется в соответствии с известной зависимостью [2]

$$h_n = \left[\frac{r_1 r_2 \lambda n}{(r_1 + r_2)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где h_n – радиус n -й зоны Френеля; λ – длина волны сигнала подсветки; r_1, r_2 – расстояния, определяющие положение экрана между излучателем и приемником; n – номер зоны.

При этом последовательное экранирование зон Френеля сопровождается периодичностью изменения уровня регистрируемого сигнала. Амплитуда и период излучения увеличиваются с приближением экрана к первой зоне, где спад уровня сигнала (рис. 2). Глубина спада (затенения) сигнала в основном определяется степенью экранирования первой зоны, ширина – пространственной протяженностью первой зоны в точке пересечения экраном, а в случае, когда размер экрана превышает размер пересекаемого участка зоны Френеля, ширина и глубина спада уровня сигнала определяются также величиной указанного повышения (рис. 3) [2].

В момент затенения сигналов движущимся экраном одновременно с изменением амплитуды сигнала наблюдается изменение (скачок) фазы. Общее изменение фазы в момент затенения сигнала характеризуется возрастанием флюктуаций. Замечено также, что структура дифракционного поля на импульсных сигналах существенного отличия от записей сигналов в непрерывном режиме излучения тональных сигналов не имеет, так как в условиях «заглушенного» бассейна отражения от его стенок на частотах сигналов 230-500 кГц практически отсутствовали. Преимущество импульсного режима работы с использованием временного разделения приходов путем стробирования наблюдается в условиях многолучевого распространения сигналов.

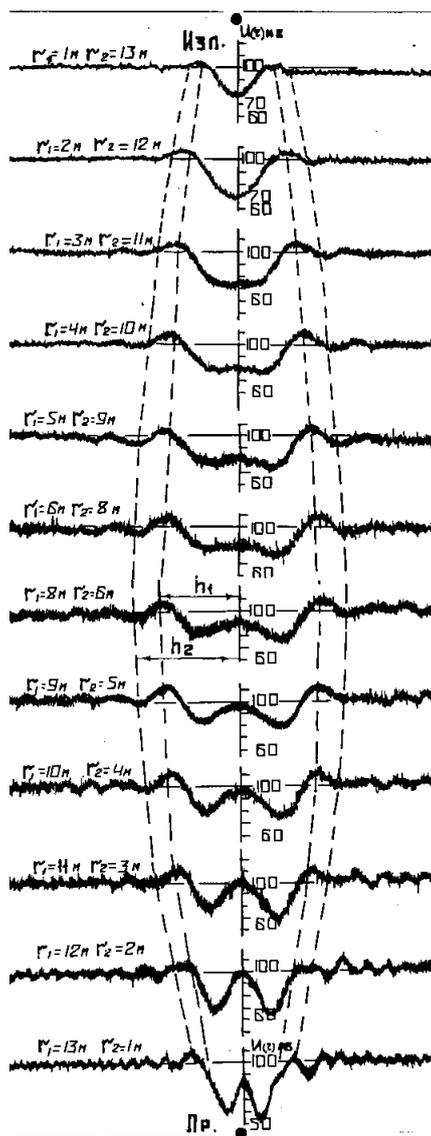


Рис. 2. Пространственная структура «акустической тени» между излучателем и приемником
 Fig. 2. Spatial structure of «acoustic shadow» between transmitter and receiver

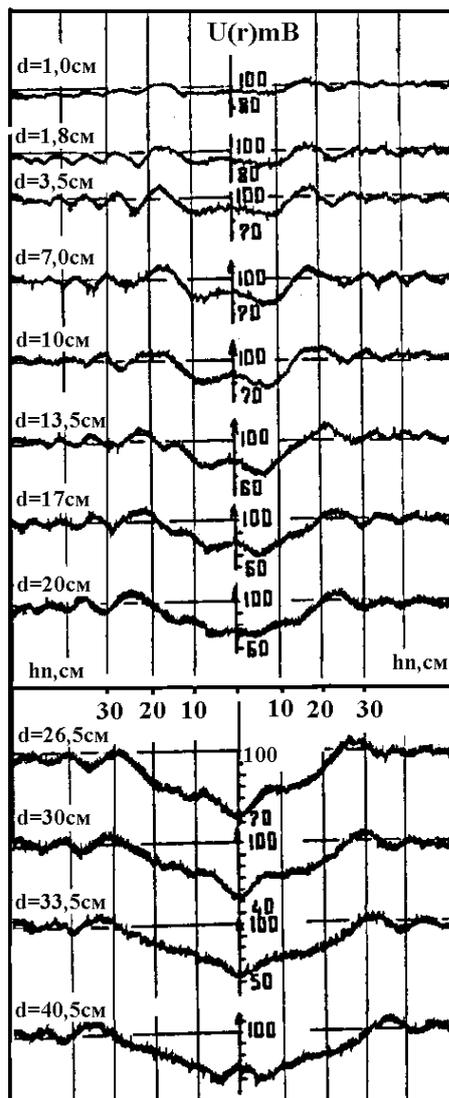


Рис. 3. Структура «акустической тени» за экранами различной протяженности d
 Fig. 3. The structure of the «acoustic shadow» behind screens of varying length d

Для обоснования практических возможностей регистрации подводных объектов дифракционным методом в условиях многолучевости распространения сигналов эксперимент в гидроакустическом бассейне был специальным образом усложнен. Многолучевость распространения сигналов в бассейне создавалась с помощью установленных отражателей (см. рис. 1).

Экспериментальными исследованиями устойчивости пространственной структуры дифракционного поля в условиях многолучевости распространения сигналов показано, что искажение сигналов экранами по отдельным лучам сопровождается соответствующими изменениями в суммарном многолучевом сигнале. Т.е. для устойчивой регистрации признаков затенения сигналов экраном необходимо их пространственно-временное разделение, что выполнялось методом «стробирования» импульсов.

Анализ результатов эксперимента показал следующее. Структура суммарного многолучевого сигнала изменяется в соответствии с моментами пересечения каждого отдельного луча и степенью его экранирования объектом. Наличие в точке приема дополнительных (помеховых) сигналов, обусловленных многолучевостью распространения, существенно искажает четкость структуры звуковой тени, не исключает возможность обнаружения объекта по закономерностям дифракции. В этом случае увеличивается амплитуда флюктуаций уровня суммарного сигнала, обусловленная интерференцией отдельных приходов. Т.е. в дифракционной системе обнаружения целесообразно осуществлять временное разделение многолучевого сигнала и раздельную регистрацию наиболее энергонесущих приходов сигнала по лучам.

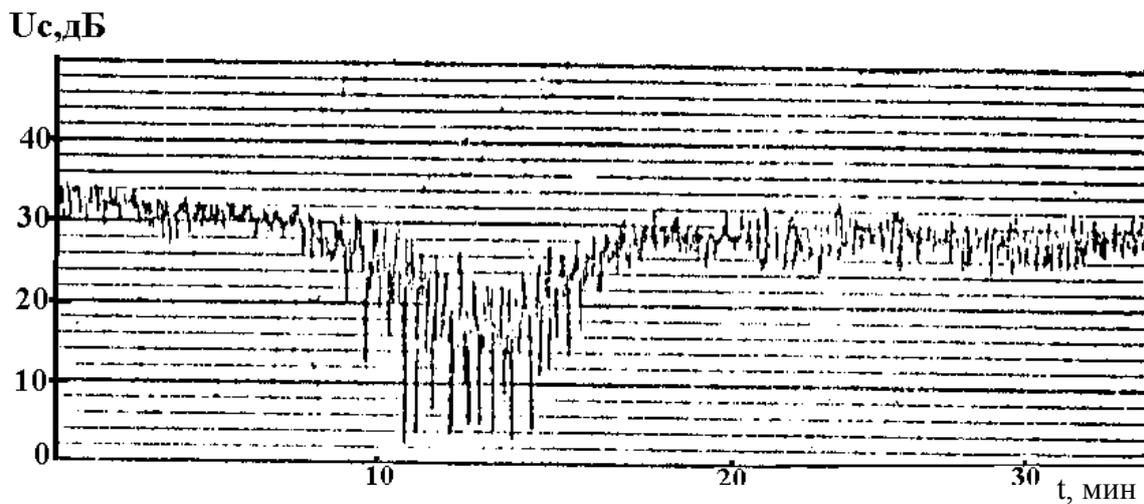


Рис. 4. Флюктуации амплитуды просветных сигналов, искаженных изменяющимся состоянием физического явления (протяженность расположения приемных пассивных элементов 10 км)

Fig. 4. Fluctuation amplitude signals distorted luminal changes the state of a physical phenomenon (the length of the receiving passive elements 10 km)

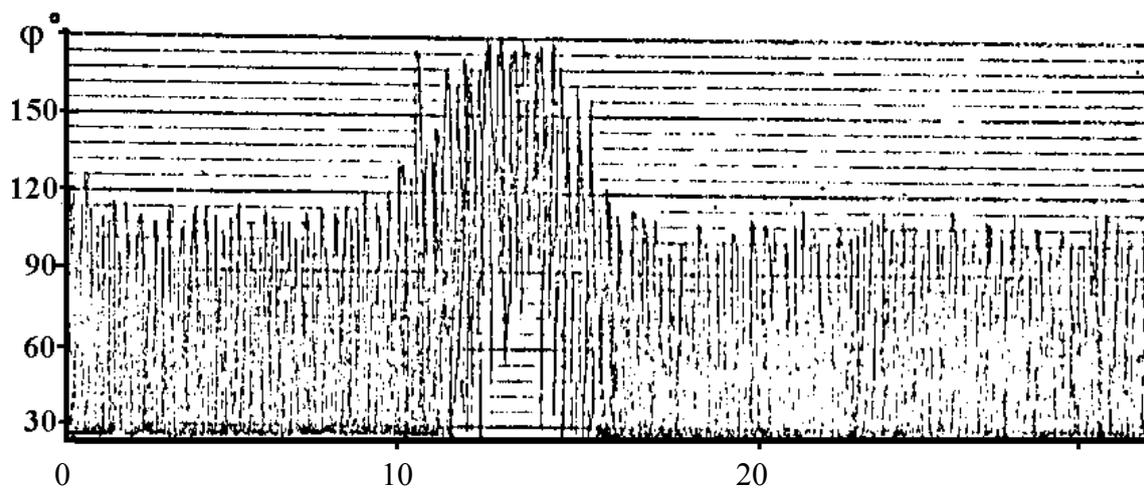


Рис. 5. Флюктуации фазы искаженных просветных сигналов, искаженных изменяющимся состоянием физического явления (протяженность расположения приемных пассивных элементов 10 км)

Fig. 5. Phase fluctuations distorted luminal signals distorted changing state of physical phenomena (the length of the receiving passive elements 10 km)

Способ и система дистанционной гидроакустической размеромерии

Проведенные в гидроакустическом бассейне исследования зависимости пространственной протяженности звуковой тени от размера экрана d позволили получить функцию, представленную на рис. 6. Из нее видно, что при постоянном значении падающей на экран длины волны и фиксированном расстоянии между точками излучения – приема сигналов, а также известном положении объекта между ними половина протяженности акустической тени останется неизменной до момента равенства величины протяженности экрана радиусу первой зоны Френеля регистрации сигнала. С момента перекрытия размером экрана радиуса первой зоны Френеля протяженность акустической тени увеличивается (до определенных пределов) пропорционально этому превышению. На рис. 6 видно, что точка излома функции

$$h/2 = f(d) \tag{2}$$

соответствует моменту равенства размера экрана в плоскости его перемещения пространственному размеру радиуса первой зоны Френеля. Полученная при проведении исследований закономерность использована при разработке способа, позволяющего дистанционно измерить недоступные для контактных измерений подводные объекты. Сущность таких измерений объясняется следующим образом.

При постоянном размере экрана и приближенно известной геометрии расположения его между точками излучения и приема, последовательно изменяя длину волны падающего на экран сигнала, можно определить то значение длины волны (частоты сигнала), при которой начинается увеличение протяженности ширины зоны h , что будет соответствовать моменту превышения ширины первой зоны Френеля протяженности экрана. Точное значение этой длины волны может быть определено по частоте сигнала в точке характерного излома функции (рис. 7)

$$h = f(f) \tag{3}$$

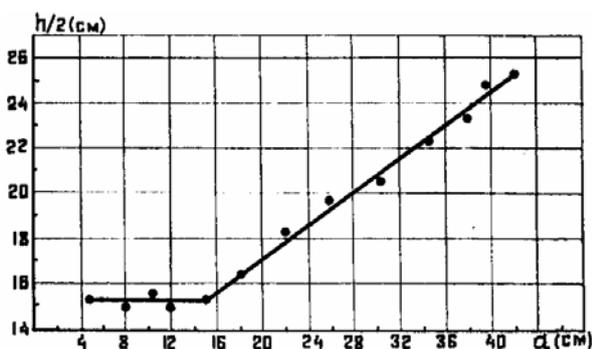


Рис. 6. Зависимость протяженности «акустической тени» от размера экрана
Fig. 6. Dependence length «acoustic shadow» on the screen size

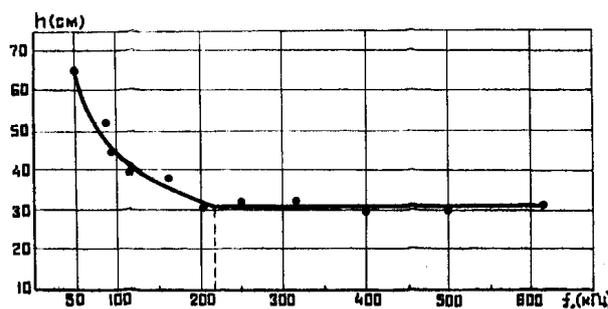


Рис. 7. Зависимость протяженности «акустической тени» от частоты сигнала
Fig. 7. Dependence length «acoustic shadow» on the signal frequency

При этом протяженность акустической тени h может быть измерена как относительная величина (без учета скорости перемещения излучателя и приемника относительно измеряемого объекта). Определив зафиксированное в точке перегиба функции значение частоты сигнала и поставив соответствующее ей значение λ , а также ориентировочно известные рас-

стояния от объекта до излучателя и приемника (r_1 и r_2), протяженность профиля объекта в заданной плоскости рассчитаем по известной формуле, выражающей размер радиуса первой зоны Френеля:

$$d = h = \sqrt{\frac{r_1 r_2 \lambda}{r_1 + r_2}}. \quad (4)$$

На практике трудно измерить объект, размеры которого не известны хотя бы в заданном интервале. Это связано с тем, что необходимо излучение сигналов с неопределенной шириной полосы частоты. По этой причине измерению подлежат объекты, ориентировочные размеры которых известны в заданных пределах. Среднюю частоту излучаемых сигналов f_{cp} можно определить из соотношения (4), заменив в нем истинный размер объекта d на предполагаемый d_n , а также приняв $r_1 = r_2 = r$ (при измерениях объект можно ориентировать посередине гидроакустической линии):

$$\lambda_{cp} = \frac{d_n^2 (r_1 + r_2)}{r_1 r_2} = \frac{d_n^2 2r}{r^2} = \frac{2d_n^2}{r}; \quad f_{cp} = \frac{C}{\lambda_{cp}} = \frac{Cr}{2d_n^2}. \quad (5)$$

Введем коэффициент k_d , определяющий заданный интервал возможных размеров объекта и коэффициент $k_{\Delta f}$, определяющий ширину полосы анализа принимаемых сигналов (полосу фильтров). С учетом k_d заданный интервал размеров вероятного объекта запишется в виде $d_n(1 \pm k_d)$, а интервал изменения средней частоты принимаемых сигналов – $f_{cp}(1 \pm k_{\Delta f})$. С учетом этих интервалов верхнее и нижнее значения частоты излучаемых сигналов можно представить следующим образом:

$$f_e = (1 + k_{\Delta f}) \frac{Cr}{2d_n^2 (1 - k_d)^2}; \quad f_n = (1 - k_{\Delta f}) \frac{Cr}{2d_n^2 (1 + k_d)^2}. \quad (6)$$

Ширина полосы излучаемых сигналов при регистрации и измерении объекта может быть определена соотношением

$$\Delta f - (f_n \div f_e) = \left[\frac{1 - k_{\Delta f}}{(1 + k_d)^2} \div \frac{1 + k_{\Delta f}}{(1 - k_d)^2} \right] \frac{Cr}{2d_n^2}, \quad (7)$$

где k_d – коэффициент, определяющий заданный интервал возможных размеров вероятного объекта; $k_{\Delta f}$ – коэффициент, определяющий ширину полосы анализа (полосу применяемых фильтров); C – скорость звука в воде; r – половина расстояния между точками излучения и приема; d_n – предполагаемый (в заданном интервале) размер объекта.

Структурная схема гидроакустической системы, реализующей способ дистанционного измерения размеров неподвижных подводных объектов, приведена на рис. 8. Порядок измерения с помощью предложенной системы заключается в следующем.

Контролируемый участок водной среды находится между излучателем и приемником акустических колебаний. С помощью блока 1 формируют импульсные широкополосные сигналы, через блок усиления мощности сигналов 2 подают их на излучатель 3, облучают контролируемый участок среды и объект. Принятые приемником теневого сигнала 4 импульсы

приведена на рис. 6, из которой видно, что частота сигнала в точке характерного изгиба функции составляет 215 кГц, что соответствует длине волны в воде 0,7 см, а протяженность (высота) цилиндра в плоскости измерения составляет 15,6 см. Погрешность серии измерений не более 4 %.

Аналогичные измерения были проведены и в условиях опытового морского поля [2].

Следует отметить, что рассмотренный способ позволяет измерять объекты, не изменяющие акустических свойств среды, например, за счет внутренних волн, возникающих в результате его движения в водной среде. Применение разработанного способа для дистанционного измерения реальных объектов требует дальнейшей разработки и, прежде всего, разделения влияния на сигнал от объекта и возмущенной области за объектом. Измерение малогабаритных объектов на небольших дистанциях, например, проведение контроля качества гидротехнических сооружений разработанным способом может проводиться уже в настоящее время.

Список литературы

1. Савельев И.В. Дифракция света: Курс общей физики. – М.: Наука, 1971. – С. 106-155.
2. Матвеев В.Н., Мацевич Э.В. Контроль состояния подводных частей морских гидротехнических сооружений дифракционным гидроакустическим методом // Проблемы исследования и освоения Мирового океана: сб. докл. IV конф. – Владивосток: ДВПИ, 1983. – С. 199-201.
3. Мироненко М.В., Малашенко А.Е., Карачун Л.Э., Василенко А.М. Теоретические и экспериментальные исследования пространственной амплитудно-фазовой структуры дифракционного поля за акустическими экранами и неоднородностями морской среды // Низкочастотный просветный метод дальней гидролокации гидрофизических полей морской среды. – Владивосток: СКБ САМИ ДВО РАН, 2006. – С. 44-57.
4. Способ дистанционной гидроакустической размеромерии: а.с. СССР № 223207 / М.В. Мироненко, Н.А. Клименко, заявл. от 01.08.1985.
5. Мироненко М.В., Паренский А.И. Контроль размеров акустических экранов дифракционным методом // Сб. докл. 4-й ДВ акустической НТК. – Владивосток: ДВПИ, 1986. – С. 120-122.
6. Мироненко М.В., Клименко Н.А., Рокотов С.П. К вопросу акустического контроля размеров экранов дифракционным способом // Сб. докл. 4-й ДВ акустической НТК. – Владивосток: ДВПИ, 1986. – С. 142-144.

Сведения об авторах: Алифанов Роман Николаевич, кандидат технических наук, e-mail: gidra_518@mail.ru;

Алифанова Ирина Анатольевна, e-mail: shira_83@mail.ru;

Мироненко Михаил Владимирович, ведущий сотрудник, доктор технических наук, профессор, e-mail: professor@mail.primorye.ru;

Шмаков Андрей Станиславович, кандидат технических наук, доцент;

Стародубцев Павел Анатольевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: spa1958@mail.ru.

УДК 534.231.1

С.М. Балабаев, Н.Ф. ИвинаДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКИХ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН
ЖИДКОГО ОДНОРОДНОГО ВОЛНОВОДА**

Рассмотрены дисперсионные уравнения нормальных волн жидкого однородного волновода с жидким и твердым дном. Рассчитаны дисперсионные зависимости действительной и мнимой составляющих безразмерного волнового числа нормальных волн однородного волновода с твердым дном.

Ключевые слова: дисперсионные уравнения, однородный волновод, нормальные волны.

S.M. Balabaev, N.F. Ivina**CALCULATION OF ACOUSTIC NORMAL WAVES
OF LIQUID HOMOGENEOUS WAVEGUIDE**

The dispersion equations of normal waves of liquid homogeneous waveguide with liquid and solid bottom are considered. Dispersion dependences of the real and imaginary components of the dimensionless wave number of normal waves of homogeneous waveguide with a solid bottom are calculated.

Key words: dispersion equations, homogeneous waveguide, normal waves.

При работе любых гидроакустических систем (определение дальности, глубины, осуществление связи между объектами, поиск рыбных косяков и т.п.) принятая информация обрабатывается в предположении, что вода является бесконечной и однородной, т.е. что в ней распространяется только продольная волна с постоянной скоростью. Но из-за отражений волны от морского дна и границы с воздухом ситуация принципиально меняется. В такой системе (гидроакустическом волноводе) существуют нормальные волны (моды). Классические задачи анализа волноводов рассмотрены в известных монографиях [1, 2]. Целью данной статьи является расчет дисперсионных зависимостей действительной и мнимой составляющих волнового числа нормальных волн однородного волновода с твердым дном, которые в указанных монографиях не рассматривались.

Рассмотрим жидкий волновод толщиной h , лежащий на жидком или твердом полупространстве. Жидкому полупространству приближенно соответствует морское дно из осадочных пород, а твердому – скальный грунт. Плотность жидкости (среда 1) ρ , c_0 – скорость звука в жидкости. Верхняя граница волновода ($z = h$) свободна. Плотность дна (полупространства, среда 2) ρ_D ; c_l – скорость продольной волны, c_t – скорость поперечной волны. Необходимо рассчитать частотные зависимости действительной и мнимой составляющих волнового числа нормальных волн жидкого волновода.

Рассмотрим сразу волновод с твердым дном, так как все соотношения для волновода с жидким дном являются частным случаем при $c_t \rightarrow 0$. Введем скалярные и векторные потенциалы смещения: $\varphi_1 = \varphi_1(x, z)$ – потенциал в жидкости, $\varphi = \varphi(x, z)$ и $\psi = \psi(x, z)$ ($\psi(x, z) \equiv \psi_y(x, z)$) – для поля в твердом полупространстве.

Введенные потенциалы должны удовлетворять уравнениям Гельмгольца:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial z^2} + k_o^2 \varphi_1 &= 0, \\ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + k_l^2 \varphi &= 0, \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + k_t^2 \varphi &= 0,\end{aligned}\tag{1}$$

где $k_o = \omega / c_o$, $k_l = \omega / c_l$, $k_t = \omega / c_t$, ω – круговая частота и граничным условиям

$$\sigma_{zz}^{(1)} = 0, \text{ при } z = h; \begin{cases} \sigma_{xz}^{(2)} = 0, \\ \sigma_{zz}^{(1)} = \sigma_{zz}^{(2)}, \text{ при } z = 0, \\ u_z^{(1)} = u_z^{(2)}, \end{cases}\tag{2}$$

где σ_{xz} и σ_{zz} – касательное и нормальное напряжения; u_z – нормальное к границе раздела смещение.

Выразим компоненту смещения и компоненты напряжений, которые понадобятся в дальнейшем, через потенциалы [3, 4]

$$\begin{aligned}u_z &= \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{\partial \psi}{\partial x}, \\ \sigma_{xz} &= \mu \left(2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right), \\ \sigma_{zz} &= \lambda \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right) + 2\mu \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial z} \right),\end{aligned}\tag{3}$$

где λ, μ – упругие постоянные Ламе.

Будем искать решения уравнений (1) в виде плоских волн вдоль координаты x . Тогда эти решения можно записать в виде

$$\begin{aligned}\varphi(x, z) &= C_1(k) \exp(i(kx - bz)), \\ \varphi_1(x, z) &= (C_2(k) \cos az + C_3(k) \sin az) \exp(ikx), \\ \psi(x, z) &= C_4(k) \exp(i(kx - cz)),\end{aligned}\tag{4}$$

k – волновое число, $a = \sqrt{k_o^2 - k^2}$, $b = \sqrt{k_l^2 - k^2}$, $c = \sqrt{k_t^2 - k^2}$.

Подставляя решения (4) в систему (2) с учетом соотношений (3), получим однородную систему уравнений

$$\begin{cases} C_2 \cos ah + C_3 \sin ah = 0, \\ ibC_1 + aC_3 - ikC_4 = 0, \\ 2bkC_1 + (k_t^2 - 2k^2)C_4 = 0, \\ \rho_1(2k^2 - k_t^2)C_1 + k_t^2C_2 + 2\rho_1ckC_4 = 0, \\ \rho_1 = \rho_0 / \rho. \end{cases} \quad (5)$$

Система (5) имеет нетривиальное решение, если ее определитель равен нулю. Отсюда получим дисперсионное уравнение для волновода с твердым дном.

$$k^4 b \sin ah + i \rho_1 a \cos ah (4bck^2 + (2k^2 - k_t^2)^2) = 0.$$

Устремляя c_t к нулю, получим дисперсионное уравнение для волновода с жидким дном:

$$b \sin ah + i \rho_1 a \cos ah = 0. \quad (6)$$

Выбор ветви радикала a произволен, поскольку он не дает многозначности в полученных выражениях. Ветви радикалов b и c выбираются из условий $\text{Im} b > 0$, $\text{Im} c > 0$.

Рассмотрим дисперсионное уравнение (6) для волновода с жидким дном. Оно имеет простые корни $k = \pm k_0$, совпадающие с точками ветвления радикала a .

Характеристическая функция дисперсионного уравнения является двухзначной. Для того чтобы сделать ее однозначной, образуем двулистную поверхность Римана, проведя разрезы, как показано на рис. 1. Уравнения разрезов $\text{Im} b = 0$, уравнения продолжений разрезов $\text{Re} b = 0$. Разрезы изображены сплошной линией, а продолжения разрезов – штриховой. Для наглядности на рисунке учтены собственные потери. Будем считать, что на верхнем листе $\text{Im} b > 0$, а на нижнем – $\text{Im} b < 0$. На рис. 1 указаны также знаки $\text{Re} b$ по координатным четвертям для верхнего листа; для нижнего листа знаки противоположны.

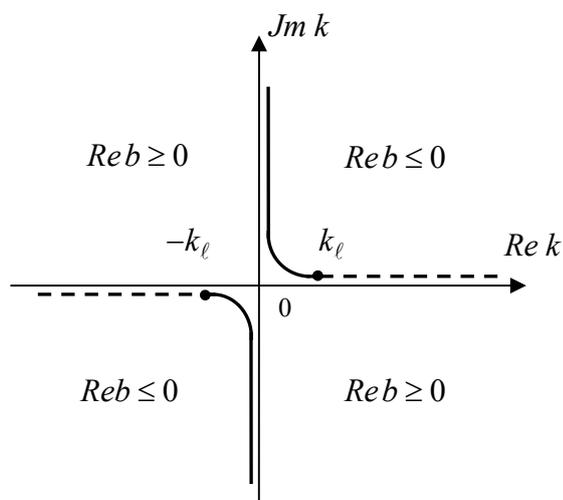


Рис. 1. Комплексная плоскость волновых чисел
Fig. 1. Complex plane of wave numbers

Для составления компьютерной программы и расчета дисперсионных зависимостей необходимо знать, на каком листе двулистной поверхности Римана расположены комплексные корни дисперсионного уравнения. Анализ корней дисперсионного уравнения в комплексной

плоскости k затруднителен. Поэтому выполним анализ в комплексной плоскости η , а затем вернемся в плоскость k .

$$\eta = \sqrt{k_o^2 - k^2} h,$$

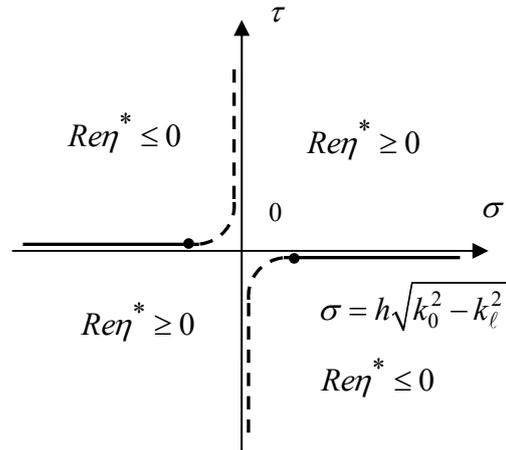
тогда
$$b = \sqrt{\eta^2 - h^2(k_o^2 - k_l^2)} / h = \eta^* / h, \quad \eta^* = \sqrt{\eta^2 - h^2(k_o^2 - k_l^2)}.$$

Уравнение (6) преобразуем к виду

$$\eta^* = -i\eta\rho_1 \operatorname{ctg}\eta. \quad (7)$$

Полагаем $\eta = \sigma + i\tau$. Комплексная плоскость η изображена на рис. 2 (рисунок выполнен для случая $c_l > c_o$). Уравнения разрезов $\operatorname{Im}\eta^* = 0$, уравнения продолжений разрезов $\operatorname{Re}\eta^* = 0$. На рис. 2 указаны также знаки $\operatorname{Re}\eta^*$ для верхнего листа ($\operatorname{Im}\eta^* > 0$).

Рис. 2. Комплексная плоскость η
Fig. 2. Complex plane η



Разделяя действительную и мнимую части в уравнении (7), получим

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}\eta^* &= \frac{\rho_1(\tau \sin 2\sigma - \sigma sh 2\tau)}{2(\sin^2 \sigma + sh^2 \tau)}, \\ \operatorname{Im}\eta^* &= \frac{-\rho_1(\sigma \sin 2\sigma + \tau sh 2\tau)}{2(\sin^2 \sigma + sh^2 \tau)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Рассмотрим расположение комплексных корней по четвертям. На верхнем листе в первой четверти $\operatorname{Im}\eta^* > 0$, $\operatorname{Re}\eta^* > 0$. Из системы (8) получим

$$\begin{cases} \tau \sin 2\sigma - \sigma sh 2\tau > 0, \\ \sigma \sin 2\sigma + \tau sh 2\tau < 0. \end{cases} \quad (9)$$

В первой четверти $\sigma > 0$, $\tau > 0$, $sh 2\tau > 0$. При этих значениях σ и τ система (9) несовместна, а следовательно, в первой четверти на верхнем листе нет комплексных корней. Аналогично рассмотрев три другие четверти, приходим к тому же выводу. Таким образом, ни в одной из четвертей верхнего листа нет комплексных корней.

Для нижнего листа в первой четверти $\text{Im}\eta^* < 0$, $\text{Re}\eta^* < 0$. Имеем систему

$$\begin{cases} \sigma \sin 2\sigma > -\tau sh 2\tau, \\ \tau \sin 2\sigma < \sigma sh 2\tau. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) имеет решения, следовательно, на нижнем листе в первой четверти есть комплексные корни. Аналогичная ситуация получается и для остальных четвертей.

Таким образом, все комплексные корни уравнения (7), а следовательно, и уравнения (6) расположены на нижнем листе; на этом листе $\text{Im}b < 0$. При решении задачи с точечным источником звука в волноводе эти корни будут задеты при вычислении поля боковой волны, которое определяется интегралом по берегам разреза, при деформировании контура интегрирования для вычисления интеграла асимптотическими методами. Итак, все комплексные корни соответствуют «квазиподам», дающим нарастающее, но ограниченное поле при удалении от границы раздела.

Численные результаты представлены графиками частотных зависимостей (дисперсионными кривыми) действительной и мнимой составляющих безразмерного волнового числа для волновода с твердым дном – рис. 3. Действительная часть волнового числа изображена сплошной линией, а мнимая – штриховой; номера мод обозначены цифрами. Отношение плотности грунта к плотности жидкости равно 1,6.

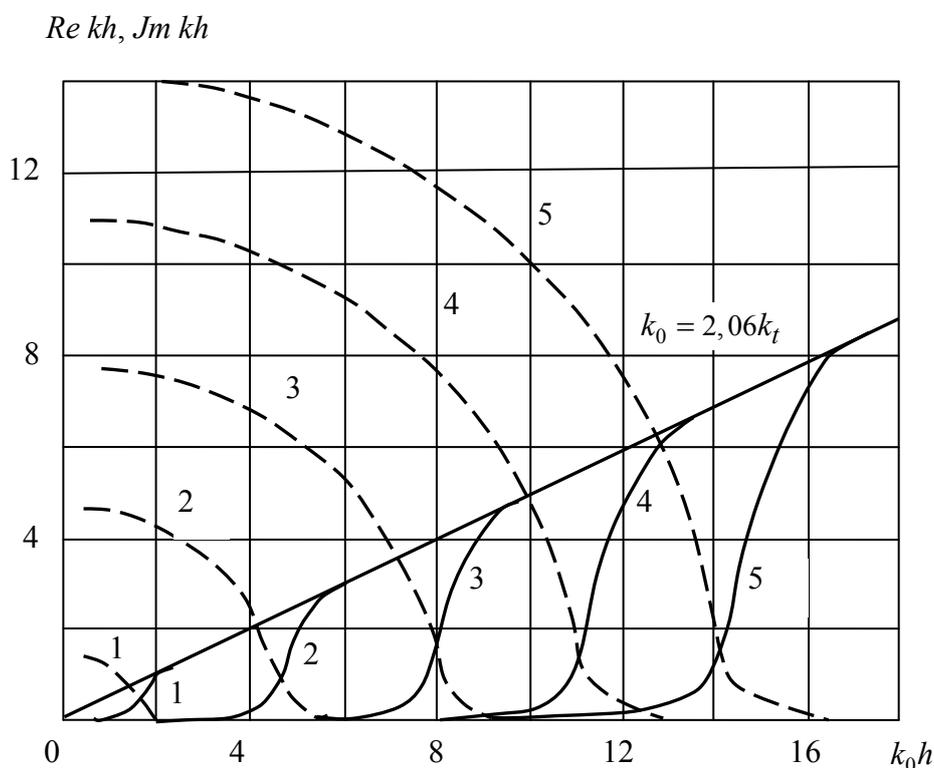


Рис. 3. Дисперсионные кривые безразмерного волнового числа для однородного волновода с твердым дном ($c_l / c_o = 3,51$, $c_t / c_o = 2,06$)

Fig. 3. The dispersion curves of the dimensionless wave number for homogeneous waveguide with a solid bottom ($c_l / c_o = 3,51$, $c_t / c_o = 2,06$)

В заключение отметим, что последние достижения в акустике слоистых сред с учетом обобщенных волн изложены в монографиях [5, 6].

Список литературы

1. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. – М.: Наука, 1973. – 344 с.
2. Завадский В.Ю. Вычисление волновых полей в открытых областях и волноводах. – М.: Наука, 1972. – 558 с.
3. Новожилов В.В. Теория упругости. – Л.: Судпромгиз, 1958. – 370 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Теория упругости. – М.: Наука, 1965. – Т. 7. – 203 с.
5. Касаткин Б.А., Злобина Н.В. Некорректные задачи и обобщенные волны в акустике слоистых сред. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 406 с.
6. Касаткин Б.А., Злобина Н.В. Корректная постановка граничных задач в акустике слоистых сред. – М.: Наука, 2009. – 496 с.

Сведения об авторах: Балабаев Сергей Михайлович,
доктор физико-математических наук, профессор;
Ивина Наталья Федоровна, доктор технических наук, доцент.

УДК 639.2.081.117

В.В. Кудакаев, В.И. ГабрюкДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**БАЗА ДАННЫХ РАСПОРНЫХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСКРЫТИЯ УСТЬЯ ТРАЛОВ**

Современные траловые системы являются сложным инженерным сооружением. Для их эффективного проектирования и моделирования нужно учитывать накопленную информацию о промысловых объектах и элементах траловой системы. Эту информацию необходимо собирать и структурировать в единые базы данных, чтобы потом на основе этих баз была возможность создавать компьютерные программы проектирования и моделирования траловых систем. В качестве примера представлена база данных распорных устройств горизонтального раскрытия тралов, которая может использоваться как в учебных целях при выполнении курсовых и дипломных работ, так и в промышленности при моделировании тралов с помощью программ расчета траловых систем.

Ключевые слова: база данных, траловые доски, MS Access.

V.V. Kudakaev, V.I. Gabruk**DATABASE: OTTER DEVICES FOR HORIZONTAL MOUTH
OPENING OF THE TRAWL**

Modern trawl systems are complicated engineering structures. For trawl design and modeling, we need to take into account the accumulated information about fishing objects and all units of the trawl. This information should be structured and collected into the common database, and later used in the trawl system design and modeling software. In this work presented a database: Otter devices for horizontal mouth opening of the trawl. This database could be used by fishing industry to develop a trawl designing software and for educational purposes.

Key words: database, trawl, MS Access.

Введение

Конструкция рыболовного трала оказывает наибольшее влияние на эффективность его работы. Она должна подходить к облову того или иного вида гидробионтов в зависимости от характера их поведения и распределения в толще воды. Если промысловые характеристики тралов, отражающие степень приспособленности к облову объекта промысла, такие как уловистость, довольно сложно определить, то технические характеристики (прочность, геометрия и т.д.) могут быть довольно точно рассчитаны путем компьютерного моделирования. Поэтому при моделировании траловых систем необходимо принимать во внимание накопленные известные особенности поведения и распределения промысловых гидробионтов в зоне действия трала, а также технические характеристики всех элементов орудия лова, сведенные в базы данных. Такие базы данных позволят учитывать и накапливать известные особенности объектов промысла и элементов траловой системы при проектировании и моделировании новых высокоэффективных в эксплуатации тралов. Таким образом, можно выделить два направления создания баз данных, необходимых для создания высокоэффективных тралов:

- поведенческих характеристик объектов промысла (гидробионтов);
- технических характеристик элементов тралов.

Объекты и методы исследования

Подобные базы данных и методика создания баз данных описаны в [1-3], но они являлись частью программного комплекса или программ для ЭВМ, что не давало возможным делать выборки из них необходимых данных для расчетов. Поэтому на кафедре «Промышленное рыболовство» ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз» разрабатываются серии баз данных по описанию технических характеристик элементов тралов. Одна из этих баз «DB-Doors» представлена в данной статье. Эта база создана с использованием СУБД MS Access 2013, что позволяет при помощи запросов делать выборку необходимых данных используемых на промысле распорных устройств.

База данных распорных устройств «DB-Doors» состоит из 5 таблиц, из них 3 основных таблицы и 2 таблицы, связывающие данные основных таблиц в соответствии с их идентификаторами (ключевыми полями). Схема этой базы данных представлена на рис. 1.

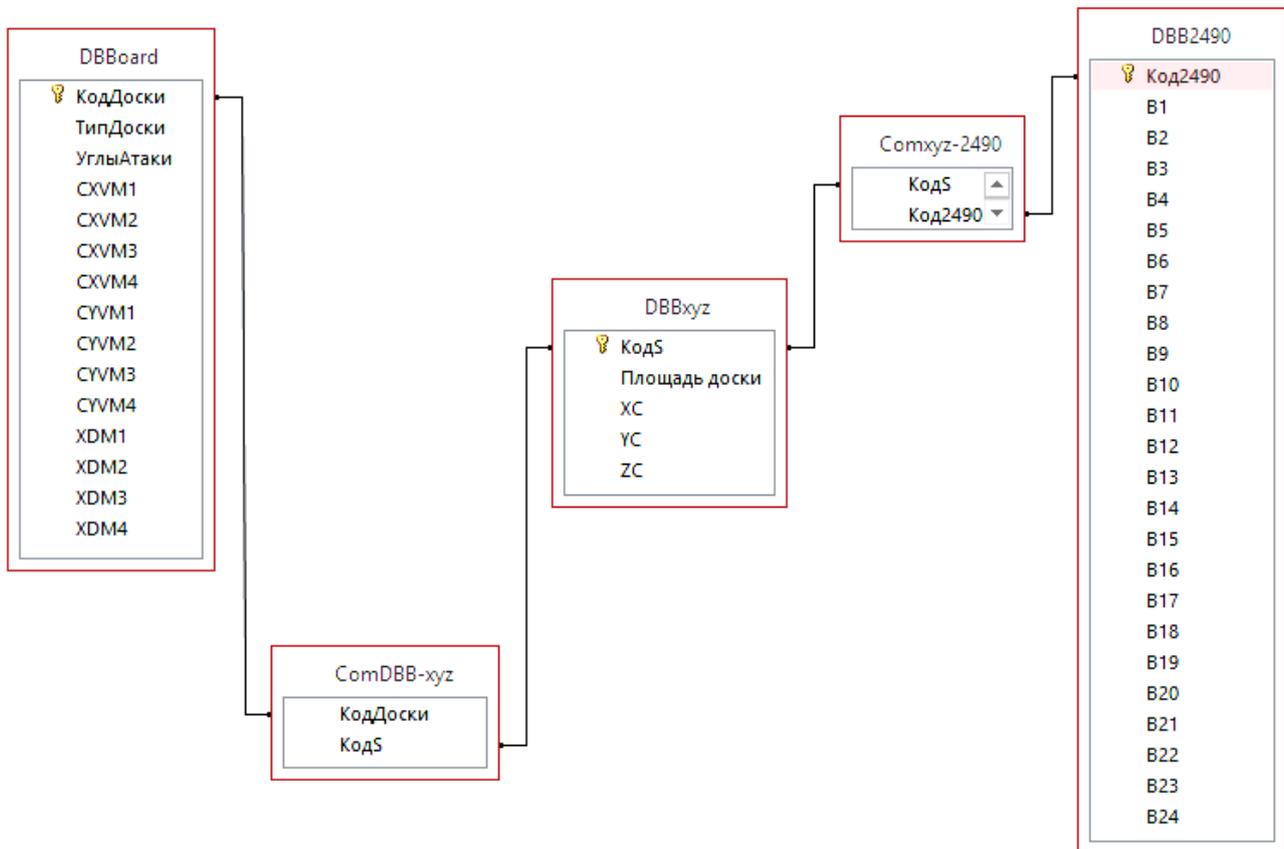


Рис. 1. Схема базы данных «DB-Doors»

Fig. 1. The database schema «DB-Doors»

К основным таблицам относятся таблицы DBBoard, DBBxyz, DBB2490.

Таблица DBBoard содержит названия траловых досок, значения гидродинамических коэффициентов силы сопротивления (CXV**), подъемной силы (CYV**) и относительную абсциссу центра давления (XD**) на углах атаки 15° (**M1), 20° (**M2), 25° (**M3), 30° (**M4), рис. 2.

Таблица DBBxyz содержит координаты центра масс досок для досок различных размеров от площади в плане (рис. 3).

КодДоск	ТипДоски	УглыАтаки	CXVM1	XDM3	XDM4
1	Круглая сферическая	15-30	0,3	0,072	0,08
2	Овал.цил.без крылко	15-25	0,31	0,06	0,06
3	Прям.цил.с крылками		0,28	0,12	0,06
4	ГРУ	15-30	0	-0,53	-0,21

Рис. 2. Таблица DBBoard

Fig. 2. Table DBBoard

КодS	Площадь дс	XC	YC	ZC
1	6	0,015	0,115	0,486
2	4,2	0,06	0,093	0,409
3	4,5	0,06	0,05	0,41
4	5	0,06	0,074	0,43
5	6	0,054	0,056	0,49
6	7	0,056	0,098	0,55
7	8	0,067	0,082	0,586
8	9	0,63	0,118	0,59
9	7,3	0	0,23	0,459

Рис. 3. Таблица DBBxyz

Fig. 3. Table DBBxyz

Таблица DBB2490 (рис. 4) содержит основные характеристики прямоугольных цилиндрических досок конструкции П.П. Аугулиса проекта 2490 с площадями 4,5; 5; 6; 7; 8; 9 м². Описание характеристик представлены в таблице.

Код2490	B1	B2	B3	B4	B21	B22	B23	B24
1	1,5	3	0,12	0,08	0,03	0,1	1,305	1,255
2	1,56	3,2	0,15	0,09	0,05	0,1	1,405	1,355
3	1,74	3,46	0,15	0,1	0	0,12	1,515	1,505
4	1,9	3,7	0,2	0,1	0,05	0,12	1,633	1,725
5	2	4	0,2	0,11	0,03	0,12	1,775	1,785
6	2,14	4,2	0,2	0,12	0,12	1,875	1,885	0

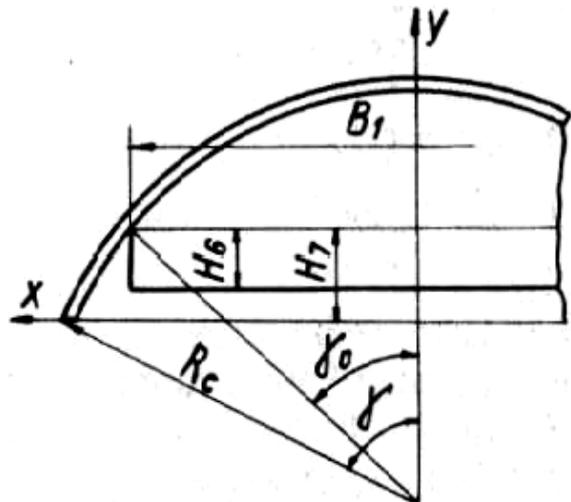
Рис. 4. Таблица DBB2490

Fig. 4. Table DBB2490

Характеристики досок Characteristics boards

V1	Хорда доски, м
V2	Высота доски, м
V3	Расстояние между двумя соседними отверстиями для крепления лапок к доске, м
V4	Расстояние между двумя соседними отверстиями для крепления дуги к доске, м
V5	Высота траловой дуги, м
V6	Расстояние от центра масс траловой дуги до ее оси вращения, м
V7	Расстояние от точки крепления ваера к планке до ее оси вращения, м
V8	Аппликата центра масс первого стрингера доски (стрингера, на который кладутся килевые пластины)
V9	Радиус сегмента цилиндра доски, м
Параметры килевой пластины, в м	
V10	- хорда
V11	- высота прямоугольника
V12	- расстояние между хордами сегмента круга и сегмента цилиндра Н7 (рис. 5)
V13	Масса одной пластины кия, кг
V14	Масса доски без кия, дуги, цепей, кг
V15	Масса цепей для крепления дуги, кг
V16	Масса траловой дуги с планкой, кг
V17	Угол γ_0 (рис. 5)
V18, V19	Ордината и аппликата центра масс доски без кия, дуги, цепей
V20, V21	Абсцисса и ордината первого отверстия (считая от оси симметрии доски) для крепления дуги к доске в связанной системе координат (x, y, z)
V22	Аппликата центра давления доски, м
V23	Аппликата первого (считая сверху-вниз) верхнего отверстия для крепления верхней лапки к доске, м
V24	Аппликата первого нижнего отверстия (считая снизу-вверх) для крепления нижней лапки к доске

Рис. 5. Килевая пластина прямоугольной цилиндрической доски проекта 2490
Fig. 5. Keel plate rectangular cylindrical draft board in 2490



Таблицы, связывающие данные (рис. 6), позволяют совмещать данные основных таблиц в единое целое при помощи связей, как показано на рис. 1, и ключевых (кодовых) полей, таких как КодS (код площади), Код2490 (код доски 2490), КодДоски (код любой доски). Такой подход позволяет объединить данные траловых досок различной формы и размеров в единую базу.

КодS	Код2490
3	1
4	2
5	3
6	4
7	5
8	6

Таблица Comxyz-2490

КодДоски	КодS
1	1
1	2
3	3
3	4
3	5
3	6

Таблица ComDBB-xyz

Рис. 6. Таблицы, связывающие данные
 Fig. 6. Tables linking data

Результаты и их обсуждение

В статье представлен вариант базы данных распорных устройств горизонтального раскрытия устья тралов. Представленная база данных может легко дополняться и изменяться по необходимости и использоваться при проектировании и моделировании траловых систем.

Список литературы

1. Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве: моногр. – М.: Колос, 1995. – 544 с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.
3. Розенштейн М.М. Компьютерные технологии проектирования траловой системы [Электронный ресурс] // Издательский дом «Морская индустрия». – URL: <http://mi32.narod.ru/03-01/tral.html> (дата обращения: 14.04.2014).

Сведения об авторах: Кудакаев Василий Владимирович, кандидат технических наук;
 Габрюк Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор,
 e-mail: gabrukvi@rambler.ru.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

УДК 621.431.74-729.3

С.П. Бойко

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОТЕЧНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ САМООЧИЩАЮЩИХСЯ ФИЛЬТРОВ ТОПЛИВНЫХ И СМАЗОЧНЫХ СИСТЕМ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Приводится методика расчета процесса регенерации обратным потоком промывной жидкости самоочищающихся фильтров (СОФ) топлив и масла. Рассмотрено гидродинамическое воздействие на отложившуюся в капилляре (поре) фильтровального материала частицу загрязнений. Выведено условие отрыва ее от ложи поры за счет подъемной силы, вызываемой потоком промывной жидкости. Проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных по коэффициенту регенерации СОФ при разных значениях гидродинамических, адгезионных и седиментационных компонентов процесса.

Ключевые слова: самоочищающийся фильтр, регенерация фильтра, очистка топлива и масла, фильтрование, промывка фильтрующих элементов.

S.P. Boyko

CALKULATION OF EFFICIENCY OF REGENERATION OF SELF-CLEANING FILTER USED IN FUEL AND LUBRICANT SYSTEMS OF SHIP DIESEL ENGINES

Given the method of calculation of the process of regeneration with return stream washing of lavage fluid self-cleaning filter (SCF) fuel and oil. Considered hydrodynamic influence on the deposited in the capillary filter material particle contamination. Concluded the condition of the tearing it off from the boxes pores at expense of lifting force made by the stream of the washing liquid. Carried out comparison of calculation and experimental data by the coefficient of regeneration with different values hydrodynamic adhesive and sedimentation components of the process.

Key words: self-cleaning filter, regeneration of the filter, cleaning of fuel and oil, filtering, washing of the filtering elements.

В последние годы для очистки топлив и моторных масел на судах широкое распространение получили саморегенерирующиеся фильтры. Особенность функционирования их состоит в том, что фильтрующие элементы (ФЭ) этих очистителей длительно сохраняют свои рабочие характеристики за счет удаления накапливающихся в них загрязнений потоком промывной жидкости. В качестве промывной среды используется фильтруемое топливо или масло.

Для повышения эффективности процесса регенерации самоочищающихся фильтров (СОФ) обратным потоком фильтруемой жидкости необходимо увеличивать его скорость. Целью данной статьи является расчет величины скорости промывного потока СОФ, которая обеспечит требуемое качество регенерации. Коэффициент эффективности противотечной регенерации СОФ должен быть таковым, чтобы обеспечивалась длительная работа очистителя в течение 2–4 тыс. ч без его вскрытия для проведения химической очистки ФЭ.

Попытка идентифицировать процесс регенерации, рассмотрев силы, действующие на отфильтрованную частицу, в том числе вызываемые промывным потоком, представлена в исследованиях [1, 2]. Стохастическая модель регенерации СОФ, которая описана в отчете по НИР [1], довольно сложна. Реализация ее в расчетах эффективности промывки фильтра и дает завышенные значения коэффициента регенерации ϕ_{pg} , особенно при рассмотрении удаления мелкодисперсной фазы загрязнений. В статье сделана попытка уточнения модели регенерации с использованием детерминированного подхода и представлений, приведенных в работах [1, 2].

Для расчета вероятности удаления отложившейся частицы загрязнений путем отрыва ее промывным потоком от ложи поры составляли баланс действующих на нее сил и моментов. Вследствие сложности учета связи дисперсной фазы с поверхностью капилляра (поры), а также учета влияющих на частицу и зависящих от ее формы лобовой и подъемной сил рассматриваются F_i в момент отрыва.

Удаление дисперсной фазы из капилляра имеет вероятностную природу. Особенно сложно учесть повторные осаждения на поверхность капилляра взвешенной, оторвавшейся от ложа поры частицы. Частица может сдвинуться параллельно продольной оси, оторваться от ложа и перейти во взвешенное состояние, повернуться вокруг точки контакта (рис. 1).

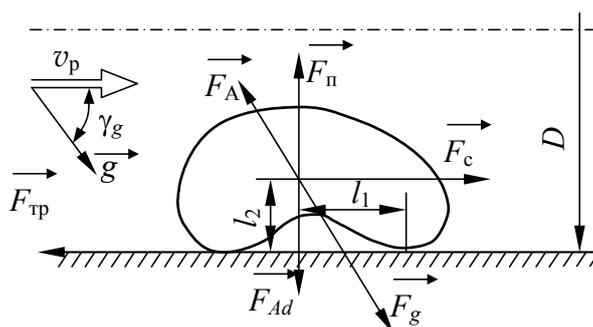


Рис. 1. Схема действия сил на смываемую частицу отложений в СОФ
 Fig. 1. Chart of action of forces on the washed off particle of sedimentations in SCF

Условия предельного равновесия частицы в момент отрыва представляют собой равенства

$$\left. \begin{aligned} F_c + F_{gA} \cos \gamma_g - f_{тр} (F_{gA} \sin \gamma_g + F_{Ad} - F_{п}) &\geq 0; \\ F_{Ad} + F_{gA} \sin \gamma_g - F_{п} &\geq 0; \\ (F_{п} - F_{gA} \sin \gamma_g) l_1 + (F_c + F_{gA} \cos \gamma_g) l_2 &\geq 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где F_g – сила тяжести; F_A – сила Архимеда; F_{Ad} – сила адгезии; $F_{п}$ – подъемная сила; F_c – сила Стокса; $F_{тр}$ – сила трения частицы о ложе поры; v_p – скорость промывного потока; D – диаметр поры; l_1, l_2 – координаты центра тяжести частицы; γ_g – угол между направлением промывного потока и земным притяжением.

Первое уравнение в системе (1) представляет проекцию всех действующих на частицу сил на ось капилляра. Второе – перпендикулярно потоку. Третье уравнение определяет условия удаления частицы из капилляра за счет перекатывания. При этом опрокидывающие частицу моменты приведены относительно точек опоры.

Расшифровка F_i приведена в работе [2]. Сила сопротивления F_c и подъемная F_{Π} найдены из условия параболического распределения скоростей по сечению канала. Решение системы уравнений (1) позволяет определить среднюю скорость потока в капилляре, которая переводит рассматриваемую частицу за счет действия подъемной силы во взвешенное состояние, что соответствует условию ее удаления при промывке капилляра.

Скорость промывного потока, при которой возникает наибольшая вероятность удаления частицы с отрывом и без отрыва от гладкой ложи, т.е. переводом во взвешенное состояние или скольжением (качением), выражается через критерий Рейнольдса

$$\text{Re}_p \geq \frac{f_{\text{тр}}}{1 + \beta_{\Pi} f_{\text{тр}}} \left[\frac{\rho_{\text{эф}} g d^2 \sin \gamma_g}{18 \mu_m} + \frac{Q_{\Gamma}}{72 \delta_d^2 \left(1 + \frac{2\pi \delta_d}{\lambda_m} \right) \mu_m d} \right] \frac{D^2 \rho_m}{2 \mu_m \left(2 - \frac{d}{D} \right) d}, \quad (2)$$

где Re_p – критерий Рейнольдса для потока в капилляре, при котором частица из него удаляется; β_{Π} – характеристика подъемной силы в долях F_c ; $f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения; δ_d – толщина сольватной оболочки частицы; λ_m – физическая константа масла при расчете коэффициента адгезии [2]; Q_{Γ} – постоянная Гаммакера; d – диаметр частиц загрязнений; D – диаметр поры фильтровального материала (ФМ); $\rho_{\text{эф}}$ – эффективная плотность частицы; ρ_m – плотность масла; μ_m – вязкость масла.

При воздействии промывного потока на частицу возникает подъемная сила F_{Π} . Под действием этой силы частица взвешивается и удаляется. Эффективное гидродинамическое воздействие на частицу, приводящее к ее удалению, при оценке F_{Π} определяли посредством критерия Re_p по формуле

$$\text{Re}_p \geq \frac{D^2 \rho_m}{4 \mu_m d^2} \left(\frac{\rho_{\text{эф}} g d^2 \sin \gamma_g + \frac{Q_{\Gamma}}{4\pi \delta_d^2 \left(1 + \frac{2\pi \delta_d}{\lambda_m} \right)}}{\rho_m \left(1 - \frac{d}{D} \right) \left(2 - \frac{d}{D} \right)} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

При фильтровании в капилляре скапливается множество частиц. Удаление их противотоком с вероятностью 95 % возможно, если длительность промывки составляет $\tau_p \geq \left(\frac{\text{Re}_{\Phi}}{\text{Re}_p} \right)^{3,31} c_{\Phi} \tau_{\Phi}$.

Параметр τ_p зависит от массы и степени уплотнения дисперсной фазы в поровом пространстве, определяемых через характеристики цикла фильтрования: Re_{Φ} – критерий Рейнольдса при фильтровании; Re_p – критерий Рейнольдса при регенерации; τ_{Φ} – продолжительность фильтрования; φ_{Φ} – коэффициент отсева загрязнений фильтром; c – концентрация нерастворимых примесей в суспензии (топливе, масле).

При искусственной турбулизации промывного потока вероятность отрыва частиц по (3) хорошо согласуется с выраженным через массообмен в поре коэффициентом регенерации.

Последний может определяться с помощью средней скорости радиальных турбулентных пульсаций промывного потока \bar{v}_r на входе в ФЭ через интеграл вероятности erfх [3].

$$\varphi_{pg} = \operatorname{erf} \left[\frac{2\rho_m^2 St_{dp}^2 \bar{v}_r^2}{3(St_{dp}^2 + 1)\rho_{эф} Dg} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где St_{dp} – критерий Стокса [2] при обтекании промывным потоком частицы загрязнений, находящейся в русле поры ФМ; \bar{v}_r – скорость турбулентных пульсаций, создаваемых искусственно для интенсификации регенерации СОФ.

Проверку адекватности полученных на основе выражений (2)-(4) зависимостей для расчета «весового» коэффициента регенерации осуществляли на безмоторном стенде в лаборатории химмотологии МГУ им. адм. Г.И. Невельского. Коэффициент φ_{pg} определяли взвешиванием загрязненной фильтровальной сетки до и после действия на ее отложения стандартного (обратного) промывного потока.

Условия и методика испытаний описаны в работе [1]. В качестве загрязнителя использовалась кварцевая пыль с удельной поверхностью 1,05 м²/г. Адгезионную составляющую частиц кварца к ложе пор усиливали, создавая на загрязнителе сольватную оболочку за счет использования отложений отработанного масла и специальных поверхностно-активных веществ [1].

В качестве ФМ использовались тканые сетки полотняного переплетения. Номинальная тонкость отсева их составляла 20–50 мкм. Испытываемые образцы представляли собой круги диаметром 30 мм. В качестве опоры фильтровального материала, чтобы исключить его продавливание, использовались сетки «грубого» плетения. Параметр промывки v_p превышал скорость фильтровального потока в 4–30 раз. Фильтрацию и промывку осуществляли с использованием моторного масла вязкостью 30–40 сСт на рабочем режиме. С этой целью его подогревали до температуры 60–70 °С. В качестве фильтровальной среды использовали масло М-10, загрязненное кварцевой пылью концентрацией 0,2 %.

На рис. 2 показана зависимость коэффициента регенерации СОФ от среднего размера m_d частиц загрязнений, отложившихся на ФС. Сходимость расчетов по модели (4) с экспериментальными данными хорошая. В области крупных частиц ($m_d/\Delta_{0,95} > 0,4$) расчетные данные находятся в доверительных границах экспериментальных результатов, определенных с вероятностью 0,95. Упрощенный подход к расчету φ_{pg} по модели, приведенной в работе [1], дает худшую сходимость, особенно для мелкодисперсных загрязнений ($m_d/\Delta_{0,95} < 0,4$). Для крупных частиц расхождения по предложенной зависимости и модели [1] незначительны. При этом расчетная зависимость $\varphi_{pg}(m_d/\Delta_{0,95})$ по выражению (4) имеет меньшие отклонения от экспериментальных данных в сравнении с результатами, полученными по модели [1].

Интенсификация процесса промывки СОФ за счет увеличения скорости промывного потока показывает, что высокие значения коэффициента регенерации $\varphi_{pg} = 0,85–0,98$ возможны при скоростях промывного потока, превышающие фильтровальный в 7–10 раз (рис. 3). Увеличение v_p до 0,1 м/с при вязкостях $v_m = 30$ сСт обеспечивает эффективное функционирование СОФ со значением $\varphi_{pg} > 0,95$.

По точности идентификации процесса регенерации фильтров типа СОФ и ФМ [1, 2] наилучшую сопоставимость с экспериментальными данными дает модель (4). Во всех случаях при $Re_p/Re_\phi > 9$ расчетные зависимости по φ_{pg} (рис. 3) ниже экспериментальных, а при

низких Re_p расхождение расчетных и экспериментальных результатов в среднем составляет 20 %. При этом экспериментальные значения φ_{pg} ниже расчетных. Такое явление объясняется пренебрежением учета взаимодействия частиц в ансамбле (группе) загрязнений при их удалении. Рассматриваемый процесс идентифицирован через удаление одиночных, не взаимодействующих друг с другом частиц дисперсной фазы.

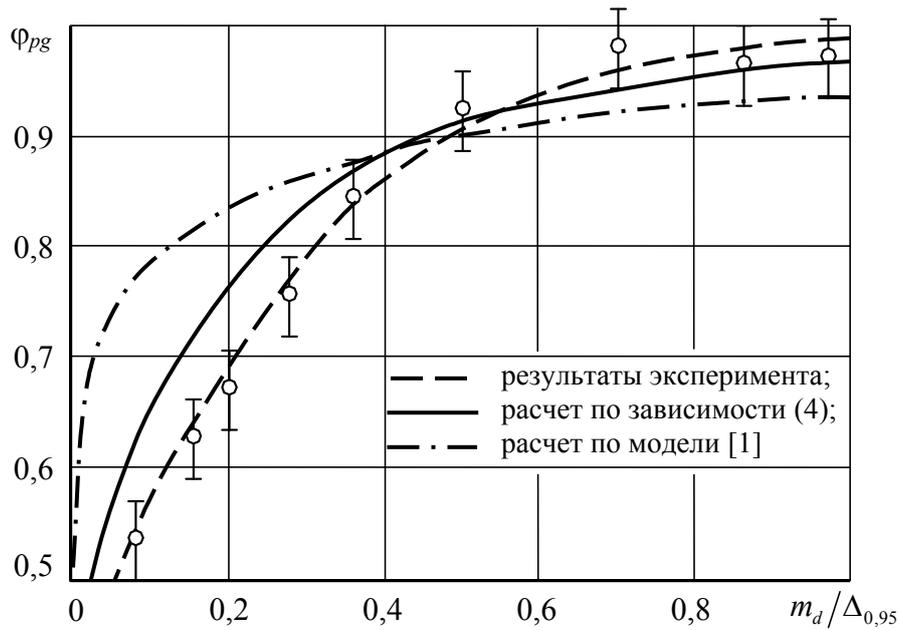


Рис. 2. Влияние размера частиц отложений на коэффициент регенерации СОФ
Fig. 2. Influence of the size of particles of deposits on coefficient of regeneration of SCF

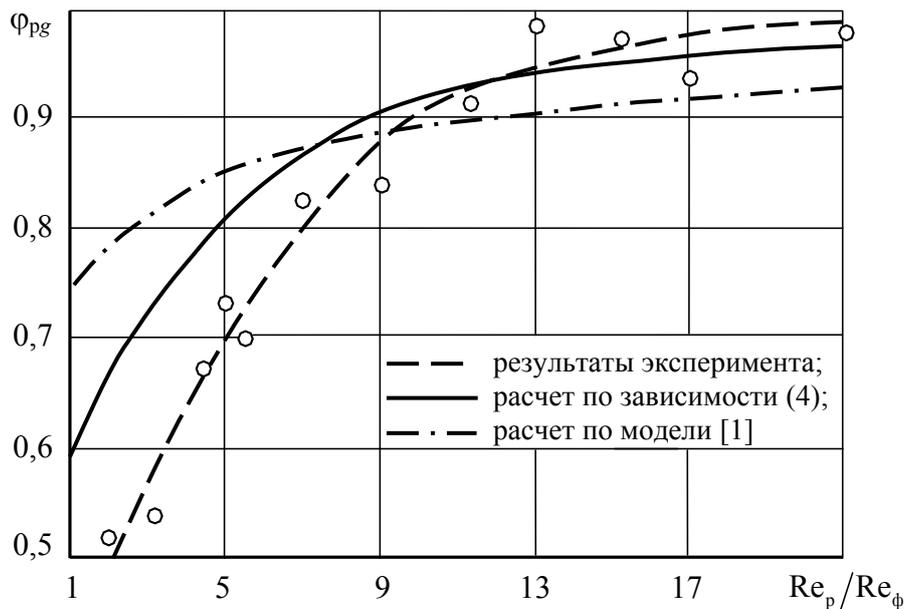


Рис. 3. Расчетные зависимости по φ_{pg} при разной интенсивности промывного потока
Fig. 3. Calculation dependences for φ_{pg} at different intensity of flow of lavage

Роль адгезионного удержания частиц ложей капилляра видно из рис. 4. Влияние адгезионной группы захвата $N_{Адп}$, идентифицируемой по методике [2], проявляется при $N_{Адп} > 10^{-2}$. Расчетные данные по φ_{pg} при оценке влияния адгезионного захвата хорошо согласуются с экспериментальными значениями этого коэффициента практически во всем диапазоне адгезионных свойств рабочей фазы загрязнений топлива и масла. Для искусственного загрязнителя расхождение теоретических зависимостей $\varphi_{pg}(N_{Адп})$ от полученных экспериментально не превышает при использовании зависимости (4) 12 %.

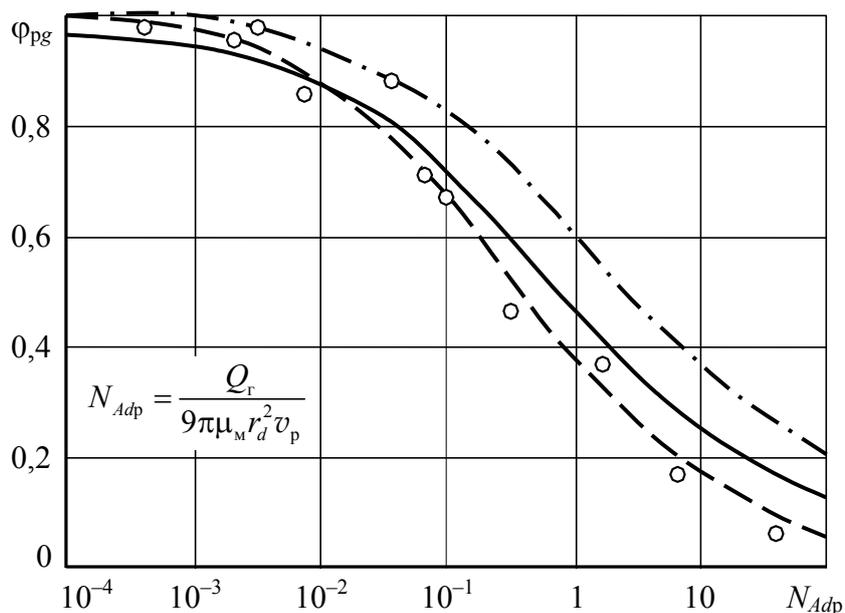


Рис. 4. Роль адгезионного удержания частиц ложей капилляра
 Fig. 4. Role of the adhesion withholding of particles of beds of capillary

Моделирование процесса противоточной регенерации СОФ на одиночных не взаимодействующих частицах загрязнений ФЭ показала допустимость использования разработанной методики для оценки эффективности данного процесса при отфильтровывании крупнодисперсного загрязнителя. При идентификации процесса регенерации СОФ, когда осуществляется фильтрация суспензии с мелкодисперсной фазой загрязнений, необходим иной подход, когда рассматривается удаление не одиночных, а взаимодействующих частиц дисперсной фазы, отложившихся в капиллярах и перешедших во взвешенное состояние под воздействием промывного потока.

Предложенная методика расчета процесса регенерации современных СОФ приемлема для судовых очистителей технических жидкостей, предназначенных для удаления крупнодисперсных загрязнителей, например, полнопоточного фильтрования моторных масел форсированных дизелей, для которых номинальная тонкость отсева $\Delta_{0,95}$ составляет 30–50 мкм. В системах смазки таких ДВС крупнодисперсных загрязнителей незначительно, поэтому процесс регенерации моделируется по предлагаемой методике с высокой точностью.

Выводы

1. Уточнены некоторые теоретические положения расчета эффективности регенерации самоочищающихся фильтров. Гидродинамическое воздействие на частицы загрязнений, вы-

зывающее разблокирование пор, взвешивание и унос дисперсной фазы из капилляра, определено по балансу массовых, гидродинамических и адгезионных сил с учетом вероятностной природы осаждения и размещения частицы в ложе, а также искусственных пульсаций промывного потока для повышения эффективности рассматриваемого процесса.

2. Получена модель процесса регенерации, позволяющая вести расчет его эффективности и периодичности химической мойки самоочищающихся фильтров в зависимости от гидродинамической интенсивности и продолжительности промывки обратным потоком, от особенностей конструкции фильтрующего элемента, блокировки пор отложениями, их адгезионной активности и уплотнения, размера пор и частиц дисперсной фазы, специфики структуры, регенерируемости фильтрующего материала и процесса фильтрования. Выявлено, что наибольшее влияние на φ_p оказывают Re_p промывного потока.

Список литературы

1. Создание самоочищающихся фильтров повышенной эффективности и автономности для систем смазки дизелей: отчет о НИР / Дальневост. высш. инж. мор, уч-ще; Руководитель Г.П. Кича. – ХДТ-2/84ДС; № ГР 01840016833; Инв. № 02900033091. – Владивосток, 1989. – 116 с.
2. Кича Г.П., Перминов Б.Н., Надежкин А.В. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – 372 с.
3. Бойко С.П. Моделирование эффективности противотечной регенерации судовых самоочищающихся фильтров топлива и масла // Молодежь – Наука – Инновации: материалы 61-й Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013. – Т. 1. – С. 38–41.

Сведения об авторе: Бойко Сергей Петрович, аспирант; e-mail: nadezkin@msun.ru.

УДК 621.1

В.В. Кирюха

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

**ИНДУКТИВНЫЕ ДАТЧИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ КОРРОЗИИ**

Рассмотрены теоретические и практические вопросы применения индуктивных преобразователей для оперативного контроля толщины слоя коррозии, предложены практические схемы построения приборов контроля.

Ключевые слова: индуктивный преобразователь, точность контроля, коррозия, датчик.

V.V. Kiryuha**INDUCTIVE SENSORS AND THEIR APPLICATION TO SOLVING
OPERATIONAL CONTROL CORROSION LAYER THICKNESS**

Theoretical and practical issues of application of inductive transducers to control the thickness of the layer of corrosion.

Key words: converter, precision, control, corrosion, wear.

Индуктивные преобразователи представляют собой катушку индуктивности, параметры которой изменяются при механическом перемещении элементов магнитопровода относительно друг друга. Полное сопротивление любой катушки индуктивности – дросселя – складывается из активного и индуктивного сопротивлений и может быть определено по формуле

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2},$$

где R – активное сопротивление; f – частота; L – индуктивность.

Индуктивные датчики относятся к классу параметрических. Если датчик имеет незамкнутый магнитопровод, то любое перемещение элементов магнитопровода вызывает изменение параметров магнитной и электрической цепей, что, в свою очередь, вызывает изменение выходной величины – электрического тока или напряжения.

На рис. 1 показан индуктивный преобразователь с изменяющейся индуктивностью, а на рис. 2 – индуктивный датчик с нагрузкой L , подключенный к питающему напряжению V .

Индуктивность катушки с обмоткой определяется по формуле

$$L = \frac{w\Phi}{I},$$

где w – число витков катушки; Φ – магнитный поток, пронизывающий катушку; I – ток, проходящий по катушке.

В свою очередь, ток, проходящий по катушке, можно выразить как

$$I = \frac{HI}{w},$$

где HI – МДС катушки.

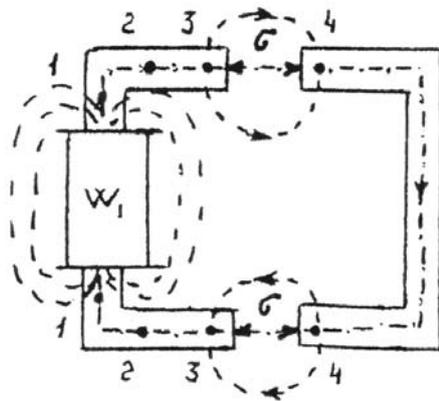


Рис. 1. Индуктивный преобразователь
Fig. 1. Inductive transducer

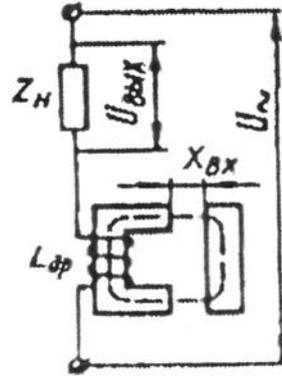


Рис. 2. Подключение индуктивного датчика
Fig. 2. Connection of the inductive sensor

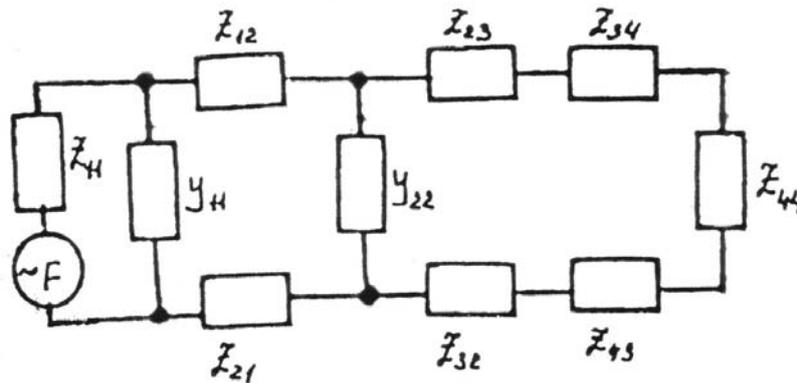


Рис. 3. Схема замещения
Fig. 3. Equivalent network

Тогда
$$L = w \frac{2}{R_m},$$

где R_m – магнитное сопротивление преобразователя.

Полное магнитное сопротивление преобразователя складывается из магнитного сопротивления ферромагнитного участка и магнитного сопротивления зазоров.

Магнитное сопротивление ферромагнитного участка может быть определено как

$$R_\delta = \frac{l_\delta}{\mu_\delta \cdot \mu_i \cdot S_\delta},$$

где l_δ – длина средней силовой линии, проходящей по ферромагнитным участкам; μ_δ – относительная магнитная проницаемость ферромагнитного материала сердечника; $\mu_i = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная; S_δ – поперечное сечение ферромагнитных участков.

Магнитное сопротивление воздушных зазоров может быть определено как

$$R_{\zeta} = \frac{2\delta}{\mu_i S_{\zeta}},$$

где δ – толщина воздушного зазора; S_{ζ} – поперечное сечение воздушного зазора.

При $S_{\delta} = S_{\zeta} = S$ и с учетом того, что магнитное сопротивление ферромагнитного участка много меньше магнитного сопротивления воздушного зазора, индуктивность преобразователя может быть определена по формуле

$$L = \frac{\mu_i S \cdot w^2}{2\delta}.$$

Тогда для схемы, показанной на рис. 2 среднее значение тока в рабочей цепи преобразователя может быть определено по формуле

$$I = V / \sqrt{R^2 + X_L^2} = V / \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}.$$

Учитывая, что на практике для индуктивных преобразователей выполняется условие $R \ll X_L$, получаем:

$$V_{\dot{a}i\delta} = \frac{VR_i}{\sqrt{R^2 + (\omega\mu_o S \cdot w^2 / \delta)^2}} = \frac{VR_i \delta}{\omega\mu_o Sw^2} = K\delta,$$

где $K = VR_i / (\omega\mu_o Sw^2)$ – коэффициент преобразования.

Коэффициент преобразования – величина постоянная, поэтому статическая характеристика $V_{\dot{a}i\delta} = f(\delta)$ должна представлять собой прямую, проходящую через начало координат под углом $\alpha = ar\ ctg\ K$ к оси абсцисс. Реальные характеристики отличаются от идеальной. Это объясняется тем, что при малых значениях δ допущение, что $r_m \ll r_{\delta}$ становится неверным, так как магнитное сопротивление ферромагнитного участка магнитной цепи становится неизмеримым с магнитным сопротивлением воздушного зазора, а при больших значениях зазора падает индуктивность обмотки L и реактивное сопротивление X_L становится соизмеримым с активным сопротивлением магнитной цепи, т.е. $R \cong X_L$. Эти несоблюдения принятых в начале рассмотрения допущений и приводят к искажению статической характеристики.

Однако приведенные расхождения показывают, что имеется однозначная, близкая к линейной, зависимость выходных параметров индуктивного преобразователя от величины зазора в магнитопроводе.

Если индуктивный преобразователь изготовить без собственного якоря, а в качестве якоря использовать внешнюю ферромагнитную поверхность, то выходные параметры такого преобразователя будут изменяться в зависимости от расстояния (зазора) между измерительным преобразователем и внешней ферромагнитной поверхностью. Причем зазор может быть заполнен любым веществом с магнитной проницаемостью, отличной от магнитной проницаемости ферромагнитного вещества магнитопровода.

Магнитная проницаемость окислов железа (ржавчины) отличается от магнитной проницаемости железа. Поэтому датчики индуктивного типа можно использовать для контроля толщины слоя коррозии. Часто слой коррозии возникает под лакокрасочными покрытиями или имеются отдельные участки, покрытые ржавчиной и с нанесенными слоями краски. В таком случае датчик будет определять расстояние между непосредственно датчиком и ферромагнитным материалом.

Все ферромагнитные материалы в той или иной степени подвержены коррозии. Особенно сильно подвергаются коррозии металлические конструкции, работающие на открытом воздухе или в условиях агрессивней среды (опоры линий электропередач, корпус судна и т.д.). Коррозивные повреждения могут носить неравномерный характер. Это связано с тем, что на отдельных частях поверхности конструкций может быть нарушен защитный слой краски или отдельные части больше подвержены воздействию влаги. Контроль толщины слоя коррозии определяется эксплуатационными требованиями к таким сооружениям. Наиболее часто требуется контроль на достаточно громоздких и объемных сооружениях. Это опоры линий электропередач, металлические поверхности воздухо- и дымоотводных труб, листовые металлические поверхности крыш складов и пакгаузов, поверхности судовых конструкций. Зачастую часть таких конструкций находится в труднодоступных местах, что затрудняет проведение контрольных измерений. Для контроля толщины слоя коррозии в этих случаях необходимы приборы, удобные для обслуживания и позволяющие проводить замеры в условиях повышенного риска (большая высота, подводные замеры и т.д.) с достаточно высокой степенью точности. Необходимая точность таких измерений составляет 0,5-1,0 мм. Это объясняется тем, что толщина слоя коррозии может варьировать на вышеназванных сооружениях от долей до десятков миллиметров и допустимая погрешность оперативного контроля для оценки эксплуатационной надежности составляет 10-15 %.

Теоретически расчет электромагнитного преобразователя заключается в определении его электрических и магнитных параметров. Для преобразователя, показанного на рис. 1, может быть применена схема замещения, показанная на рис. 3. Преобразователь состоит из магнитопровода с зазором, в котором находится вещество с магнитными свойствами, отличными от свойств основного магнитопровода и катушки, расположенной на этом магнитопроводе. Полное сопротивление обмотки при питании ее переменным током можно записать в виде

$$L = R_0 + j\omega \frac{w^2}{L_m + R_\Delta} = R_0 + j\omega \cdot \frac{w^2 (R_m + R_\Delta)}{(R_m + R_\Delta)^2 + X_m^2} + \frac{w_\omega^2 X_m}{(R_m + R_\Delta)^2 + X_m^2} = R_{y\acute{e}a} + j\omega L$$

$$L_m = R_m + jX_m,$$

где w – число витков обмотки; R_0 – сопротивление обмотки постоянному току; L_m – магнитное сопротивление магнитопровода; $R_\Delta = \frac{2\delta}{\mu_i S}$ – магнитное сопротивление зазора; δ , S – толщина и площадь зазора.

Расчет магнитной цепи преобразователя с учетом сопротивления утечек производится на основе эквивалентной схемы замещения магнитной цепи. Для упрощения расчетов можно считать сосредоточенными параметрами комплексные магнитные сопротивления отдельных участков магнитопровода ($L_1 - L_4$), магнитные сопротивления воздушных зазоров R_Δ и проводимости путей утечек (J_{11} , J_{22}).

Расчет магнитных сопротивлений основных участков магнитопровода должен основываться на учете изменения значения индукции в материале и от степени проявления поверхностного эффекта. Поверхностный эффект необходимо учитывать при применении магнитопровода из сплошного материала и достаточно высокой частоте питающего напряжения. В расчетах поверхностный эффект учитывается при толщине листа или сплошного магнитопровода более чем $2L_{0,05}$, где $L_{0,05}$ – глубина проникновения электромагнитной волны в материал. Глубина проникновения для стали на частоте 50 Гц составляет 1-2 мм.

В условиях переменного магнитного поля при отсутствии или слабом проявлении поверхностного эффекта активная R_m и реактивная X_m составляющие магнитного сопротивления каждого участка рассчитываются по формулам

$$R_m = l / \mu S, \quad X_m = P_{\text{нб}} / \omega \hat{O}^2,$$

где Φ – действующий магнитный поток; $P_{\text{нб}}$ – мощность потерь на гистерезис и вихревые токи.

Значение мощности потерь для различных материалов магнитопровода учитывалось по ГОСТ 21427.0-75 и ГОСТ 21427.3-75. При сильном поверхностном эффекте магнитные сопротивления определяются не площадями S , а периметрами сечений ферромагнитных участков исследуемого магнитопровода V :

$$R_m = pl / V, \quad X_m = \chi l / V,$$

где p, χ – удельные поверхностные сопротивления, зависящие от свойств материала, частоты и линейной плотности магнитного потока.

На рис. 4 приведены характеристики p и χ для мягкой стали. Характеристики даны для частоты 50 Гц, однако их можно пересчитать на другую частоту по формулам

$$P_f = P_{50} \sqrt{f/50}, \quad \chi_f = \chi_{50} \sqrt{f/50}, \quad (\hat{O}/V)_f = (\hat{O}/V)_{50} \cdot \sqrt{50/f},$$

где $P_{50} : \chi_{50} : (\hat{O}/V)_{50}$ – параметр на частоте 50 Гц; $P_f : \chi_f : (\hat{O}/V)_f$ – параметр на искомой частоте.

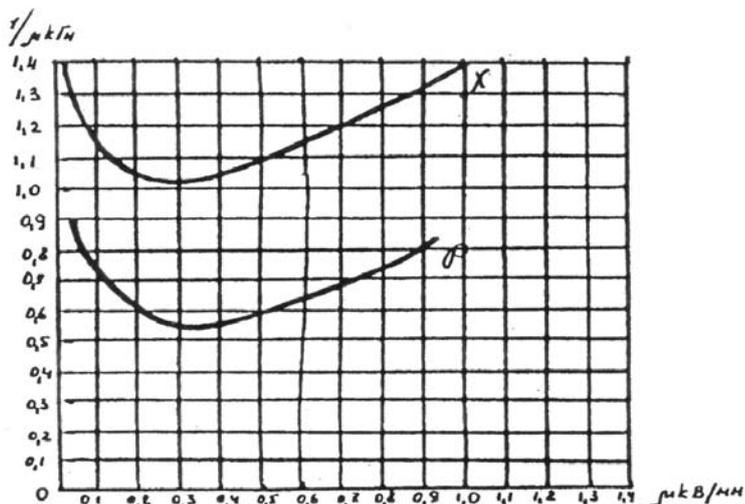


Рис. 4. Характеристики p и χ
 Fig. 4. Characteristic p and χ

При расчете магнитных сопротивлений зазоров и путей утечек через воздух необходимо учитывать, что невозможно добиться абсолютного прилегания датчика к контролируемой поверхности, поэтому будут иметься воздушные зазоры, которые будут влиять на распределение магнитной индукции в зазоре и на величину утечек с боковых поверхностей и ребер полюсов. При этом значение магнитного потока, идущего мимо рабочего зазора, будет тем больше, чем больше отношение толщины зазора к площади рабочей поверхности датчика. Поэтому равномерность индукции в зазоре достигается при использовании датчиков с сердечниками, геометрические размеры, плоскости контакта которых значительно превышают величину зазоров.

Электрическое сопротивление преобразователя с некоторыми допущениями, что все сопротивления утечек включены параллельно зазору, может быть выражено формулой

$$L = R_0 + j \frac{\omega w^2}{R_m + jX_m + P_\Delta \parallel R_{\delta\delta}} = R_0 + j \frac{\omega w^2}{R_m jX_m + \frac{\sigma}{\mu S} \parallel R_{\delta\delta}} =$$

$$= \frac{\omega w^2 X_m}{R_0 + \sqrt{(R_m + R_\Delta \parallel R_{\delta\delta})^2 + X_m^2}} + j \frac{\omega w^2 \left(R_m + \frac{\sigma}{\mu S} \parallel R_{\delta\delta} \right)}{\sqrt{(R_m + R_\Delta \parallel R_{\delta\delta})^2 + X_m^2}}.$$

Из этой формулы видно, что L связано с параметром зазора δ зависимостью, близкой к гиперболической. Данная зависимость показана на рис. 5.

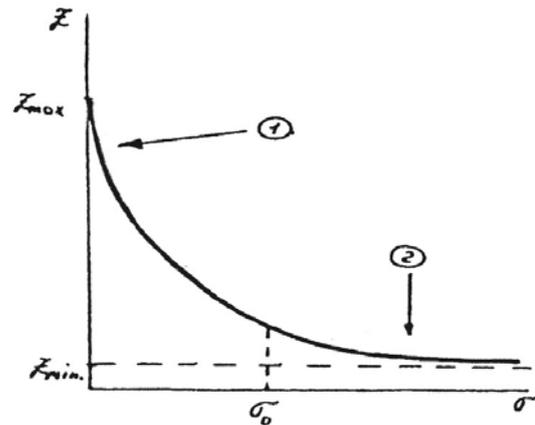


Рис. 5. Зависимость $Z = f(\sigma)$

Fig. 5. Relation $Z = f(\sigma)$

Для успешной работы датчика желательно иметь участок линейной зависимости. Он может быть выбран либо в верхней, либо в нижней части зависимости. Использование в качестве рабочего участка верхней части зависимости (участок 1) дает высокую чувствительность измерителя. Этот участок можно использовать для контроля толщин в пределах 0,001-0,1 мм. При необходимости контроля толщин 1,0-10,0 мм целесообразно использовать нижний участок зависимости (участок 2).

Автором разработан и успешно применяется прибор для оперативного контроля толщины слоя коррозии с датчиком индуктивного типа, построенного на основе вышеизложенных соображений. Применен датчик на основе броневое сердечника с катушкой, содержащей около 4000 витков. При работе на верхнем участке характеристики имеется изменение со-

противления 5-10 Ом на 1 мкм, при работе на нижнем участке характеристики – 0,1-0,3 Ом на 1 мкм. Такое изменение легко фиксируется приборами. Для увеличения точности контроля применена мостовая схема измерения. В одно плечо измерительного моста включен датчик, а в другое – компенсатор, который представляет собой копию датчика с нулевым или фиксированным зазором. Блок-схема прибора для оперативного контроля толщины слоя коррозии показана на рис. 6.

Применение приборов такого типа позволяет оперативно и с приемлемой точностью проводить контроль больших поверхностей, в том числе в труднодоступных местах.

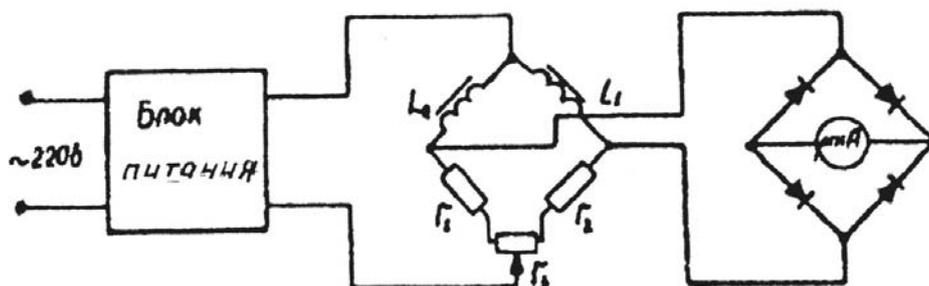


Рис. 6. Блок-схема прибора
Fig. 6. Block diagram of the device

Список литературы

1. Кирюха В.В. Измерительные преобразователи в системах автоматики. Теория, устройство, применение. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. – 216 с.
2. Кирюха В.В., Соломанюк Л.С. Задача оперативного контроля толщины слоя коррозии и способы ее технического решения // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2001. – Вып. 14.

Сведения об авторе: Кирюха Владимир Витальевич, доцент.

УДК 519.634

Ю.А. Корнейчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ

Затрагиваются вопросы технического обеспечения научных исследований и обучения в университетах. Огромные возможности компьютерных технологий недостаточно освоены. Представлен опыт использования компьютеров в лабораторных работах и научных исследованиях. Основное внимание уделяется визуализации физических полей.

Ключевые слова: персональный компьютер, визуализация, сигнал, физическое поле.

Y.A. Korneychuk

VISUALIZATION OF SIGNALS OF PHYSICAL FIELDS ON THE PERSONAL COMPUTER

The article mentions questions of technical maintenance of university scientific researches and training. Huge opportunities of computer technologies are poorly used. The results of computer experience in laboratory works and scientific researches are presented. The basic attention is given to visualization of physical fields.

Key words: personal computer, visualization, signal, physical field.

Широко известны достижения компьютерных технологий при измерении и отображении тепловых полей с применением инфракрасных преобразователей в пирометрах и тепловизорах [1]. Визуализация ультразвуковых исследований (УЗИ) повсеместно используется в медицине. Использование промышленных компьютеров для измерения и отображения сигналов физических полей описано в источниках [2, 3].

Известно направление использования компьютерной техники путем разработки и внедрения автоматизированных обучающих систем СЭУ [4] и для тестирования компетенций судовых механиков [5].

Наряду с этим компьютерная техника в учебных заведениях используется недостаточно эффективно.

Поскольку в своей профессиональной деятельности судовым специалистам приходится пользоваться рядом измерительных приборов, представляется целесообразным еще одно направление повышения эффективности использования компьютерной техники в морских учебных заведениях путем придания ей функций измерительных приборов – мультиметров, осциллографов, виброанализаторов. Предполагается повысить качество обучения студентов и аспирантов путем использования программного обеспечения имитации работы измерительных приборов. Экономический эффект ожидается получить за счет снижения затрат на приобретение дорогостоящих приборов. Поставлена задача использовать вместо реального осциллографа персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением.

Виртуальный осциллограф. Для испытания выбрана наиболее простая и доступная программа «Digital Oscilloscope», имитирующая работу низкочастотного осциллографа. При запуске программы на экране появляется изображение осциллографа (рис. 1), с которым сразу можно начать экспериментировать. Работа осциллографа описана в тексте программы.

Рукояткой 1 (рис. 1) устанавливаем время в миллисекундах в одном горизонтальном делении сетки (1...100 мс). Калибровка времени и частоты измерения не требуется. Рукоятка 2 служит для калибровки осциллографа по вертикали по известному сигналу напряжения. Рукояткой 3 осуществляем старт записи с одной позиции. Рукояткой 4 регулируем величину напряжения (вольт) одного вертикального отсчета сетки. Рукоятка 5 служит для калибровки нулевого напряжения смещением сетки по вертикали. Рукояткой 6 выбирают временной интервал сигнала. Рукояткой 7 изменяют время наблюдения входного сигнала. Рукоятками 8 и 9 выбирают яркость и толщину линии графика сигнала. Рукоятки 10 и 11 служат для вертикального и горизонтального смещения сигнала. Кнопкой 12 дают команду на сохранение результатов.

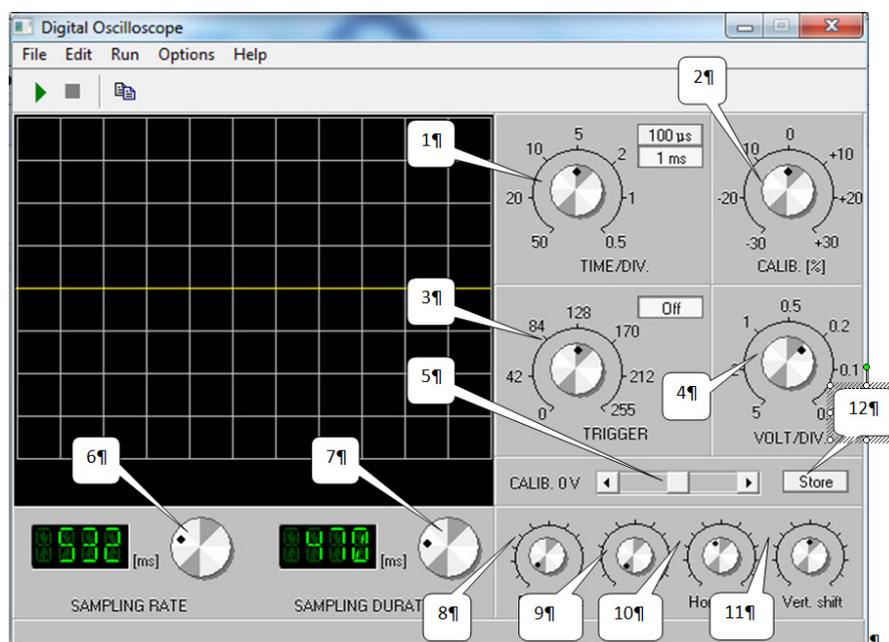


Рис. 1. Органы управления осциллографа: 1 – регулятор временного интервала сетки; 2 – калибровка сигнала по вертикали; 3 – триггер; 4 – регулировка цены деления сигнала по амплитуде напряжения; 5 – калибровка нулевого значения напряжения; 6 – диапазон выборки; 7 – длительность выборки; 8 – яркость; 9 – фокус; 10 – горизонтальное смещение; 11 – вертикальное смещение; 12 – сохранить

Fig. 1. Oscilloscope controls: 1 – Time/Division; 2 – Calibration [%]; 3 – Trigger; 4 – Volt/Division; 5 – Calibration 0 V; 6 – Sampling rate; 7 – Sampling Duration; 8 – Brightness; 9 – Focus; 10 – Horizontal Shift; 11 – Vertical shift; 12 – Store

Рассмотрим вопрос подключения проверяемых устройств, например, датчиков физических полей, к виртуальному осциллографу. На звуковой карте каждого компьютера есть выход на наушники и вход для подключения внешнего микрофона. Обычно они обозначаются символами: «выход» – наушники (Speaker), «вход» – микрофон (Mic). Встречается дополнительная опция – «линейный» выход для подключения звуковой карты к внешнему усилителю, он обозначается надписью «Line Out», а также вход для подключения сигнала с внешнего устройства, обозначаемый «Line In». Эти выходы-входы рассчитаны для подключения стандартного 3,5 мм стереоразъема (как в обыкновенных стереонаушниках). Подключать исследуемые сигналы можно на разъемы «Mic» и «Line In», а сигнал генератора можно получать на разъемах «Speaker» и «Line Out». При этом следует учитывать электрические харак-

теристики этих разъемов, чтобы не повредить звуковую карту. Входной разъем «Mic» допускает входящее звуковое напряжение в пределах 500 мВ (0,5 В), а входной разъем «Line In» допускает входящее звуковое напряжение в пределах до 2 В.

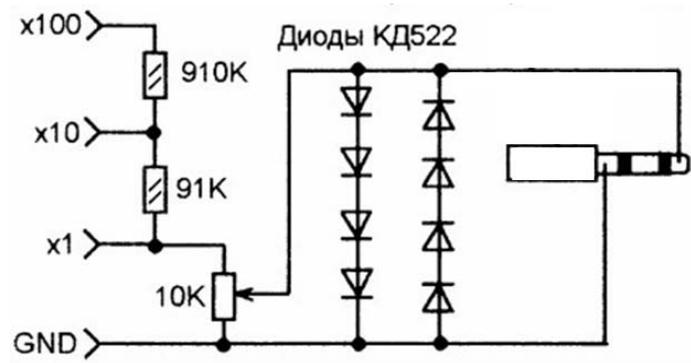
Здесь даны средние электрические характеристики разъемов, а конкретные зависят от вашей звуковой карты. Уровень входящего сигнала вы можете регулировать на панели операционной системы или на панели звуковой карты.

Если вы уверены, что не допустите превышения максимальных значений входного сигнала, то подсоединить устройство можно напрямую.

Звуковая карта компьютера выдерживает подачу на нее сигнала с уровнем до 3 В. На всякий случай, перед подключением устройства, ставьте регуляторы входного сигнала на минимум, а затем уже повышайте уровень до разумных пределов.

Опасаясь вывода из строя звуковой карты, можно подключить источник исследуемого сигнала по схеме (рис. 2). Схема подключения позволяет исследовать сигналы с амплитудой до 100 В. Включение делителя напряжения позволит уменьшить уровень входного сигнала в сотню раз.

Рис. 2. Схема снижения
уровня сигнала
Fig. 2. The signal level
decrease scheme



Рассмотрим работу программы применительно к лабораторным работам. Стенд (рис. 3), предназначенный для сборки различных логических схем, поставляется без осциллографа. Применение виртуального осциллографа позволило использовать стенд по назначению.

Микросхемы стенда обладают положительной логикой, когда за логическую «1» принимаем напряжение 5 В, а за «0» – 0 В. В качестве примера на рис. 3 показан пилообразный сигнал, формируемый RS-триггером в составе стенда.

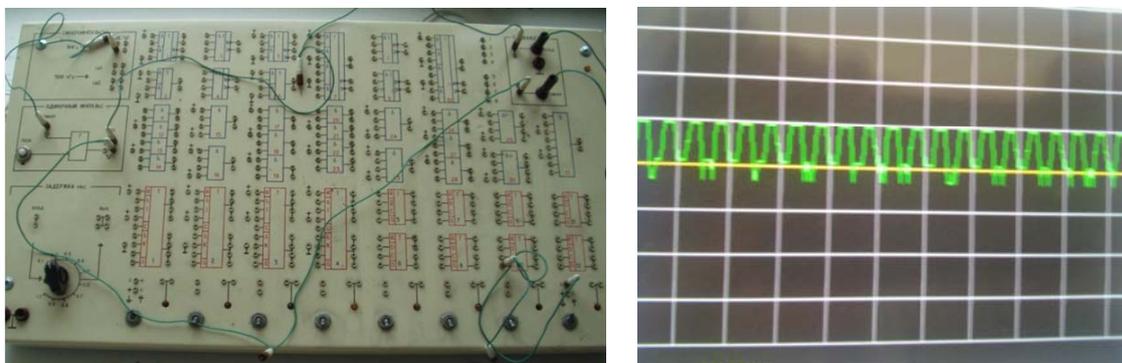


Рис. 3. Стенд логических функций. Пилообразный сигнал на выходе стенда
Fig. 3. Panel of logic functions. Sawtooth signal on an output of the panel

Виброакустические измерения широко используются в технической диагностике. Качество диагноза в значительной степени зависит от специалиста, проводящего измерения. Он должен понимать сущность наблюдаемых процессов, что не всегда удается из-за отсутствия записи виброграммы. Например, переносной прибор АЛ-2-1 позволяет определить состояние подшипниковых узлов путем измерения парциального коэффициента амплитудной модуляции сигнала вибрации. Прибор предназначен для функциональной оценки технического состояния подшипниковых узлов машин и механизмов с частотой вращения ротора $500-4000 \text{ мин}^{-1}$. Шкала прибора разбита на три цветовых сектора, соответствующих трем категориям состояния подшипниковых узлов механизмов – малоизношенные, среднеизношенные и сильно изношенные. Прибор содержит измерительный блок АЛ-2-1 и щуп с пьезовибропреобразователем АДП12-01, рис. 4.



Рис. 4. Переносной прибор АЛ-2-1 для измерения коэффициента модуляции вибрации
Fig. 4. Portable device AL-2-1 for measurement of a vibration modulation factor

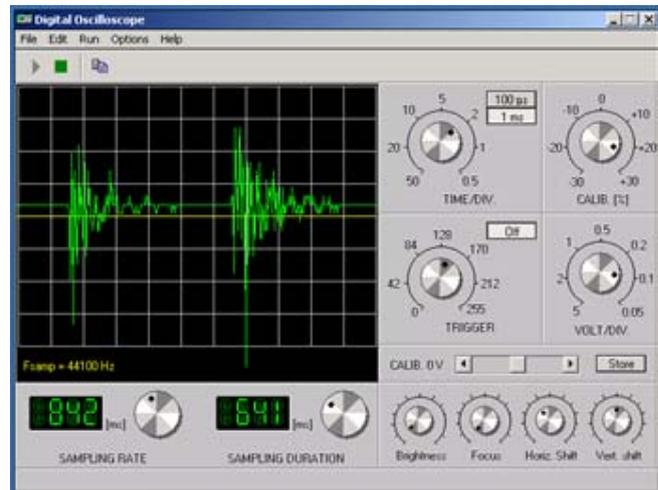
Датчик прижимают легким усилием к подшипниковому узлу. Сигнал вибрации с датчика поступает на вход прибора. По величине коэффициента амплитудной модуляции судят о состоянии подшипников.

Для расширения функциональных возможностей прибора проведено исследование сигнала пьезометрического датчика вибраций на виртуальном осциллографе. Сигнал с датчика на входе прибора мал по величине и не требует дополнительного ограничения. Поэтому датчик вибрации напрямую подключается стандартным разъемом к гнезду «Line-In» звуковой карты компьютера.

Рассмотрим последовательность операций при работе с программой «Digital Oscilloscope» применительно к измерению вибрации пьезометрическим акселерометром. Подключим пьезометрический датчик напрямую к гнезду «Line-In» звуковой карты компьютера. Включим компьютер. Активизируем программу виртуального осциллографа «Digital Oscilloscope». В роли источника вибрации используем электромагнит ударного действия, например, триммер с частотой электрического тока 50 Гц. Обеспечим надежное прилегание виброщупа пьезометрического датчика к источнику вибрации. На экране появится сигнал (рис. 5), который можно измерить.

Кнопкой 1 (см. рис. 2) можно растягивать полученный сигнал по оси времени – горизонтальная развертка, чтобы увидеть все особенности импульса и определить его период как расстояние между импульсами в миллисекундах. Например, рукоятка 1 остановилась на указателе 2 мс/дел. Расстояние между импульсами составило 5 клеток. Тогда период колебаний $T = 2 \text{ мс/дел} \times 5 \text{ делений} = 10 \text{ мс} = 0,01 \text{ с}$. Частоту колебаний определим через период по известной формуле $F = 1/T = 1/0,01 = 100 \text{ Гц}$.

Рис. 5. Запись вибрации
электробритвы (триммера)
Fig. 5. Vibration record
of electric-powered shaver



Почему при частоте тока 50 Гц мы получили при анализе виброграммы частоту вдвое больше? Ответ найдете в конструкции электромагнита триммера.

В заключение отметим, что персональные компьютеры можно использовать в качестве лабораторных приборов при исследовании электрических сигналов. Показаны примеры изучения процессов в области электроники, информатики и вибродиагностики. Наглядность изучаемых процессов способствует качественному обучению студентов и аспирантов. Важно отметить экономическую составляющую такого подхода. Компьютерная техника не должна простаивать и использоваться только в качестве пишущей либо счетной машинки.

Список литературы

1. Бондарев А.Е., Галактионов В.А., Четкин В.М. Анализ развития концепций и методов визуального представления данных в задачах вычислительной физики // Журн. вычислительной математики и математической физики. – 2011. – Т. 51, № 4. – С. 669-683.
2. Данилов О.Е. Компьютерная визуализация распределений физических величин в пространстве // Молодой ученый. – 2013. – № 11. – С. 582-587.
3. Данилов О.Е. Концепция метода компьютерной визуализации полей физических величин // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2013. – № 4. – С. 88-7.
4. Соболенко А.Н., Гольцов В.В., Зима А.А. Система моделирования СЭУ // Пути повышения качества подготовки специалистов в современных условиях. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1994. – С. 143-152.
5. Соболенко А.Н., Гольцов В.В. Аттестация судовых механиков: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 970530 от 21.10.97. – Заявка № 970441. – 8 с.

Сведения об авторе: Корнейчук Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: korneych@mail.ru.

УДК 532.5

В.А. ПлоткинаДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ТЕОРИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА РУБЕЖЕ XIX-XX ВЕКОВ**

Представлен анализ развития теории гидродинамического и теплового пограничных слоев на стыке двух столетий. Основываясь на теоретических и экспериментальных исследованиях, приводится хронология исторических событий теории развития пограничного слоя. Рассматриваются аналитические предпосылки в исследовании пограничного слоя, сформулированные на основе теоретических и экспериментальных исследований известных ученых-экспериментаторов в области гидродинамики. Включены основные термины и определения, раскрывающие необходимость исследования теории развития пограничного слоя. Показана перспектива развития и целесообразность изучения исторического аспекта теории пограничного слоя.

Ключевые слова: гидродинамический и тепловой пограничный слой, идеальная жидкость, сопротивление трению, отсос пограничного слоя, ламинарное и турбулентное течения.

V.A. Plotkina**THEORY OF BOUNDARY LAYER ON THE TURN XIX – XX CENTURIES**

The analysis of development of the theory is presented in this article hydrodynamic and thermal boundary layers on a joint of two centuries. Based on theoretical and experimental studies, a chronology of historical events of the theory of the boundary layer development. The analytical background in the study of the boundary layer, formulated on the basis of theoretical and experimental studies of known experimental scientists in the field of hydrodynamics. This article includes the basic terms and definitions reveal the necessity to study the development of the theory of the boundary layer. This publication shows the development prospects and feasibility of studying the historical aspect of the theory of the boundary layer.

Key words: hydrodynamic and thermal boundary layer, ideal fluid, abrasion resistance, boundary layer suction, laminar and turbulent flow.

Введение

Современное разнообразие методов и способов управления пограничным слоем не дает четкого представления об истории развития теории исследования пограничного слоя вблизи поверхности тела. При этом в мировой практике стремятся совершенствовать навыки в разработке новых способов управления пограничным слоем.

Поэтому при всем разнообразии методов управления пограничным слоем вблизи поверхности корабельных судов общепризнанной характеристики исследования теории пограничного слоя в настоящее время еще не сложилось. Вследствие этого настоящая научная работа обобщает исторический процесс развития теории пограничного слоя на протяжении нескольких столетий.

При всем многообразии способов управления пограничным слоем исторический аспект не может быть проигнорирован. Именно научный анализ теории развития пограничного слоя способствует совершенствованию навыков в развитии новых способов и методов управления пограничным слоем.

Объекты и методы исследований

Для настоящего исследования был выбран исторический рубеж XIX-XX вв. не случайно, так как именно в данном промежутке времени формируются основные закономерности в истории развития теории пограничного слоя.

В первой половине XIX в. сформировавшиеся представления о теории механики вязкой жидкости отвечали практическим запросам со стороны энергично развивавшихся гидродинамики и гидромеханики, учения о трении в машинах, физики и химии нефтяных и других смазочных веществ.

Первые опыты, показавшие преобладающее влияние сил вязкости на сопротивление при малых скоростях, принадлежали французскому физику, военному инженеру Шарлю Огюстену Кулону (1801 г.). В развитии термина «пограничный слой» основное значение имели теоретические и экспериментальные исследования сопротивления в трубах и каналах при движении в них воды и других вязких жидкостей. Обстоятельные экспериментальные исследования движения вязкой жидкости в трубах очень малого диаметра были проведены французским ученым Жаном Луи Мари Пуазейлем в 1840-1842 гг.

Более ранние опыты были проведены немецким физиком и гидростроителем Людвигом Хагеном в 1839 г. В результате теоретических и экспериментальных исследований в конце 1839 г. был сформулирован закон, определяющий расход жидкости при установившемся течении вязкой несжимаемой жидкости в тонкой цилиндрической трубе круглого сечения: закон Хагена-Пуазейля.

Теоретическое решение задачи исследования движения вязкой жидкости было обосновано в 1846 г. математиком, механиком и физиком-теоретиком Джорджем Габриелем Стоксом [1]. Решение задач пограничного слоя сводится в общей постановке к интегрированию сложных дифференциальных уравнений. Данные уравнения представляют собой нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных и их интегрирование при заданных граничных условиях сопряженно с большими математическими трудностями не только в случае вязкого сжимаемого газа, но и в случае несжимаемой жидкости. Поэтому при решении задач пограничного слоя приходится прибегать к вычислению уравнений Навье-Стокса. Уравнения французского физика Анри Навье и британского математика Джорджа Стокса являются и в наши дни одними из важнейших в гидродинамике и применяются в математическом моделировании многих природных явлений и технических задач и в настоящее время.

Теория движения вязкой жидкости разрабатывалась главным образом в направлении изучения движения жидкости в тонком пограничном слое, образующемся вблизи поверхности тела при практически интересных скоростях и размерах тел.

По-видимому, шотландский инженер и физик Рэнкин Уильям Джон Макуори первый ввел понятие о пограничном слое. В своей записке, относящейся к 1864 г., он в следующих словах выражает происхождение сопротивления трения: «Это сопротивление представляет сочетание прямых и косвенных действий прилипания частиц воды к поверхности корабля, которую они обтекают; прилипание вместе с взаимной вязкостью частиц и производит бесчисленное множество мелких водоворотов в слое воды, непосредственно прилегающем к бортам судна» [2].

Возникновение термина «пограничный слой» уходит далеко вглубь истории образования отдельной науки гидродинамики. Традиционная гидродинамика сегодня находится на стадии насыщения, когда каждый шаг требует всевозрастающих усилий и затрат. Таким образом, без выдающихся открытий не возможно было бы создать отдельные науки по исследованию сопротивления трению.

В XVIII в. теоретические исследования движения жидкости проводились в большей части случаев на основе предположения, что жидкость является идеальной, т.е. не обладающей трением, и одновременно является несжимаемой. Только в XIX в. влияние трения и сжимаемости стали учитывать в большей мере. При движении жидкости без трения между отдельными ее соприкасающимися слоями возникают только нормальные силы (давления), касательные же силы (напряжения сдвига) отсутствуют.

Это означает, что идеальная жидкость не оказывает изменению формы никакого внутреннего сопротивления. Теория движения идеальной жидкости математически очень широко разработана и во многих случаях дает вполне удовлетворительную картину действительных движений. Такими случаями являются, например, волновое движение или движение с образованием струй. В то же время теория идеальной жидкости совершенно бессильна для решения проблемы вычисления сопротивления тела, движущегося в жидкости. В этом случае она приводит к результату, что тело, равномерно движущееся в неограниченно распространенной жидкости, не испытывает никакого сопротивления (это парадокс Жана Лерона Даламбера).

Важно отметить, что в формулировке парадокса говорится только об отсутствии составляющей силы, действующей на тело, которая параллельна потоку текучей среды на бесконечности (об отсутствии силы трения). Необходимо отметить то, что момент сил, действующих на тело со стороны потока, может быть отличен от нуля. Так, при безотрывном обтекании наклоненной к потоку пластинки или профиля тела даже при нулевой циркуляции скорости возникает момент сил, стремящийся повернуть пластинку или исследуемое тело поперек потока текучей среды.

При наличии объемных сил (например, силы тяжести) со стороны жидкости на тело может действовать сила Архимеда, однако ее нельзя считать составляющей силы сопротивления, ибо она не обращается в нуль в покоящейся жидкости.

В случае нарушения парадокса Жана Лерона Даламбера при обтекании тела реальным потоком жидкости всегда имеется ненулевая сила сопротивления, наличие которой объясняется нарушением тех или иных условий, входящих в формулировку парадокса Жана Лерона Даламбера [3]. В частности:

- если жидкость или текучая среда не является идеальной (обладает конечной вязкостью), может возникнуть сила сопротивления, прямо или косвенно связанная с действием вязкого трения;

- если движение тела в жидкости не является стационарным, то даже в модели невязкой жидкости возникает сила сопротивления инерционной природы, связанная с тем, что при движении тела с переменной скоростью кинетическая энергия окружающей жидкости меняется со временем;

- если течение не является непрерывным (например, в потоке имеются поверхности разрыва), то параметры потока далеко впереди и позади тела могут не совпадать, что приводит к ненулевому сопротивлению. Примером служит тело в плоском потоке, порождающее за собой цепочку сосредоточенных вихрей (модель вихревой дорожки Кармана);

- если жидкость не занимает все пространство вокруг тела, то парадокс Даламбера также может нарушаться. Типичными примерами являются: образование за телом уходящей в бесконечность полости, заполненной покоящейся жидкостью (схема струйных течений Кирхгофа – Гельмгольца, моделирующая кавитационную полость); образование волн на поверхности жидкости (гравитационные волны на воде), на создание которых требуются затраты энергии, что приводит к возникновению волнового сопротивления; аналогичную природу имеет сопротивление за счет возникновения внутренних волн при движении тела в стратифицированной жидкости (например, на границе двух слоев жидкости с разной плотностью);

- если параметры потока далеко впереди и позади тела не выравниваются, то сила сопротивления также может быть отлична от нуля. В частности, так обстоит дело при подводе тепловой энергии к потоку или при образовании за телом области («следа»), параметры в которой отличны от параметров в основном потоке на бесконечности.

В результате, если создать условия, в которых обтекание тела будет достаточно близко к условиям в формулировке парадокса Жана Лерона Даламбера, например, придать телу обте-

каемую (каплеобразную или эллипсоидальную) форму, то возможно добиться существенно – в десятки и сотни раз – снижения сопротивления по сравнению с плохообтекаемыми телами с тем же миделевым сечением.

В результате полученных как теоретических, так и экспериментальных изысканий согласно наблюдениям Менделеева и Даламбера возникли предпосылки в создании теории сопротивления тела в движущейся жидкости или текучей среде.

В продолжение исторического аспекта важно упомянуть то, что понятие ламинарное течение не применялось раньше, до 1917 г. в российской науке пользовались термином «струйчатое течение». Турбулентность экспериментально открыта английским физиком, механиком и инженером Осборном Рейнольдсом в 1883 г. при изучении течения воды в трубах.

Рейнольдс экспериментально установил (1876-1883 гг.) критерий перехода ламинарного режима движения жидкости, текущей в цилиндрической трубе, в турбулентный режим; данный критерий заключается в том, что введенная английским механиком безразмерная величина (названная в его честь числом Рейнольдса) превышает некоторое критическое значение. Применительно к турбулентному движению вывел дифференциальные уравнения осредненного движения жидкости, содержащие нерегулярные пульсационные добавки [4]. Ученый Осборн Рейнольдс сформулировал критерий подобия двух различных течений вязкой жидкости [5]. Критерий, или число Рейнольдса, приемлем при исследовании движения несжимаемой жидкости газа на малых и больших скоростях, в том числе и для установившегося движения.

Начало теории пограничного слоя положил в 1904 г. один из основателей прикладной гидромеханики, немецкий ученый, профессор Людвиг Прандтль.

Он определил пограничный слой как слой трения, или тонкий слой, на поверхности обтекаемого тела или летательного аппарата, в котором проявляется эффект вязкости. Пограничный слой характеризуется сильным градиентом скорости потока: скорость меняется от нулевой, на поверхности обтекаемого тела, до скорости потока вне пограничного слоя.

Понятие пограничного слоя было им впервые введено в статье «О движении жидкости при очень малом трении», представленной 12 августа 1904 г. на третьем Международном конгрессе математиков в Гейдельберге (Германия).

Возникновение пограничного слоя связано с явлением в жидкости количества движения, теплоты и массы, характеризуемых коэффициентом вязкости, теплопроводности и диффузии. Гидромеханик Прандтль, исследуя пограничный слой, выявляет зависимость коэффициента трения воды от числа Рейнольдса.

Немецкий ученый объясняет сопротивление формы (вихревое сопротивление) при обтекании тела жидкостью отрывом ее пограничного слоя (рис. 1). Отрыв пограничного слоя всегда связан с сильным образованием вихрей и с большой потерей энергии на кормовой части обтекаемого тела. Эти явления наблюдаются в первую очередь у плохо обтекаемых тел, например, у круглого цилиндра и шара (рис. 2).

В результате за кормовой частью таких тел образуется область сильно замедленного течения (так называемая застойная область), в которой распределение давления сильно отличается от распределения давления, соответствующего течению без трения. Именно это измененное, по сравнению со случаем идеальной жидкости, распределение давления, связанное с отрывом пограничного слоя, и является причиной большого сопротивления плохо обтекаемых тел.

Впоследствии Прандтлем будет предложен очень эффективный способ ламинаризации гидродинамического пограничного слоя с помощью его отсоса, который, в частности, эффективно реализован на «турбопарусе», установленном сначала на экспериментальном парусном катамаране «Moulin à Vent» (от французского «ветряная мельница») в 1983 г., а затем и судне Жака Кусто «Алсион» в 1985 г. (рис. 3) [6].

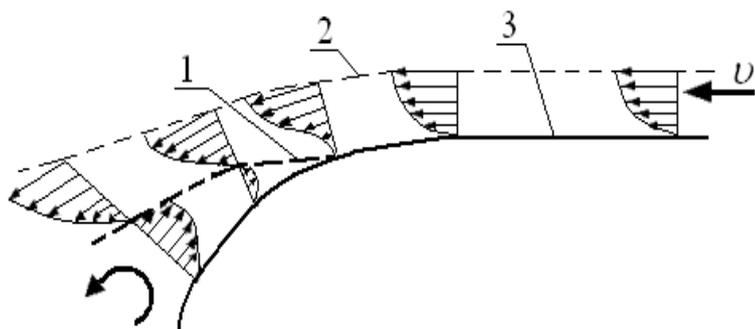


Рис. 1. Пограничный слой и его отрыв в кормовой оконечности судна:

1 – граница отрыва пограничного слоя;
 2 – граница пограничного слоя;
 3 – ватерлиния корпуса судна
 (v – скорость набегающего потока)

Fig. 1. Boundary layer and its separation in the aft end of the vessel: 1 – boundary of the boundary layer separation;

2 – boundary of the boundary layer;
 3 – waterline hull (v – free-stream velocity)

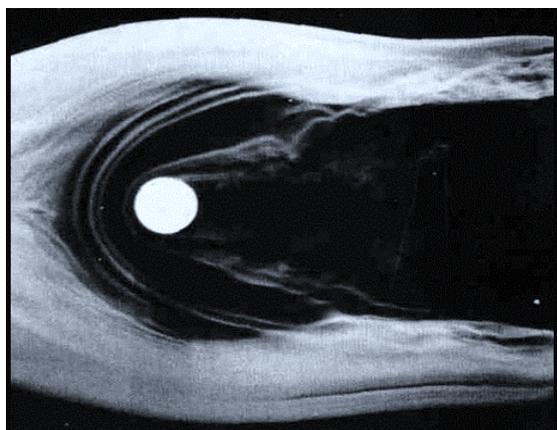


Рис. 2. Дымовая визуализация пограничного слоя перед цилиндром

Fig. 2. Smoke visualization of the boundary layer before the cylinder



Рис. 3. Французское научно-исследовательское судно «Алсион» ($L = 27,4$ м; $B = 9$ м; $D = 76$ т; $N = 230$ кВт), построенное по заказу Ж. Кусто для замены знаменитого «Калипсо», было оборудовано двумя турбопарусами, использующими для создания тяги отсос пограничного слоя

Fig. 3. French research vessel «Alsion» ($L = 27,4$ м; $B = 9$ м; $D = 76$ т; $N = 230$ кВт), built for the J. Cousteau to replace the famous «Calypso», was equipped with two turboparusami used to create traction boundary layer suction

Л. Прандтль указал направление гидродинамики, сделавшее доступным теоретическому исследованию течения жидкостей с очень малой вязкостью, из которых наиболее важными в техническом отношении являются вода и воздух. Для достижения этого достаточно было учитывать действие вязкости только там, где оно проявляется существенным образом, а именно в тонком «пограничном слое» вблизи стенки, обтекаемой жидкостью. Этот путь позволил дать теоретическое объяснение многим явлениям, ранее остававшимся совершенно непонятными.

Прежде всего, идея Л. Прандтля сделала доступными для теоретического исследования вопросы, связанные с сопротивлением, возникающим при обтекании жидкостью твердых тел. Бурно развивавшаяся судостроительная техника очень быстро извлекла из теоретических выводов многое, полезное для себя, и, в свою очередь, поставила перед новой теорией многочисленные проблемы. В настоящее время для инженера, работающего в области судостроения, понятие пограничного слоя стало настолько привычным, что без него он не может больше обойтись.

Дальнейшее развитие теория пограничного слоя получает в трудах (период 1923-1933 гг.) американского ученого Теодора фон Кармана – выдающегося механика, внесшего большой вклад в развитие теоретических и экспериментальных исследований в области гидродинамики. Наиболее популярные работы Кармана заключаются в исследовании автоколебательных движений в воде вертикальных круговых цилиндров. Позднее своеобразный след сорванного пограничного слоя за цилиндром получит название «вихревая дорожка Кармана». Как писал Т. фон Карман, «... Расположение вихрей, изображенных на рисунке (рис. 4), связано с моим именем; обычно его называют вихревая дорожка Кармана или вихревой след Кармана. Но я не претендую на открытие этих вихрей; они были известны задолго до моего рождения. ... Переменные вихри позади препятствий наблюдал и фотографировал английский ученый Генри Реджинальд Арнулфт Маллок, а затем профессор из Франции Анри Бенар. Бенар раньше меня проделал много работы, но он в основном наблюдал вихри в любой вязкой жидкости или коллоидных растворах и рассматривал их с точки зрения экспериментальной физики, а не аэродинамики. Тем не менее он отчасти ревновал, что вихревую систему связали с моим именем и несколько раз, например на Международном конгрессе по прикладной механике в Цюрихе (1926 год) и в Стокгольме (1930 год), настаивал на своем приоритете за первым наблюдением этого явления. В ответ я однажды сказал: «Согласен, то, что в Берлине и Лондоне называется «Карман – стрит», в Париже следует назвать «Авеню Авен Бернар». После этой остроты мы заключили мир и стали хорошими друзьями»¹ [7].

Несомненно, фундаментальный вклад в теорию исследования пограничного слоя внес Теодор фон Карман. Он первый доказал, что симметричное расположение вихрей, которое является очевидной заменой вихревого слоя, неустойчиво. Выдающийся механик Карман установил, что устойчивым может быть только асимметричное расположение переменных вихрей, и только для соотношения между рядами и расстояния между двумя последовательными вихрями каждого ряда (рис. 5).

Таким образом, теория пограничного слоя позволяет объяснить не только сопротивление трения, но – путем исследования отрыва – и сопротивление давления. Опасность отрыва пограничного слоя всегда существует в областях возрастания давления, и притом тем большая, чем резче происходит возрастание давления.

¹ Игра слов: вихревая дорожка по-английски называется «vortex street», как и «улица». Соответственно по-французски слово улица звучит как «avenue» – «авеню».

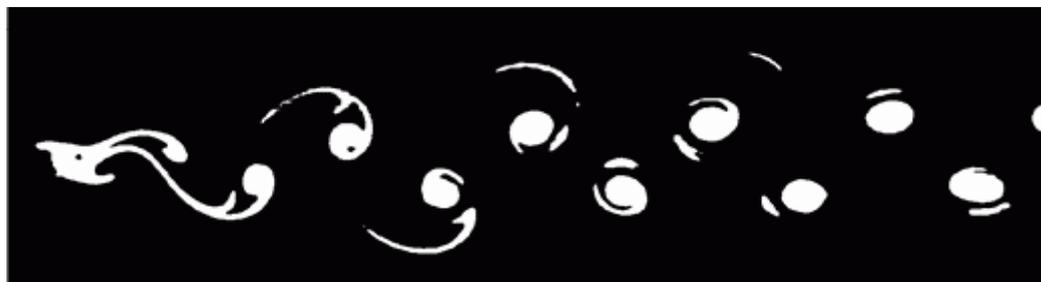


Рис. 4. Двойной ряд переменных вихрей позади кругового цилиндра
 Fig. 4. Double row variables vortices behind a circular cylinder

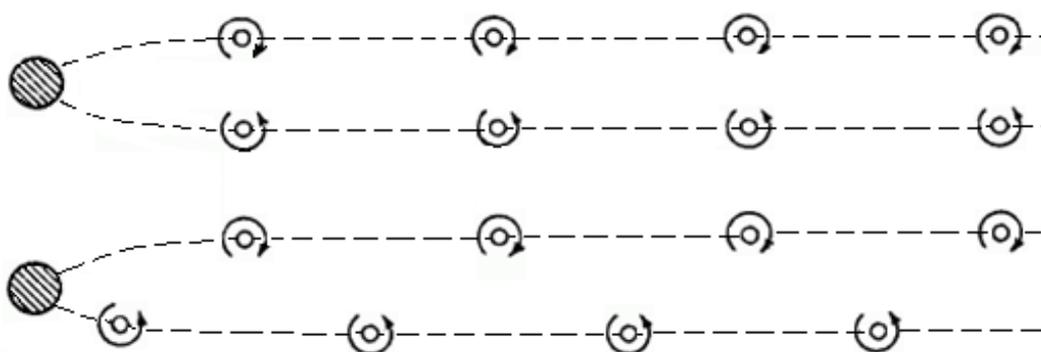


Рис. 5. Двойные ряды переменных вихрей: симметричное (вверху) и асимметричное (внизу) расположения
 Fig. 5. Double rows of variables vortices symmetrical (top) and asymmetric (bottom) location

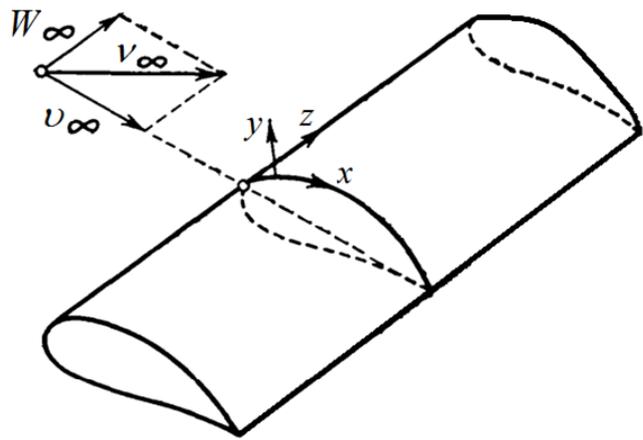
С этого момента проблема сопротивления в принципиальном отношении была решена, и началось бурное развитие теории пограничного слоя (невязкой и вязкой текучей среды): углублялись знание и понимание исследуемых явлений, разрабатывались эффективные методы анализа и успешно решались прикладные задачи, а теоретическая гидродинамика оказывала все большее влияние на формирование облика обтекаемых тел.

С 1934 по 1941 гг. советские ученые-гидродинамики Константин Федяевский и Лев Лойцянский создают современную теорию пограничного слоя, причем последний детально исследует физическую природу вихревого сопротивления. К.К. Федяевский и Л.Г. Лойцянский в своих трудах описывают результаты экспериментального анализа ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Советские ученые разработали теорию плоского (составляющие вектора скорости зависят только от двух координат, в направлении третьей координатной оси никакой скорости нет) и пространственного пограничного слоя (составляющие скорости имеются во всех трех координатных направлениях и при этом зависят от всех трех координат, рис. 6). До середины XX в. способы расчета общего случая пространственного пограничного слоя вызывали у ученых математические трудности.

До недавнего времени при расчете пограничных слоев ограничивались исключительно случаями плоского и осесимметричного течений. В случае анализа течения вблизи диска, вращающегося в покоящейся жидкости, теория плоского пограничного слоя неприемлема, так как она не раскрывает причину возникновения вторичных течений. При течении в межлопаточном канале турбинной или насосной решетки и при обтекании поворотной лопатки в пограничных слоях на боковых стенках лопаток возникают вторичные течения. Причиной их

возникновения является кривизна линий тока внешнего сечения. В межлопаточном канале вторичное течение направлено от напорной поверхности одной лопатки к подсасывающей поверхности соседней лопатки. К этому вторичному течению, вызванному обтеканием боковой стенки, присоединяется еще влияние пограничного слоя на самих лопатках, вследствие чего течение через межлопаточный канал представляет собой весьма сложную трехмерную задачу [8]. Данный пример свидетельствует о необходимости экспериментальной теории пространственного пограничного слоя.

Рис. 6. Система координат для трехмерного пограничного слоя
Fig. 6. The coordinate system for three-dimensional boundary layer



В конце XX в. ученые в области гидродинамики заинтересовались явлением теплопередачи между твердым телом и жидкой или газообразной текучей средой. Явление теплопередачи между твердым телом и жидкой или газообразной текучей средой представляет собой проблему механики потоков. В рассматриваемой задаче на механическое течение налагается тепловой поток, и в общем случае два потока влияют один на другой. Для того чтобы найти распределение температуры, необходимо знать гидродинамические уравнения движения с уравнениями теплопроводности. Из чисто наглядных соображений понятно, что распределение температуры около нагретого тела, обтекаемого жидкостью, часто должно обладать особенностями, характерными для пограничного слоя.

В итоге в конце 1960 г. Георгием Никитичем Кружилиным было введено понятие «тепловой пограничный слой», аналогичное понятию «гидродинамический пограничный слой». Что положило начало детальному исследованию ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Труды Г.Н. Кружилина посвящены экспериментальному установлению распределения коэффициента теплоотдачи по поверхности тела, расчетам теплового пограничного слоя, теории теплоотдачи при конденсации пара и кипении жидкости и исследованиям уноса влаги паром в котлах.

Исследования перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный впервые были выполнены И. М. Бюргерсом и М. Ханзенем. Эти исследования показали, что для такого перехода наиболее характерным признаком является внезапное резкое увеличение толщины пограничного слоя и касательные напряжения на стенке обтекаемого текучей средой тела вращения.

Проблемой сопротивления трения в жидкостях и газах занимались многие ученые еще до появления теории пограничного слоя. Среди них Ш.О. Кулон, Ж.Л.М. Пуазейль, Д.И. Менделеев и др. Теоретические разработки теории пограничного слоя были начаты Прандтлем и развиты А. Бенаром, Т. фон Карманом и др. Развитию теории пограничного слоя посвящено большое количество работ советских исследователей: К.К. Федяевского,

Л.Г. Лойцянского, Г.Н. Кружилина и др. Отечественные ученые провели ряд важных теоретических и экспериментальных исследований пограничного слоя, разработали рациональные формы тел, имеющих малое сопротивление трения и обтекаемых без срыва потока до больших углов атаки.

Результаты и их обсуждение

Формирование пограничного слоя на поверхности – это явление, с одной стороны, доставляющее немало хлопот и проблем в гидродинамике, а с другой стороны – лежащее в основе формирования физических и химических свойств воды в живом организме.

В процессе работы над исследованием теории пограничного слоя в приложении гидравлики, целью которого является изучение актуальности таких исследований, была выявлена разносторонняя направленность теории пограничного слоя. Данные результаты определяются прогрессом научных направлений и совершенствованием измерительной техники.

Сравнительный анализ экспериментов, сложившихся исторически, привел к сравнительной хронологии событий, выдержанных аспектами развития направленности особенностей поведения жидкостного слоя по отношению к обтекаемым поверхностям.

Обсуждение данных аспектов приводится в результате исследования поведения вязкого пограничного слоя и в настоящее время. Примером таких исследований и результатом обсуждений является одно из научно-исследовательских направлений, в частности «Изучение пограничного слоя ламинарного потока жидкости в гладкой трубе методом фотокоррекцияционной спектроскопии ламинарного пограничного слоя» [9]. При данном научном направлении не исключается и направленность научного познания в сфере турбулентности пограничного слоя.

На данном этапе результативными являются работы, изложенные в патентных изысканиях.

Содержание статьи охватывает только основополагающие аспекты теории пограничного слоя на рубеже XIX-XX вв. Обсуждение данного научного аспекта продолжает свое развитие в таких экспериментальных результатах, как способы управления пограничным слоем в условиях как ламинарного течения, так и турбулентного течения. Данный результат позволяет в дальнейшем продолжить научный анализ результатов и их обсуждений на хронологическом этапе в биотехнологических исследованиях.

Выводы

Исследования теории пограничного слоя в настоящее время являются актуальными, так как большинство ученых все чаще и чаще обращают свое внимание на поиск новых методов и способов управления пограничным слоем. Основываясь на исторических фактах, ученые-экспериментаторы ищут пути совершенствования управления жидкой и газообразной текучими средами.

Особое внимание привлекает гидродинамический пограничный слой, так как отрыв пограничного слоя влечет за собой образование турбулентности при изменении скорости симметричного или асимметричного тела вращения с удобовыгодным миделевым сечением.

Теория пограничного слоя широко используется в авиастроении и судостроении. Подчас именно теория сопротивления трению при движении летательного аппарата или судна характеризует внешний облик данных объектов, что существенно сказывается на стадии проектирования летательного аппарата и судна в целом. Понять прикладной характер теории пограничного слоя невозможно без анализа исторического развития теории сопротивления трению.

Насущной задачей исследования теории пограничного слоя является подготовка и настройка специализированных методов и программ, необходимых для достоверной оценки нетрадиционных методов управления пограничным слоем, которые должны появиться в недалеком будущем.

Список литературы

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газов. – М.: Дрофа, 2008. – 928 с.
2. Тюлина И.А. История и методология механики. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 282 с.
3. Grimberg G., Pauls W., Frisch U. Genesis of d'Alembert's paradox and analytical elaboration of the drag problem // *Physica D*. – 2008. – Т. 237. – Р. 1878-1886.
4. Боголюбов А.Н. Математики. Механики. Биографический справочник. – Киев: Наукова думка, 1983. – 639 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – 3-е изд. – М.: Наука, 1986. – 736 с.
6. Мытник Н.А. Краткая история корабельных наук (хронология событий с комментариями). – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2004. – 12 с.
7. Карман Т. Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 208 с.
8. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / пер. с нем. – М.: Наука, 1974. – 712 с.
9. Пат. 2117828 Российская Федерация, F15D1/02, F17D1/18. Устройство для снижения трения в трубопроводах и шлангах; заявитель и патентообладатель А.А. Титов; Н.И. Жданов; Г.С. Ляпин. – № 96111737/06; заявл. 10.06.1996; опубл. 20.08.1998, Бюл. № 13 (II ч.).

Сведения об авторе: Плоткина Виктория Александровна, старший преподаватель,
e-mail: vika_plotkina@mail.ru.

УДК 621.431.74.016

Б.И. Руднев, О.В. ПовалихинаДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ОПТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООБМЕНА
ИЗЛУЧЕНИЕМ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Проанализированы особенности расчета оптико-геометрических характеристик излучения применительно к полуразделенной камере сгорания (КС) дизельного двигателя типа 8ЧН 13/14, представлены расчетные значения угловых коэффициентов излучения, полученные с учетом переменной геометрии излучающей системы. Отмечается, что между характером излучения угловых коэффициентов в функции относительного радиуса цилиндра и распределением радиационных тепловых потоков по поверхностям КС имеется четкая корреляция.

Ключевые слова: дизельный двигатель, камера сгорания, оптико-геометрические характеристики излучения, локальный радиационный тепловой поток.

B.I. Rudnev, O.V. Povalikhina**OPTICAL-GEOMETRICAL DATA RADIATIVE HEAT TRANSFER IN DIESEL
ENGINE COMBUSTION CHAMBER**

Features of calculation optical-geometrical data radiative heat transfer applied to diesel engine combustion chamber are analyzed. Calculation data of angle coefficients radiation applied to diesel engine combustion chamber of type 8 CHN 13/14 are presented. Correlation between of variation angle coefficients and radiative heat transfer considered in the article.

Key words: diesel engine, combustion chamber, optical-geometrical data radiative heat transfer, local radiative heat flux.

Введение

Достоверное определение теплонапряженного состояния деталей, образующих КС дизельных двигателей, на стадии проектирования все еще вызывает у конструкторов значительные трудности. Это объясняется сложностью процесса локального радиационного теплообмена между рабочим телом и стенками КС и несовершенством существующих математических моделей (ММ), использующихся для его описания. Последнее заставляет исследователей искать новые подходы, направленные на совершенствование существующих ММ и включение в их состав элементов, позволяющих более детально описывать различные аспекты локального радиационного теплообмена в КС современных дизельных двигателей.

Геометрия излучающей системы дизельного двигателя с полуразделенной камерой сгорания и ее особенности

В настоящей работе рассматриваются элементы модифицированной ММ локального радиационного теплообмена в КС дизельного двигателя типа 8ЧН 13/14, в которой учитывается взаимодействие только собственного потока излучения объемной зоны V и соответствующих граничных (поверхностных) зон F_1 , F_2 и F_3 (рис. 1). ВМТ – верхняя мертвая точка; НМТ – нижняя мертвая точка. Основные положения этой ММ сводится к следующему. Процесс радиационного теплообмена в цилиндре дизельного двигателя с полуразделенной КС на установившемся режиме работы рассматривается нами на адекватной физической модели. Она представляет из себя замкнутую осесимметричную цилиндрическую излучающую систему.

ные и расчетные методы [6, 7] позволяют задавать локальные значения оптических и энергетических характеристик объемных зон V_i .

Полное решение задачи должно включать распределение радиационных тепловых потоков по поверхностям днища поршня, крышки и втулки цилиндра, т.е.

$$\begin{aligned} E_{над1,2,3} &= f(R, h, t), \\ E_{эф1,2,3} &= f(R, h, t), \\ E_{рез1,2,3} &= f(R, h, t). \end{aligned} \tag{1}$$

где $E_{над}$ – падающий поток излучения, Вт/м²; $E_{эф}$ – эффективный поток излучения, Вт/м²; $E_{рез}$ – результирующий поток излучения, Вт/м²; t – текущее время рабочего процесса, с; R – радиус цилиндра двигателя, м; h – текущий ход поршня, м.

Однако в нашем случае эффективное излучение от поверхности крышки цилиндра, поршня и втулки не учитывается, и решение задачи сводится к нахождению результирующего потока $E_{рез1,2,3} = f(R, h, t)$, который будет приближенно равен падающему потоку $E_{над1,2,3} = f(R, h, t)$. Из алгебраической аппроксимации точного решения исходных интегральных уравнений излучения [4] для падающего потока имеем

$$E_{над}(M_k) = \sum_{\gamma=1}^n E_{соб}(M_\gamma) \Phi(M_\gamma, F_k) + \sum_{v=1}^m E_{соб}(M_v) \Phi(M_v, F_k), \tag{2}$$

где $E_{соб}$ – собственный поток излучения, Вт/м²; $\Phi(M_v, F_k)$ – разрешающий угловой коэффициент; v – объемная зона в КС; k – номер поверхностной зоны; m – номер объемной зоны.

В уравнении (2) первым слагаемым учитывается собственное излучение поверхностей F_1, F_2 и F_3 (см. рис. 1) и, как показано в [4], его вкладом в $E_{над}(M_k)$ можно пренебречь, т.е. положить

$$\sum_{\gamma=1}^n E_{соб}(M_\gamma) \Phi(M_\gamma, M_k) = 0. \tag{3}$$

Тогда падающий поток излучения можно определить по уравнению

$$E_{над}(M_k) = \sum_{v=1}^m E_{соб}(M_v) \Phi(M_v, F_k). \tag{4}$$

В рассматриваемой нами ММ радиационного теплообмена в КС дизельного двигателя принято, что излучающая система не отражает излучение границами и не рассеивает его в объеме. В [8] была показана возможность отнесения частиц дизельной сажи к малым, вследствие этого рассеиванием излучения можно пренебречь. Отмеченные условия, как показано в [9], приводят к тому, что значение разрешающих угловых коэффициентов вырождается в соответствующее значение углового коэффициента излучения:

$$\Phi(M_v, F_k) = \varphi(M_v, F_k). \tag{5}$$

Подставляя (5) в (4), получим

$$E_{\text{над}}(M_k) = \sum_{v=1}^m E_{\text{собо}}(M_v) \varphi(M_v, F_k), \quad (6)$$

где $\varphi(M_v, F_k)$ – геометрический угловой коэффициент.

Переход к системе с поглощающей средой может быть осуществлен с использованием зависимости

$$\psi(M_v, F_k) = \varphi(M_v, F_k) \exp(-kL), \quad (7)$$

где $\psi(M_v, F_k)$ – обобщенный угловой коэффициент; k – показатель ослабления излучения, м^{-1} ; L – эффективная длина пути луча, м.

С учетом (7) уравнение для падающего потока излучения от объемной зоны V на граничные поверхностные зоны F_1 , F_2 и F_3 запишется следующим образом:

$$E_{\text{над}}(M_k) = \sum_{v=1}^m E_{\text{собо}}(M_v) \psi(M_v, F_k) \exp(-kL). \quad (8)$$

Определение геометрических и обобщенных угловых коэффициентов излучения

Для расчета геометрических угловых коэффициентов излучения $\varphi(M_v, F_k)$ использовались уравнения, представленные в [3]. В частности, выражение для углового коэффициента излучения граничной поверхности F_2 (см. рис. 1) на объемную зону V определенного радиуса r_i имеет вид [3]

$$\varphi_{12} = R \left[1 - \frac{1}{\pi} \arccos\left(\frac{X}{Z}\right) \right] - \frac{\pi Z}{4H} - \frac{1}{2\pi H} \left[\sqrt{(X+2)^2 - 4R^2} \arccos\left(\frac{RX}{Z}\right) - X \arcsin R \right]. \quad (9)$$

Угловой коэффициент излучения объемной зоны V радиуса r_i на граничную поверхность F_2 (т.е. на поверхность втулки цилиндра) определяется по зависимости [3]

$$\varphi_{21} = \frac{1}{R} \varphi_{12}, \quad (10)$$

а угловой коэффициент излучения от объемной зоны V на граничную поверхность F_3 (поверхность дна поршня) соответственно

$$\varphi_{23} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{R} \varphi_{12} \right). \quad (11)$$

В уравнениях (9)-(11) приняты следующие обозначения:

$$R = r_2/r_1; \quad H = h/r_i; \quad X = H^2 + R^2 - 1; \quad Z = H^2 - R^2 + 1. \quad (12)$$

С учетом симметрии излучающей системы угловой коэффициент от объемной зоны V на граничную поверхность F_1 (поверхность крышки цилиндра) будет равен коэффициенту φ_{23} .

При расчете локальных радиационных тепловых потоков в КС дизельного двигателя необходимо учесть, что значения всех параметров (за исключением R), определяемых соотношениями (12), зависят от угла ПКВ, т.е. являются переменными. Связь параметров H , X и Z с текущим углом ПКВ осуществляется по известной зависимости для кривошипно-шатунного механизма двигателя:

$$S = \bar{R} \left(1 - \cos \alpha + 0,5\bar{\lambda} \sin^2 \alpha \right). \quad (13)$$

В соответствии с принятой зональной излучающей системой (см. рис. 1) текущее значение перемещения поршня

$$S_i = h_0 + h_i \quad (14)$$

или
$$S_i = h_0 + \bar{R} \left(1 - \cos \alpha + 0,5\bar{\lambda} \sin^2 \alpha \right), \quad (15)$$

для любого фиксированного угла ПКВ при расчете угловых коэффициентов излучения с учетом схемы, представленной на рис. 1, используется выражение

$$h = h_0 \bar{R} \left(1 - \cos \alpha + 0,5\bar{\lambda} \sin^2 \alpha \right), \quad (16)$$

где $\bar{\lambda}$ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна.

Тогда для параметров, определяющихся по (12), имеем

$$R = r_i/R'. \quad (17)$$

$$H = h/r_i = \left(h_0 + \bar{R} \left(1 - \cos \alpha + 0,5\bar{\lambda} \sin^2 \alpha \right) \right) / r_i. \quad (18)$$

$$X = H^2 + R^2 - 1 = \left[\left(h_0 + \bar{R} \left(1 - \cos \alpha + 0,5\bar{\lambda} \sin^2 \alpha \right) \right) / r_i \right]^2 + (r_i/R')^2 - 1. \quad (19)$$

$$Z = H^2 - R^2 + 1 = \left[\left(h_0 + \bar{R} \left(1 - \cos \alpha + 0,5\bar{\lambda} \sin^2 \alpha \right) \right) / r_i \right]^2 - (r_i/R')^2 + 1. \quad (20)$$

Полный вид расчетных зависимостей для обобщенных угловых коэффициентов излучения ввиду их громоздкости здесь не приводится и имеется в [4]. Расчет угловых коэффициентов излучения выполнялся на ПК по специальной программе. Результаты расчетов показаны на рис. 2, 3 и 4.

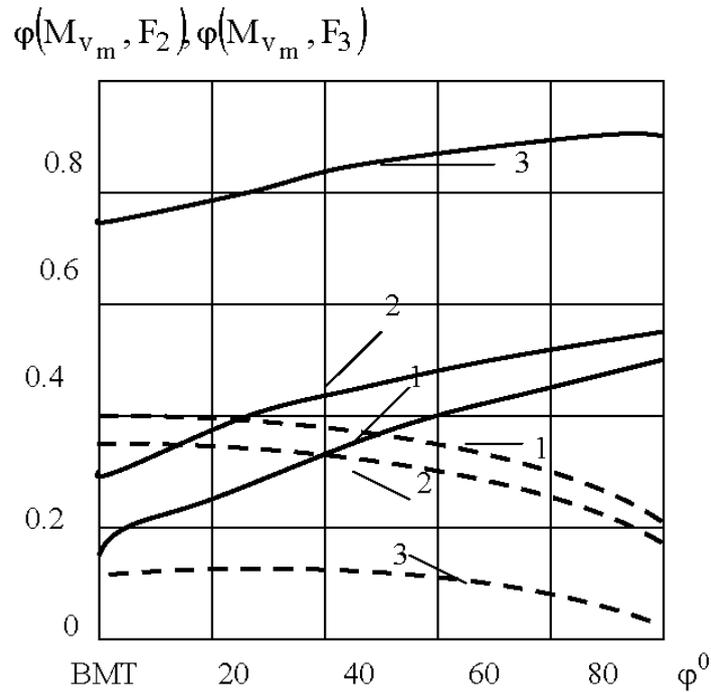


Рис. 2. Изменение угловых коэффициентов излучения от объемных зон на поверхности втулки цилиндра и поршня: — $\varphi(M_{V_m}, F_2)$; ---- $\varphi(M_{V_m}, F_3)$;

1 — V_1 при $r_1 = 10$ мм; 2 — V_2 при $r_2 = 30$ мм; 3 — V_1 при $r_3 = 57$ мм

Fig. 2. Variation angle coefficients radiation from volume of zones on surface line cylinder and piston:

1 — V_1 for $r_1 = 10$ mm; 2 — V_2 for $r_2 = 30$ mm; 3 — V_1 for $r_3 = 57$ mm

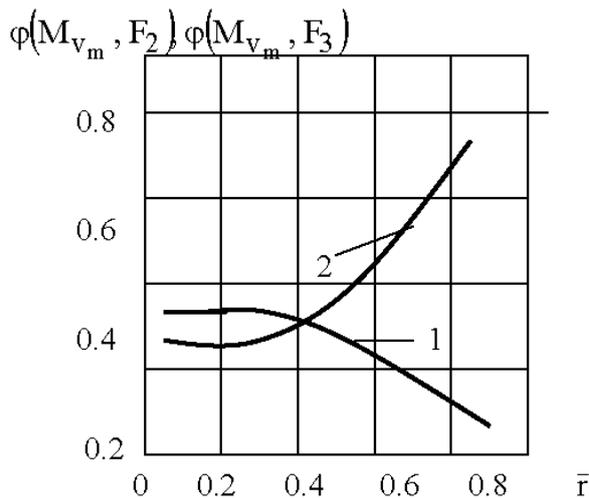


Рис. 3. Изменение угловых коэффициентов излучения от объемных зон по поверхности КС (положение коленчатого вала 20° после ВМТ): 1 — $\varphi(M_{V_m}, F_3)$; 2 — $\varphi(M_{V_m}, F_2)$

Fig. 3. Variation angle coefficients radiation from volume of zones on surface combustion chamber (crank angle 20 degrees after TDC): 1 — $\varphi(M_{V_m}, F_3)$; 2 — $\varphi(M_{V_m}, F_2)$

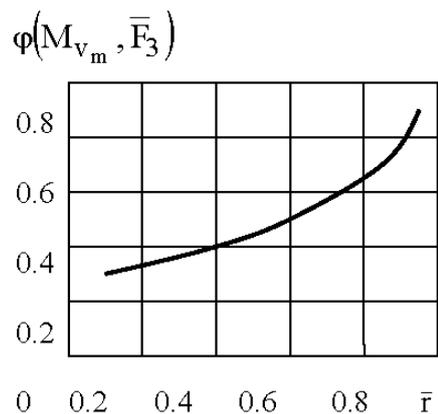


Рис. 4. Изменение угловых коэффициентов излучения от объемных зон на боковую поверхность выемки в поршне

Fig. 4. Variation angle coefficients radiation from volume of zones on lateral surface of piston

Анализ представленных на них графиков позволяет сделать весьма важный вывод о том, что угловой коэффициент от объемных зон на поверхность втулки цилиндра $\varphi(M_{v_m}, F_2)$ с увеличением угла ПКВ возрастает, а на поверхности крышки цилиндра и днище поршня $\varphi(M_{v_m}, F_3)$ уменьшается.

Причем, чем меньше радиус объемной излучающей зоны, тем больше значение углового коэффициента излучения на поверхности крышки цилиндра и поршня $\varphi(M_{v_m}, F_3)$. Для углового коэффициента от объемных зон на поверхность втулки цилиндра $\varphi(M_{v_m}, F_2)$ зависимость от радиуса имеет обратную тенденцию. На рис. 4 показано изменение углового коэффициента излучения от объемных зон $\varphi(M_{v_m}, \bar{F}_3)$ на боковую поверхность выемки в поршне \bar{F}_3 (см. рис. 1) в функции ее относительно радиуса. Из этого графика можно заключить, что боковая поверхность выемки в поршне \bar{F}_3 подвергается значительным радиационным тепловым нагрузкам. Последнее подтверждается и экспериментальными данными [10].

Такой характер изменения угловых коэффициентов излучения $\varphi(M_{v_m}, F_3)$ и $\varphi(M_{v_m}, F_1)$ приводит к тому, что расчетные значения локальных радиационных тепловых потоков достигают своего максимума в центре КС.

Это положение хорошо согласуется с экспериментальными данными [11] и свидетельствует о правильном учете основных особенностей радиационного теплообмена в КС дизельного двигателя при построении ММ.

Переход от геометрических коэффициентов излучения, представленных на рис. 2-4, к соответствующим значениям обобщенных угловых коэффициентов выполняется по зависимости (7). При этом характер изменения обобщенных угловых коэффициентов излучения в функции угла ПКВ и относительного радиуса излучающего объема остается прежним.

Детальные расчеты, результаты которых представлены в [4], показали, что поглощение в объеме КС дизельного двигателя не превышает 5-10 % от величины падающего потока излучения.

Заключение

Проведенный анализ особенностей расчета оптико-геометрических характеристик теплообмена излучением применительно к КС дизельного двигателя позволяет отметить следующее. Имеющиеся в научно-технической литературе формулы и графические зависимости для определения угловых коэффициентов излучения справедливы для систем, содержащих тела и поверхности относительно простой геометрической формы и находящихся в стационарном положении. В условиях работающего дизельного двигателя геометрия излучающей системы изменяется в зависимости от угла ПКВ, что существенно усложняет решение оптико-геометрической части задачи теплообмена излучением. Полученные авторами доклада расчетные данные по изменению угловых коэффициентов излучения между объемными зонами и поверхностями, образующими КС (поверхности крышки цилиндра, втулки и поршня), в зависимости от угла ПКВ и относительного радиуса имеют два аспекта применения. Первый аспект – для решения энергетической части задачи теплообмена излучением и расчета результирующих потоков излучения по вышеуказанным поверхностям КС. Второй аспект – для определения наиболее нагруженных в термическом отношении участков этих поверхностей, так как характер изменения угловых коэффициентов излучения в функции относительного радиуса КС коррелирует с распределением радиационных тепловых потоков. Последнее позволяет прогнозировать теплонпряженное состояние деталей цилиндропоршневой группы и решать ряд вопросов, связанных с повышением эксплуатационной надежности современных дизельных двигателей.

Список литературы

1. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Математические модели механизма и электродинамики сплошной среды. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 512 с.
2. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ / Р.М. Петриченко, С.А. Батурин, Ю.Н. Исаков и др. / под ред. Р.М. Петриченко. – Л.: Машиностроение, 1990. – 328 с.
3. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: справ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
4. Руднев Б.И. Процессы локального теплообмена в камере сгорания дизелей. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 221 с.
5. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Процессы теплообмена в камере сгорания дизельных двигателей. Эксперимент и математическое моделирование. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 112 с.
6. Kawamura K., Saito A., Vaegashi T. et al. Measurement of flame temperature distribution in engines by using a two-color high speed shutter: TV camera system // SAE Preprints. – 1989. – № 890320. – 8 p.
7. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 472 с.
8. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Оптические параметры частиц сажи и энергетические характеристики радиационного теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя // Тепловые процессы в технике. – 2013. – Т. 5, № 10. – С. 476-480.
9. Рубцов Н.А. Теплообмен излучением в сплошных средах. – Новосибирск: Наука, 1984. – 278 с.
10. Dent J.C., Siluman S.I. Convective and radiative heat transfer in a high swirl direct injection diesel engine // SAE Preprints. – 1977. – № 770407. – 26 p.
11. Kostin A.K., Rudnev B.I. Radiative heat transfer in a diesel cylinder an experiment and method of calculation // Heat and mass transfer in gasoline and diesel engines: Proc. 19th International Symposium. Dubrovnik, Yugoslavia, 1987. – P. 439-448.

Сведения об авторах: Руднев Борис Иванович, доктор технических наук, профессор;
Повалихина Ольга Владимировна, доцент, e-mail: povalichina@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.951

В.Д. Богданов, Л.Б. Гусева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ РЫБНЫХ ФАРШЕВЫХ КУЛИНАРНЫХ ПРОДУКТОВ

Рассмотрены изменения органолептических, физических и реологических показателей фаршевых систем различных видов рыб при термической обработке. Экспериментально обоснована рациональная скорость нагрева рыбного фарша.

Ключевые слова: термообработка, фаршевые системы, скорость нагрева, показатели качества.

V.D. Bogdanov, L.B. Guseva

IMPROVEMENT OF HEAT FISH MINCED CULINARY PRODUCT

The changes in the organoleptic, physical and rheological indicators minced systems of different species of fish during the heat treatment. Experimentally proved rational heating rate of minced fish.

Key words: heat treatment, minced system, heating rate, quality indicators.

Термообработка является важной технологической операцией, формирующей качество рыбных фаршевых кулинарных изделий и их стабильность в хранении. Исследования процесса термообработки как самого рыбного фарша, так и формованных изделий на его основе направлены на обоснование вида теплового воздействия, температуры нагревающей среды, конечной температуры продукта и продолжительности нагревания на физико-химические характеристики и органолептические свойства термически обработанного полуфабриката и готового продукта [2].

Установлено, что при различных способах и режимах тепловой обработки в среднем на 15 % снижается водоудерживающая способность белков рыбного фарша вследствие их физико-химических и коллоидно-дисперсных изменений, связанных с денатурацией [1]. Изменяется консистенция продукта: она становится более плотной. Вместе с водой (бульоном) удаляется некоторая часть растворимых органических и минеральных веществ, что снижает пищевую ценность готового продукта.

В этой связи большинство исследователей сходятся в том, что процесс термообработки необходимо проводить таким образом, чтобы достигать ее цели при минимальной степени денатурации белков. Возможно, что качество рыбных фаршевых кулинарных продуктов будет высоким, если процесс термообработки осуществлять при строго определенной скорости нагрева, а для восстановления функционально-технологических свойств фаршевых систем по окончании термообработки целесообразно проводить их дополнительное диспергирование.

Целью нашей работы являлось совершенствование процесса термообработки рыбных фаршевых кулинарных продуктов. Реализация поставленной цели предполагает исследование влияния скорости нагрева на физико-химические и органолептические свойства термически обработанного полуфабриката рыбных фаршевых кулинарных изделий.

В качестве сырья при совершенствовании процесса термообработки использовали свежемороженых навагу, минтай, сельдь тихоокеанскую и сайру, соответствующих требованиям ГОСТ 1168-86 «Рыба мороженая», ГОСТ 20057 «Сайра мороженая», ОСТ 15-403-97 «Сельдь мороженая».

Рыбу после размораживания разделявали на филе обесшкуренное, которое измельчали на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3 мм. Полученный фарш диспергировали в микроизмельчителе тканей при скорости вращения 2400 об/мин с водой и растительным маслом при процентном соотношении компонентов 60 : 20 : 20. Полученную пастообразную дисперсию переносили в количестве 100 г в стеклянные стаканы, которые помещали в шестиместную водяную баню LOIP LB – 160, имеющую предел допускаемой погрешности заданной температуры не более ± 2 °С. Для контроля температуры в центре каждого опытного образца фарша использовали набор термодатчиков checktemp 1 HI 98509, их погрешность определения $\pm 0,3$ °С.

Для экспериментальных исследований выбрано шесть режимов термообработки, описание которых приведено в табл. 1. Данный интервал начальных температур греющей среды позволяет проводить процесс термообработки с различной скоростью нагрева и в зависимости от этого проследить изменения свойств вареного полуфабриката.

Таблица 1

Режимы термообработки

Table 1

Modes of heat treatment

№ режима	Температура, °С		Продолжительность нагрева, мин	Скорость нагрева, °С/мин
	воды в бане, начальная	фаршевого полуфабриката, конечная		
1	15	80	60	1,1
2	50	80	45	1,4
3	85	80	35	1,8
4	90	80	30	2,1
5	95	80	20	3,2
6	100	80	15	4,3

Изменения свойств термообработанного полуфабриката характеризовали органолептическими, физическими и реологическими показателями.

Органолептические показатели определяли в соответствии с рекомендациями, разработанными Т.М. Сафроновой [3].

Для определения степени релаксации [Косой, 2005] в исследуемый образец термообработанного рыбного фарша погружали стеклянную палочку, которую сразу вынимали и изучали изменения образованного ею отверстия (след). Предварительно установлено, что после снятия механической нагрузки возможны следующие преобразования следа (табл. 2).

Относительное количество выделившегося при термообработке бульона рассчитывали по формуле

$$K = \frac{m}{n} \cdot 100,$$

где K – относительное количество выделившегося бульона, %; m – количество жидкости после термообработки фарша, г; n – масса навески фарша, г.

Таблица 2

Характеристика степени релаксации рыбного фарша после термообработки

Table 2

Characteristic degree of relaxation of minced fish after heat treatment

Описательная характеристика следа	Степень релаксации, баллы
След затягивается мгновенно	5
След затягивается в течение 5 мин	4
След затягивается в течение 10 мин	3
След не затягивается более чем за 10 мин	2
Одновременно с выемкой стеклянной палочки лунка (след) заполняется водой	1

Степень синерезиса (степень сжатия по высоте) рыбного фарша при термообработке определяли путем измерения высоты дисперсной системы до и после нагрева и рассчитывали по формуле

$$C_c = (h_0 - h_1) / h_0 \times 100,$$

где C_c – степень синерезиса, %; h_0 – высота фаршевой системы до термообработки, мм; h_1 – высота фаршевой системы после термообработки, мм.

При исследовании структуры определяли показатель адгезии, для чего термообработанный фарш (0,5-1,0г) помещали на гладкую поверхность (шпатель). Если он держит форму на поверхности шпателя, находящегося в горизонтальном положении, то шпатель медленно наклоняют на 45° и фиксируют время скольжения фарша вниз по поверхности шпателя до его падения, т.е. время удерживания образца на поверхности шпателя.

В табл. 3-6 приведены данные исследования влияния темпа нагрева фарша различных видов рыб на его органолептические, физические и реологические характеристики.

Таблица 3

Исследование влияния режимов термообработки фарша сельди на его органолептические, физические и реологические показатели

Table 3

Study on the effect of heat treatment on his minced herring organoleptic, physical and rheological properties

Режим нагрева	Характеристика структуры	Органолептические свойства			Степень релаксации, баллы	Степень синерезиса, %	Количество бульона, %
		Консистенция	Цвет	Вкус, запах			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Неоднородная, типа «студень», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Нежная, сочная	Бежево-коричневый	Свойственные сельди, умеренно выраженные	5	5,1	7,5
2	Неоднородная, типа «студень», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Нежная, сочная	Бежево-коричневый	Свойственные сельди, умеренно выраженные	5	4,4	5,3

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Неоднородная, типа «студень», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Нежная, сочная, тает во рту	Бежево-коричневый	Свойственные сельди, умеренно выраженные	5	3,7	4,5
4	Неоднородная, типа «студень», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Нежная, сочная, тает во рту	Бежево-коричневый	Свойственные сельди, умеренно выраженные	5	2,6	3,8
5	Неоднородная, типа «студень», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Нежная, сочная, тает во рту	Бежево-коричневый	Свойственные сельди, умеренно выраженные	1	4,3	5,9
6	Неоднородная, типа «творог с сывороткой», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Нежная, сочная, тает во рту	Бежево-коричневый	Свойственные сельди, умеренно выраженные	1	5,9	9,4

Таблица 4

Исследование влияния режимов термообработки фарша минтая на его органолептические, физические и реологические показатели

Table 4

Study on the effect of heat treatment on pollock mince its organoleptic, physical and rheological properties

Режим нагрева	Характеристика структуры	Органолептические свойства			Степень релаксации, баллы	Степень синерезиса, %	Количество бульона, %
		Консистенция	Цвет	Вкус, запах			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Разделена на плотную часть типа «пирог» и воду, плотная часть однородная, форму на шпателе держит, скользит 2 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, волокнистая	Белый	Свойственные минтаю, умеренно выраженные	2	5,1	8,8
2	Разделена на плотную часть типа «пирог» и воду, плотная часть однородная, форму на шпателе держит, скользит 2 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, волокнистая	Белый	Свойственные минтаю, умеренно выраженные	2	4,3	7,8
3	Разделена на плотную часть типа «пирог» и воду, плотная часть однородная, форму на шпателе держит, не скользит, сжатая к центру и по высоте	Сочная, волокнистая	Белый	Свойственные минтаю, умеренно выраженные	4	2,7	4,5

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Однородная, типа «пирог», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, волокнистая	Белый	Свойственные минтаю, умеренно выраженные	4	3,5	4,9
5	Однородная, типа «пирог», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Немного суховатая, волокнистая	Белый	Свойственные минтаю, слабо выраженные	3	6,3	8,2
6	Однородная, типа «пирог», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Суховатая, волокнистая	Белый	Свойственные минтаю, умеренно выраженные, посторонний запах «подпеченного»	2	8,2	9,4

Таблица 5

Исследование влияния режимов термообработки фарша наваги на его органолептические, физические и реологические показатели

Table 5

Study on the effect of heat treatment on his mince navaga organoleptic, physical and rheological properties

Режим нагрева	Характеристика структуры	Органолептические свойства			Степень релаксации, баллы	Степень синерезиса, %	Количество бульона, %
		Консистенция	Цвет	Вкус, запах			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Однородная, «монолит», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Белый, с серым оттенком	Свойственный наваге, ярко выраженный, с негативным оттенком тресковых	2	7,1	10,4
2	Однородная, «монолит», форму на шпателе держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Белый, с серым оттенком	Свойственный наваге, ярко выраженный	3	5,3	7,7
3	Однородная, «монолит», форму на шпателе держит, скользит 3 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Белый, с серым оттенком	Свойственный наваге, ярко выраженный	4	3,6	4,8
4	Однородная, «монолит», форму на шпателе держит, скользит 2 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Белый, с серым оттенком	Свойственный наваге, ярко выраженный	4	4,1	5,3

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Однородная, «монолит», форму на шпатель держит, скользит 2 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Белый, с серым оттенком	Свойственный наваге, ярко выраженный, с негативным оттенком тресковых	2	6,6	8,5
6	Однородная, «монолит», форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Белый, с серым оттенком	Свойственный наваге, ярко выраженный, с негативным оттенком тресковых	2	8,2	12,2

Таблица 6

Исследование влияния режимов термообработки фарша сайры на его органолептические, физические и реологические показатели

Table 6

Study on the effect of heat treatment on his mince saury organoleptic, physical and rheological properties

Режим нагрева	Характеристика структуры	Органолептические свойств			Степень релаксации, баллы	Степень синерезиса, %	Количество бульона, %
		Консистенция	Цвет	Вкус, запах			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Однородная, «монолит», пористая, форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Темно-бежевый	Свойственный сайре, умеренный, с незначительным оттенком окисления липидов, привкус кислый	4	7,4	9,5
2	Однородная, «монолит», пористая, форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Темно-бежевый	Свойственный сайре, ярко выраженный, без посторонних, привкус кислый	4	5,2	6,5
3	Однородная, «монолит», пористая, форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная,	Темно-бежевый	Свойственный сайре, ярко выраженный, без посторонних, привкус кислый	5	2,6	3,5
4	Однородная, «монолит», пористая, форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная	Темно-бежевый	Свойственный сайре, ярко выраженный, без посторонних, привкус кислый	5	1,9	3,1

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Однородная, «монолит», пористая, форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная, незначительно крупитчатая	Темно-бежевый	Свойственный сайре, ярко выраженный, без посторонних, привкус кислый	4	6,6	8,3
6	Однородная, «монолит», пористая, форму на шпатель держит, скользит 1 с, сжатая к центру и по высоте	Сочная, нежная, мелко крупитчатая	Темно-бежевый	Свойственный сайре, ярко выраженный, без посторонних, привкус кислый	4	7,8	10,1

Из данных табл. 3-6 следует, что для всех видов исследуемых рыб прослеживается зависимость влияния режима термообработки на органолептические, физические и реологические показатели приготовленных из их мышечной ткани фаршей. Причем у таких видов рыб, как минтай и навага влияние режима термообработки на исследуемые показатели, прежде всего физические, более заметно, чем у сельди и сайры. Вероятно, это связано с различием в химическом составе исследуемых рыб. Более высокое содержание воды в минтае и наваге способствует выделению бульона при термообработке и углублению процесса денатурации белков, о чем свидетельствует уменьшение степени релаксации и увеличение степени синерезиса их фарша по сравнению с фаршем из сельди и сайры. Экспериментальные данные показывают, что лучшими с точки зрения качества и функциональных свойств являются образцы фаршей, термообработка которых осуществлялась по режимам 3 и 4. У них более высокие показатели органолептических свойств, структуры, степени релаксации и более низкие – степени синерезиса и количества выделившегося при термообработке бульона.

Таким образом, проведенные исследования обосновывают целесообразность применения скорости нагрева рыбных фаршей и изделий на их основе 1,8-2,0 °С/мин. Более высокая скорость нагрева фаршевых систем так же, как и более низкая, ведет к снижению показателей их качества.

Список литературы

1. Байдалинова Л.С., Лысова А.С., Мезенова О.Я., Слущкая Т.Н. Биотехнология морепродуктов. – М., 2006. – 560 с.
2. Богданов В.Д. Рыбные продукты с регулируемой структурой. – М., 2005. – 310 с.
3. Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбной продукции. – М., 1998. – 244 с.

Сведения об авторах: Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор; e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru;
Гусева Лариса Борисовна, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: dalrybvtuz7@mail.ru.

УДК 664.95

Т.В. Молоткова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087 г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ПРОМЫСЛОВЫХ ОСЬМИНОГОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КУЛИНАРНЫХ ПРОДУКТОВ

Приведены данные по размерно-массовому и химическому составам промысловых осьминогов, обоснован способ первичной обработки, позволяющий сохранять полезные свойства сырья, установлено влияние предложенного способа на изменение фракционного и химического составов белков, структуру мышечной ткани осьминога.

Ключевые слова: осьминог, мышечные ткани, кожа, размерно-массовый состав, химический состав, белки, аминокислоты, структура.

T.V. Molotkova

SUBSTANTIATION OF CONDITIONS OF A PREPROCESSING OF TRADE KINDS OF AN OCTOPUS BY MANUFACTURE OF A CULINARY PRODUCT

In work data on size-weight are cited and to a chemical compound of trade kinds of octopuses, the way of the primary cutting is described, allowing to keep useful properties of raw materials, influence of the offered way on change fractional and a chemical compound of fibers, structure of muscular fabrics of an octopus is established.

Key words: octopus, muscular fabrics, the skin, size-weight structure, the chemical compound, fibers, amino acid, structure.

Введение

Одним из перспективных направлений в обеспечении населения высококачественными продуктами питания является создание пищевой продукции из сырья водного происхождения, являющегося источником ценных белков, жиров, макро- и микроэлементов, водо- и жирорастворимых витаминов, потребление которых необходимо для нормального развития и функционирования организма человека. К таким видам сырья относится осьминог, мышечная ткань которого содержит не только полноценные хорошо усвояемые белки, но и комплекс биологически активных соединений, обладающих лечебно-профилактическими свойствами [2, 6].

За последние 10 лет мировой промысел головоногих моллюсков превысил 3 млн т в год. Основу вылова составляют кальмары (75-80 %), остальная часть примерно в равных количествах приходится на осьминогов и каракатиц [7].

В отечественной практике актуальной проблемой является использование осьминога в широком ассортименте пищевых продуктов из-за большой доли отходов, значительную часть которых составляет трудноудаляемая кожа осьминога (до 37 % к массе сырья). При этом все известные способы удаления кожи предусматривают предварительную тепловую обработку осьминога, в результате которой структурно-механические характеристики мышечной ткани и ее питательные свойства ухудшаются.

Однако пищевая ценность кожи промысловых видов осьминога определяется достаточно высоким содержанием азотистых веществ – до 14 %, в том числе коллагена до 13 % в пересчете на сырую ткань [4, 6]. Кроме того, тепловая обработка кожи при температуре более

150 °С приводит к образованию приятного вкуса и аромата готового продукта, напоминающего вкус и аромат жареных грибов [4].

Исходя из вышесказанного, целью настоящих исследований явилось научное обоснование нового способа первичной обработки осьминога, обеспечивающего эффективность технологического процесса и максимальное сохранение полезных свойств сырья.

Из цели вытекают следующие задачи:

- уточнение размерно-массовые характеристики промысловых видов осьминога;
- исследование химического состава мышечных тканей и кожи;
- разработка способа предварительной обработки;
- изучение влияния технологических параметров обработки на выход и сохранение полезных свойств сырья.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований служили осьминог гигантский (*Octopus dofleini*) и осьминог песчаный (*Octopus conispadiceus*), имеющие промысловое значение.

Предметом исследования явилась первичная обработка промысловых осьминогов льдо-солевой смесью.

В работе использовались стандартные и общепринятые физические, органолептические, химические методы исследования. Количество белковых веществ во фракциях – по ГОСТ 26889-86 на приборе «Foss Rjeltec 2300», гистологические исследования – оптическим методом.

Для гистологических исследований контролем служил сырой необработанный осьминог. Подготовленные образцы нарезают поперечным срезом размером 10 мк и окрашивают пищевым красителем Е 122. Образцы подсушивают, фиксируют на предметных стеклах, просматривают под микроскопом марки «Биолам» (увеличение в 200 раз), фотографирование проводят цифровым фотоаппаратом марки SONI DSC–HX7V.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что размерно-массовый состав осьминога зависит от пола особей, нерестовых изменений и сезона вылова – к началу весны самки мельче самцов, но к поздней осени самки превышают по массе самцов.

Известно, что нерест происходит в ноябре, продолжается до 5 месяцев. В течение всего периода самка находится у гнезда и не питается, поэтому к началу весны организм самки истощен. После инкубационного периода особи начинают полноценно питаться и к концу весны – началу лета набирают массу. В связи с этим некоторые экземпляры самок даже превышают самцов в массовом соотношении мышечной ткани [1].

Установлено, что осьминог гигантский (*Octopus dofleini*), выловленный в мае, имеет среднюю массу 7 кг, длину около метра, а в июле отмечается быстрое увеличение массы почти в 2 раза (12 кг) и размера в 1,5 раза. У осьминога песчаного (*Octopus conispadiceus*) так же, как и у осьминога гигантского, особи, выловленные в мае, мельче, чем выловленные в июле.

Сравнительный анализ соотношения мышечных тканей и кожи отдельных частей осьминога позволил уточнить, что с увеличением массы осьминога увеличивается доля мантии преимущественно за счет кожи. Однако эти изменения не имеют какого-либо практического значения.

Химический состав мышечной ткани и кожных покровов осьминога гигантского (*Octopus dofleini*) и песчаного (*Octopus conispadiceus*) сходен и не зависит от вида моллюска, сезона вылова, но зависит от массы сырья.

С увеличением массы тела осьминога увеличивается содержание воды и уменьшается содержание белка. В мышечной ткани мантии воды меньше, чем в мышечной ткани щупалец, а количество белка в мантии выше, чем в мышечной ткани щупалец. В коже мантии воды содержится больше, чем в коже щупалец, содержание белка в коже щупалец почти в 2 раза

больше, чем в коже мантии. Кожа мантии и щупальцев осьминога более минерализована, чем мышечная ткань. Установлено, что в тканях осьминогов с увеличением массы моллюска уменьшается содержание белка, но увеличивается содержание воды. Необходимо отметить высокое содержание в тканях осьминога минеральных веществ, что согласуется с литературными данными [5].

Анализ аминокислотного состава мышечной ткани и кожи промысловых видов осьминога показывает, что качественный и количественный составы аминокислот белков осьминога гигантского (*Octopus dofleini*) и осьминога песчаного (*Octopus conispadiceus*) сходен. Белки мышечной ткани и кожи осьминога содержат большое количество глутаминовой кислоты, ее доля достигает 13,8-16,8 %. Высокое содержание глутаминовой кислоты обуславливает сладковатый вкус моллюску. Кроме глутаминовой кислоты в тканях осьминога преобладают: глицин до 13,5 %; пролин до 10,1 %; аланин до 7,9 %. Их сумма достигает в среднем 48 %, что свидетельствует о высоком содержании количества коллагена, который влияет на гелеобразующую способность тканей моллюска. Отличительной особенностью является меньшее содержание глицина, аланина, оксипролина и пролина в мышечной ткани осьминога, чем в коже, что влияет на более гелеобразующую способность кожи в отличие от мышечной ткани осьминога.

Результаты исследований аминокислотного состава белка осьминога согласуются с литературными данными [2, 6].

По результатам литературного и патентного поиска было обнаружено, что все существующие способы первичной обработки осьминога предусматривают снятие кожи с сырого осьминога или термообработку, облегчающую снятие кожи. Однако такая обработка в значительной степени ухудшает органолептические характеристики мышечной ткани, которая приобретает жесткую, тяжело разжевываемую консистенцию. Тепловая обработка, осуществляемая варка при температуре 100 °С в течение 15-30 мин, приводит к потере части питательных веществ. Использование известного способа удаления кожи осьминога с помощью ферментативной обработки позволяет использовать продукты ферментолиза только для получения соусов [6].

Для эффективной разделки осьминога предложен способ удаления кожных покровов (Пат. № 2287961, Пат. № 2289960, Пат. № 2434537, Пат. № 2428060), включающий обработку осьминога льдосолевой смесью, последующую варку при температуре 100 °С до 15 мин, охлаждение и снятие кожи, с последующим использованием кожи моллюска.

Обработка льдосолевой смесью способствует сохранению белка в тканях, так как в ходе жесткого перетирания осьминога с солью и льдом часть белка осьминога (поверхность) денатурирует, происходят так называемые «солевые ожоги», в результате чего образуется оболочка, которая предотвращает вымывание белков при последующей варке. Это позволяет максимально сохранить питательные компоненты сырья, повысить пищевую ценность готового продукта.

Одновременно в процессе перетирания осьминога с солью и льдом образуется вязкий раствор солерастворимой части белка. При последующем механическом перемешивании осьминога образуется губчатая масса, препятствующая переходу ценных питательных веществ из мышечной ткани и кожных покровов в варочные бульоны. Это, в свою очередь, способствует увеличению пищевой ценности готового продукта и увеличению выхода полуфабриката.

Анализ экспериментальных данных показал, что разработанный способ первичной обработки промысловых осьминогов (соотношение соли и льда экспериментально подобрано 1 : 1, расход льдосолевой смеси – 4 % от массы обрабатываемого сырья, продолжительность перемешивания до 40 мин, продолжительность варки – до 8 мин) позволяет в большей мере, по

сравнению с известным (протирание солью, промывание в проточной воде и варка осьминога в 3%-м солевом растворе до 30 мин [3], сохранять белковые фракции. Так, по общему белку это сохранение составляет более чем на 6 % от исходного содержания (рис. 1), по водорастворимому белку – более чем на 8 %, по солерастворимому – более чем на 11 %, по щелочерастворимому (уменьшение) – более чем на 19 %.

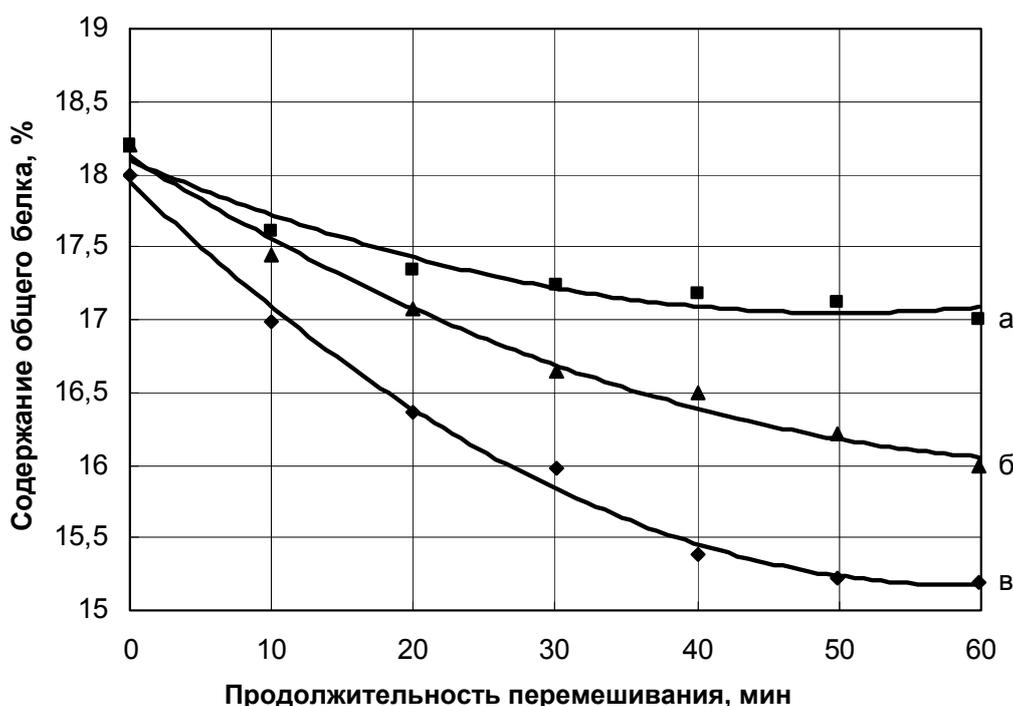


Рис. 1. Влияние продолжительности перемешивания сырья со льдосолевой смесью на содержание общего белка при соотношении соли и льда: а – 1 : 1; б – без льда; в – 2 : 1

Fig. 1. The Impact of the length of peremeshav of raw materials with losalamos mixture on the maintenance of the General fiber in a ratio of salt and ice: а – 1 : 1; б – without ice; в – 2 : 1

Представленные результаты объясняются тем, что при перетирании осьминога с солью и льдом образуется вязкий раствор солерастворимой части белка. Последующее механическое перемешивание осьминога приводит к образованию губчатой массы, препятствующей переходу ценных питательных веществ из мышечной ткани и кожных покровов в варочные бульоны. За счет чего выход полуфабриката увеличивается более чем на 8 %. Общая биологическая ценность полуфабриката, полученного предложенным способом, более чем на 3 % выше по сравнению с аналогичным показателем полуфабриката, полученного известным способом, и составляет около 85 %.

Разработанный способ первичной обработки промысловых осьминогов позволяет не только сохранить питательные компоненты сырья и увеличить выход полуфабриката, но и значительно улучшить консистенцию продукта. Это свойство продукта в значительной степени зависит от его структуры, которая зависит от параметров термического воздействия осьминога. Для подтверждения этого была изучена структура мышечной ткани осьминога на всех этапах первичной обработки. Результаты исследований показали, что обработка солью позволила сократить деструктивные изменения мяса осьминога, сгладить разрывы мышечных волокон, создать однородную тонкодисперсную структуру (рис. 2). Применение льдосолевой смеси позволяет получить однородную тонкодисперсную структуру с разрывами мы-

шечной ткани и пустотами, заполненными мышечным соком (рис. 2, а). При более длительной обработке льдосолевой смесью изменений практически не наблюдается – незначительно уменьшаются пустоты, заполненные мышечным соком (рис. 2, б).

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о положительном влиянии применения льдосолевой смеси: произошло размывание границ и равномерное набухание мышечных волокон. Все это способствует образованию монолитной структуры готовой кулинарной продукции. Полученные данные исследования структуры мышечной ткани осьминога согласуются с ранее рассматриваемыми результатами исследований их физических, реологических и органолептических характеристик [4].

Разработанный способ первичной обработки промысловых осьминогов лег в основу при разработке технологии салатов и студней, в ассортименте: салаты из мяса осьминога: «Морская жемчужина», «Морской закат», «Морская фантазия», «Морской прибой» (ТИ № 001-2011 к ТУ 9266-001-84649941-2011), салаты из морепродуктов: «Весенний», «Праздничный», «Сакура» (ТИ № 072-2011 к ТУ 9266-072-00471515-2011); студни с кусочками кожи и мяса осьминога: «Регата», «Лири», «Штиль» (ТИ№ 002-2011 ТУ 9266-002-84649941-2011), холодцы из морепродуктов: «Деликатесный», «Восточный» (ТИ№ 073-2011 к ТУ 9266-073-00471515-2011).

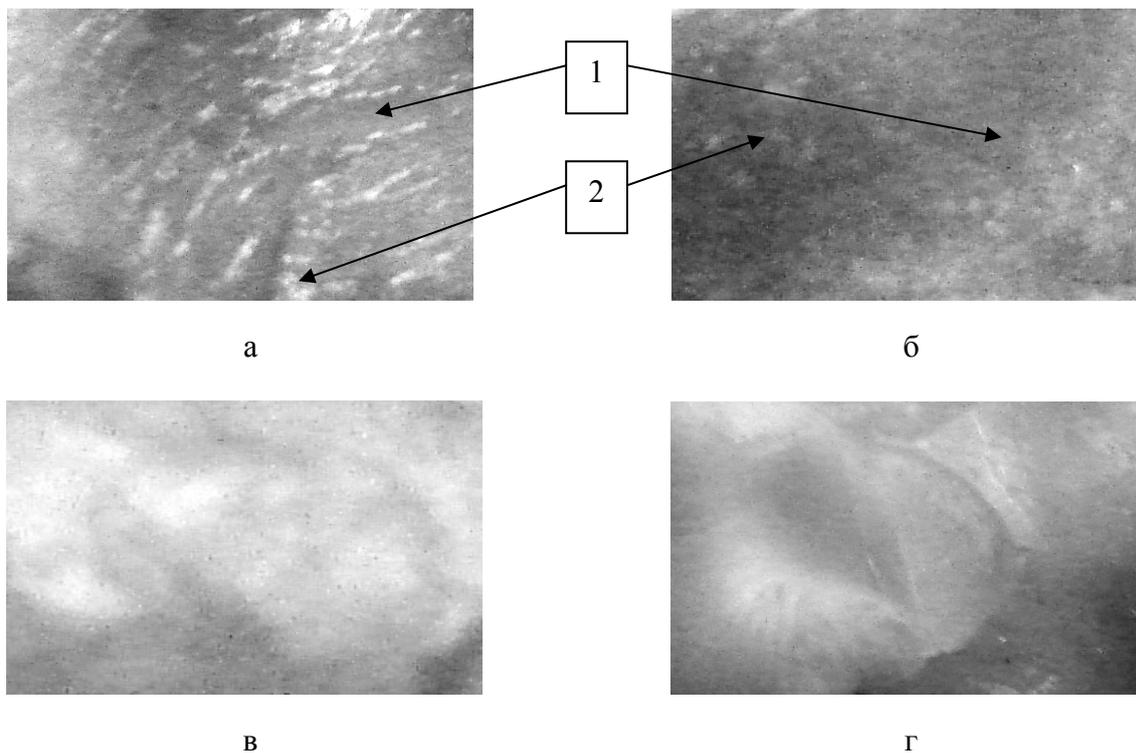


Рис. 2. Структура среза мышечной ткани образцов: а – осьминог после обработки льдосолевой смесью и механическом перемешивании в течение 40 мин; б – осьминог после обработки льдосолевой смесью и механическом перемешивании в течение 60 мин; в – осьминог после обработки солью; г – контрольный образец (осьминог без обработки), 1 – разрыв мышечной ткани; 2 – пустоты, заполненные мышечным соком

Fig. 2. Structure of a cut of a muscular fabric of samples: а – an octopus after processing by a ice-salt mix and mechanical hashing within 40 minutes; б – an octopus after processing by a ice-salt mix and mechanical hashing within 60 minutes; в – an octopus after processing by salt; г – the control sample (an octopus without processing); 1 – rupture of a muscular fabric; 2 – emptiness filled with muscular juice

Выводы

Результаты проведенных исследований позволили установить следующие выводы:

1. Кожные покровы промысловых видов осьминога составляют до 33,9 % от массы сырья. По химическому составу установлена идентичность мышечной ткани и кожных покровов промысловых видов осьминога. Установлено наличие в тканях осьминога глутаминовой кислоты до 16,8 %, глицина до 13,5 %; пролина до 10,1 %; аланина до 7,9 %. Их сумма достигает в среднем 48 %, что свидетельствует о высоком содержании количества коллагена, который влияет на гелеобразующую способность тканей моллюска.

2. Разработан способ первичной обработки осьминога, позволяющий по сравнению с известным сохранить общий белок на 6 %, солерастворимый белок на 11 %; улучшить структуру тканей за счет сглаживания разрывов мышечных волокон, создания однородной тонкодисперсной структуры и равномерного набухания мышечных волокон.

3. Полученные результаты при изучении влияния технологических параметров обработки на выход и сохранение полезных свойств сырья легли в основу разработанной и утвержденной нормативной документации.

Список литературы

1. Дацун В.М., Мизюркин М.А., Новиков Н.П. и др. Справочник по прибрежному рыболовству: биология, промысел и первичная обработка / под общ. ред. В.М. Дацуна. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. – 267 с.

2. Зюзьгина А.А., Купина Н.М. Химический состав и технологическая характеристика осьминогов Японского моря: сб. науч. тр. // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 142. – С. 323-329.

3. Кизеветтер И.В. Лов и обработка промысловых беспозвоночных дальневосточных морей. – Владивосток: Приморское кн. изд-во, 1962. – 224 с.

4. Ким Э.Н., Молоткова Т.В. Химические и функциональные свойства кожи осьминога, используемой как сырье для производства кулинарных изделий // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Междунар. науч.-техн. конф: в 2 ч. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – Ч. II. – С. 102-105.

5. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Микроэлементный состав промысловых головоногих моллюсков: кальмаров и осьминога // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 125. – С. 9.

6. Козырева О.Б., Слуцкая Т.Н. Обоснование условий протеолиза покровных тканей головоногих моллюсков с целью получения пищевых эмульсий // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 125. – С. 338.

7. Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего допустимого вылова гидробионтов по Дальневосточному бассейну на 2011 г. (краткая версия). – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2013. – 322 с.

Сведения об авторе: Молоткова Татьяна Викторовна, кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: ladygina2@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 637 : 664

С.П. Григорьева, Л.К. Юрченко, И.В. Пищулина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ТОЧЕК СИТА С ДВУМЯ ПРИВОДНЫМИ ЭКСЦЕНТРИКАМИ

В пищевой, рыбной, химической и других отраслях используются сита средних размеров. На малых предприятиях, на кухнях ресторанов, столовых, кафе, в химических лабораториях часто нужно использовать небольшие сита из-за малых объемов классифицируемого материала и из-за мелкости частиц самого материала. Универсальное плоское сито отвечает этим требованиям. Для приведения в колебательное движение короба с ситом, на котором находится просеиваемый материал, используются различные виды приводов, одним из которых служат эксцентрики.

Получены формулы относительной, переносной и абсолютной скоростей концевых точек плоского сита в различных его положениях, а также найдена угловая скорость вращательного движения этого сита вокруг неподвижной оси при горизонтальном его положении.

Ключевые слова: эксцентрик, приводной механизм, сыпучий материал, просеивание.

S.P. Grigoreva, L.K. Iurchenko, I.V. Pishchulina

DETERMINATION OF SPEEDS OF POINTS OF THE SIEVE WITH TWO DRIVING CLOWNS

In food, fish, chemical and others the average sizes of sieve are used. At small enterprises, in kitchens of restaurants, dining rooms, cafe, chemical laboratories it is often necessary to use small sieves because of small volumes of a classified material and because of a fineness of particles of the material. The universal flat sieve meets all these requirements. For the reduction in an oscillating motion of a box with a sieve on which there is a sifted material, different types of the drives to one of which serve eccentric disks are used.

In this article the formulas of relative, figurative and absolute speeds of trailer points of a flat sieve in its various provisions are received, and also the angular speed of a rotary motion of this sieve round a motionless axis is found at its horizontal situation.

Key words: eccentric, drive mechanism, granular materials, sow.

Многие виды отраслей промышленности нуждаются в просеивании сыпучих материалов. Просеивание осуществляется с помощью сит разнообразной конструкции.

Для придания ситу с коробом колебательного движения используются различные приводные механизмы. Одним из таких механизмов является вал с насаженными на него двумя

круглыми эксцентриками – дисками с эксцентриситетом $e = \frac{R}{2}$, где R – радиус диска.

Эксцентрики диски развернуты так, что если совместить их плоскости, то второй окажется повернутым вокруг оси вращения относительно первого на 180°. Располагаются эксцентрики у передних концов сита. При вращении первый диск поднимает конец сита на максимальную высоту, в это время второй эксцентрик позволит другому концу сита опуститься на минимальную высоту. Такое сито описано в [3]. В результате сито совершает колебательное движение с амплитудой, равной эксцентриситету, вокруг оси, проходящей по его

середине параллельно боковым сторонам. Эта ось закреплена в стойках и наклонена под небольшим углом к горизонту для способствования сходу.

Посчитаем скорости концевых точек сита в двух характерных его положениях, когда скорость равна нулю и когда она максимальна.

Первое положение сита – горизонтальное. Точки касания имеют максимальную скорость \vec{V} . Второе положение – одна точка касания занимает верхнее положение, другая – нижнее, и имеют скорости, равные нулю.

На рис. 1 покажем первое положение сита, а также вид сбоку эксцентриковых дисков. Через точку B проходит ось вращения сита. O_1O_2 – ось вращения эксцентриков. Точки C_1 и C_2 – центры масс эксцентриковых дисков.

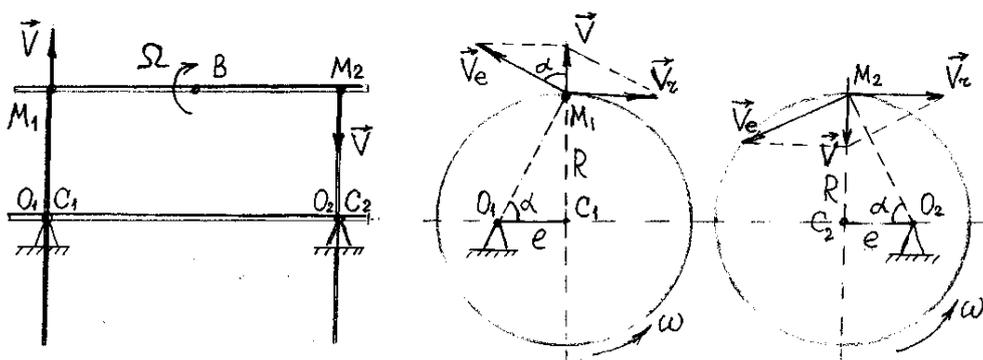


Рис. 1. Первое положение сита
Fig. 1. First provision of a sieve

$O_1C_1 = O_2C_2 = e$ – эксцентриситет. M_1 и M_2 – точки касания сита и диска. Направление вращения – против хода часовой стрелки; ω – угловая скорость вращения; \vec{V} – абсолютная скорость точек M_1 и M_2 .

Точки M_1 и M_2 совершают сложное движение. Разложим это движение на два простых согласно схеме (рис. 2).



Рис. 2. Схема сложного движения точек M_1 и M_2
Fig. 2. Scheme of complex movement of points of M_1 and M_2

По схеме переносная скорость точек определится как скорость при вращении вокруг оси O_1O_2 с угловой скоростью ω каждого эксцентрикового диска. Радиус вращения $O_1M_1 = O_2M_2 = \frac{R}{\sin \alpha}$, где α – угол между O_1C_1 и O_1M_1 , а также между O_2C_2 и O_2M_2 (см. рис. 1).

Переносная скорость точек M_1 и M_2 выразится

$$V_e = O_1M_1 \cdot \omega = O_2M_2 \cdot \omega = \frac{R}{\sin\alpha} \cdot \omega, \quad \left(\begin{array}{l} O_1M_1 \perp \vec{V}_e \uparrow\uparrow \omega \\ O_2M_2 \perp \vec{V}_e \uparrow\uparrow \omega \end{array} \right).$$

Относительная скорость есть скорость движения точек M_1 и M_2 по поверхности дисков, т.е. по окружности радиуса R , поэтому $\vec{V}_r \perp R$.

Согласно теореме о сложении скоростей, абсолютная скорость каждой из точек M_1 и M_2 есть диагональ параллелограмма, построенного на векторах \vec{V}_e и \vec{V}_r .

Из рис. 1 следует:

$$V_r = V_e \sin\alpha = \frac{R}{\sin\alpha} \cdot \omega \cdot \sin\alpha = R\omega,$$

$$V = V_e \cos\alpha = \frac{R}{\sin\alpha} \cdot \omega \cdot \cos\alpha = R\omega \cdot \operatorname{ctg}\alpha.$$

Если учесть, что $\operatorname{ctg}\alpha = \frac{e}{R}$, то абсолютная скорость точек M_1 и M_2 будет равна:

$$V = R\omega \cdot \operatorname{ctg}\alpha = R\omega \frac{e}{R} = \omega \cdot e = \omega \frac{R}{2}.$$

Покажем второе положение сита, когда одна точка касания занимает крайнее верхнее положение, вторая точка – крайнее нижнее положение (рис. 3).

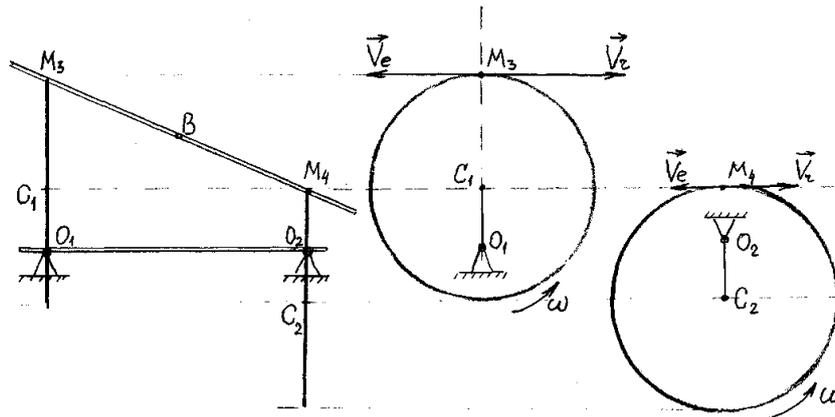


Рис. 3. Второе положение сита
Fig. 3. The second position of sieve

Абсолютная скорость точек M_3 и M_4 равна нулю. Переносная скорость точки M_3 :

$$V_e = O_1M_3 \cdot \omega = (R + e)\omega, \quad (O_1M_3 \perp \vec{V}_e \uparrow\uparrow \omega).$$

Переносная скорость точки M_4 :

$$V_e = O_2M_4 \cdot \omega = (R - e)\omega, \quad (O_2M_4 \perp V_e \uparrow \uparrow \omega).$$

Согласно теореме о сложении скоростей $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, так как $V = 0$, то $V_e = -V_r$.

Следовательно, относительная скорость точки M_3 равна $V_r = (R + e)\omega = \frac{3}{2}R\omega$; для точки M_4 :

$$V_r = (R - e)\omega = \frac{R}{2}\omega.$$

При движении точки касания эксцентрика и сита сверху вниз его относительная скорость уменьшается от $\frac{3}{2}R\omega$ до $R\omega$ и $\frac{R}{2}\omega$, т.е. на величину $\frac{R}{2}\omega = e\omega$.

Переносная скорость уменьшается от $\frac{3}{2}R\omega$ до $\frac{R}{2}\omega$, т.е. на величину $R\omega = 2e\omega$, абсолютная – от 0 до $\frac{R}{2}\omega$ и до 0 .

Можно вычислить угловую скорость вращения сита вокруг оси C в момент, когда сито занимает горизонтальное положение:

$$\Omega = \frac{V}{\frac{1}{2}a} = \frac{\omega e}{\frac{1}{2}a} = \frac{\omega \frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}a} = \frac{\omega R}{a},$$

где a – размер сита M_1M_2 .

Эта скорость пропорциональна $\frac{R}{a}$. Так как $R < a$, то $\Omega < \omega$.

Список литературы

1. Машины и аппараты пищевых производств / под ред. акад. В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 1383 с.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
3. Григорьева С.П. Круглый эксцентриковый механизм / С.П. Григорьева, Л.К. Юрченко, И.В. Пищулина, Б.К. Бобылев // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Вып. 25. – С. 137-140.

Сведения об авторах: Григорьева Светлана Петровна, главный специалист ИЗО,
e-mail: spru_vl@lift.ru;
Юрченко Лилия Константиновна, доцент;
Пищулина Ирина Валентиновна, старший преподаватель, e-mail: stepka_53@mail.ru.

УДК 531.2

Н.П. Кадочникова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

Произведен расчет постоянной силы \bar{P} , приложенной к колесу, под действием которой колесо катится без скольжения в нужном направлении, и рассмотрен момент, когда колесо находится на грани срыва.

Ключевые слова: колесо, движение, качение без скольжения, сила сцепления.

N.P. Kadochnikova

DYNAMIC STUDY OF THE MOTION OF A BODY

In this article the computation of force \bar{P} has been worked out. Under the action of force applied at the wheel it slides in a proper direction. The moment, when the wheel is nearly at upset is considered in the article.

Key words: wheel, motion, rocking without sliding, force of grip.

Введение

Для оснастки трала применяются колеса, которые крепят трос к тралу и помогают мешку трала спуститься или зайти на наклонный слип. Особенно важно использование колес при донном тралении, что помогает защитить трал от зацепов и разрывов. Исследование движения колеса помогает использовать их как при опускании мешка трала по наклонному слипу, так и при подъеме на слип.

Очень важно качение колеса без скольжения, в противном случае происходит износ поверхности колеса, что нежелательно.

Объекты и методы исследования

Проводится исследование движения колеса массой m , движущегося по наклонной плоскости под действием постоянной силы \bar{P} .

Определить значение постоянной силы \bar{P} , под действием которой качение без скольжения колеса носит граничный характер, т.е. сцепление колеса с основанием находится на грани срыва.

Найти также для этого случая уравнение движения центра масс колеса, если $X_{co} = 0$, $V_{co} = 0$.

Приняты следующие обозначения: R, r – радиусы большой и малой окружностей; i_c – радиус инерции колеса относительно центральной оси, перпендикулярной его плоскости; f_{cu} – коэффициент сцепления (коэффициент трения покоя); δ – коэффициент трения качения.

Дано: $m = 200$ кг; $R = 60$ см; $r = 10$ см; $i_c = 50$ см; $\alpha = 15^\circ$; $\beta = 30^\circ$; $f_{cu} = 0,10$; $\delta = 0$.

Определить: силу P методами теоретической механики, используя дифференциальные уравнения плоского движения и проанализировать движение колеса.

На колесо действуют силы: $\bar{G} = m\bar{g}$ – сила тяжести колеса; (\bar{N}, \bar{F}_{cu}) – реакция шероховатой поверхности; $\bar{N} \perp$ поверхности – нормальная реакция; \bar{F}_{cu} – сила сцепления; \bar{P} – заданная сила.

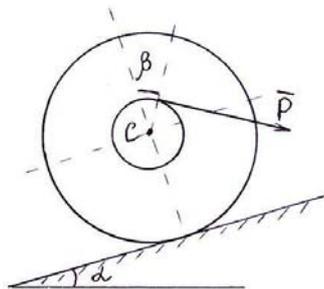


Рис. 1. Колесо
Fig. 1. Wheel

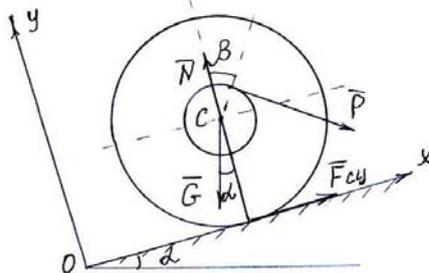


Рис. 2. Действующие силы
Fig. 2. Active forces

Силу \bar{F}_{cy} направим условно в сторону положительного направления оси x .

Дифференциальные уравнения плоского движения колеса имеют вид

$$m\ddot{x}_c = \sum F_{kx}^e; \quad m\ddot{y}_c = \sum F_{ky}^e; \quad J_c\ddot{\varphi} = \sum M_c(\bar{F}_k^e),$$

в данном случае

$$m\ddot{x}_c = P \cos \beta - G \sin \alpha + F_{cy}; \tag{1}$$

$$m\ddot{y}_c = N - G \cos \alpha - P \sin \beta; \tag{2}$$

$$J_c\ddot{\varphi} = Pr - F_{cy}R. \tag{3}$$

Положительное направление отсчета угла поворота колеса принято направление по часовой стрелке, что соответствует движению центра колеса в положительном направлении оси x .

В соответствии с этим направление по часовой стрелке принято положительным при определении знаков моментов внешних сил в уравнении (3).

Добавим уравнения связей:

$$Y_c = R = const; \tag{4}$$

$$\omega = \dot{\varphi} = \frac{V_c}{R} = \frac{\dot{X}_c}{R}. \tag{5}$$

Уравнение (5), связывающее угловую скорость колеса ω со скоростью центра V_c , выражает условие качения колеса без скольжения.

Дифференцируя (4) и (5) по времени, получим

$$\dot{y}_c = 0; \tag{6}$$

$$\ddot{\varphi} = \ddot{X}_c / R. \tag{7}$$

Подставляя (6) и (7) в (2) и (3) и учитывая, что $G = mg$, $J_c = mi_c^2$,

$$N = P \sin \beta + mg \cos \alpha.$$

Уравнения (1), (3) примут вид

$$m\ddot{x}_c = P \cos \beta - G \sin \alpha + F_{cy};$$

$$mi_c^2 \ddot{x}_c / R = Pr - F_{cy} R.$$

Исключая \ddot{x}_c из уравнений, находим F_{cy} :

$$I_c^2 (P \cos \beta - G \sin \alpha + F_{cy}) = R(Pr - F_{cy} R);$$

$$F_{cy} (i_c^2 + R^2) = RPr - i_c^2 P \cos \beta + i_c^2 mg \sin \alpha;$$

$$F_{cy} = [P(Rr - i_c^2 \cos \beta) + i_c^2 mg \sin \alpha] / (R^2 + i_c^2),$$

или с учетом исходных данных

$$F_{cy} = -0,25P + 208. \quad (8)$$

$F_{cy} = 0$. $P_o = 809H$ – график пересекает ось P в точке P_o (рис. 3).

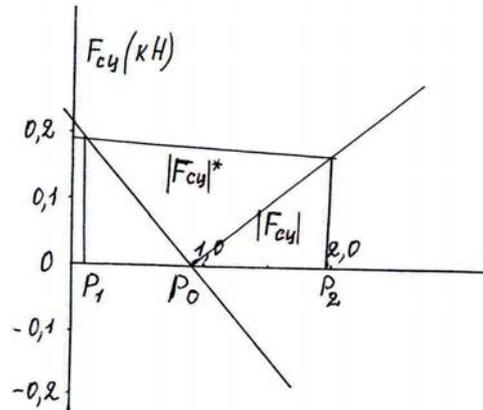


Рис. 3. График зависимости F_{cy} и P
Fig. 3. Graph F_{cy} и P

Результаты и их обсуждение

Построен график зависимости F_{cy} от P и \ddot{X} от P .

Из графика (рис. 3) следует:

при $0 \leq P \leq P_o$ $F_{cy} > 0$ – сила сцепления направлена в положительном направлении оси x ;

при $P > P_o$ $F_{cy} < 0$ – сила сцепления направлена в противоположную сторону.

Модуль силы сцепления, обеспечивающий качение колеса без скольжения, подчинен следующему ограничению:

$$|F_{cy}| \leq f_{cy} \cdot N;$$

$$|F_{cy}|^* = f_{cy} \cdot N = (P \sin \beta + mg \cos \alpha) f_{cy} = 0,05P + 190;$$

$$|F_{cy}| \leq 0,05P + 190;$$

$$F_{cy} = f_{cy} N, \quad -F_{cy} = f_{cy} N;$$

$$-0,257P + 208 = 0,05P + 190. \quad 0,257P - 208 = 0,05P + 190.$$

В результате вычислений получим

$$P_1 = 58,6 \text{ Н}; \quad P_2 = 1923 \text{ Н}.$$

Дифференциальное уравнение движения центра колес после исключения $F_{си}$ из (1) и (3) примет вид

$$\ddot{X}_c = R[P(R \cos \beta + r) - mg \sin \alpha R] / [m(R^2 + i_c^2)],$$

или с учетом данных

$$\ddot{X}_c = 0,003P - 1,498. \tag{9}$$

$$\ddot{X}_c = 0 \text{ при } P = 492 \text{ Н}.$$

При $P = P_1$ имеем $\ddot{X}_c = -1,32 \text{ м/с}^2$ (рис. 4).

Дважды интегрируя дифференциальное уравнение с учетом начальных условий, получим $X_c = -0,66t^2$; колесо катится вниз по наклонной плоскости.

При $P = P_2$, $\ddot{X}_c = 4,36 \text{ м/с}^2$ (рис. 4), $X_c = 2,18t^2$.

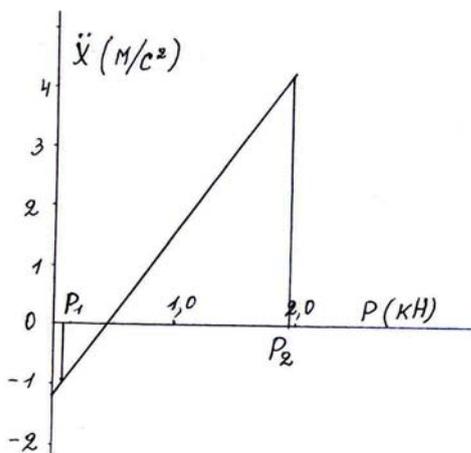


Рис. 4. График зависимости \ddot{X} и P
Fig. 4. Graph \ddot{X} и P

Выводы

Исследования движения колеса показывают, что при $P = P_2$ колесо катится в сторону положительного направления оси x . Движение колеса происходит в нужном направлении только при определенных значениях силы P , варьируя значения силы P , можно заставить двигаться колесо в том или ином направлении.

При подъеме или опускании трала по наклонному слипу применяются колеса, которые крепят трос к тралу и помогают мешку трала зайти на слип. При донном тралении идут по грунту колеса и предохраняют трал от зацепа и разрыва.

Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Наука, 2003. – 416 с.
2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / под ред. А.А. Яблонского. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 1985. – 386 с.

Сведения об авторе: Кадочникова Нина Павловна, доцент, e-mail: vrt@mail.ru.

УДК 664.02 + 664.952

Д.Ю. Проскура, И.В. Панюкова, С.Д. Угрюмова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАСАДОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ЭКСТРУЗИОННОГО ФОРМОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ
ИЗ ВЯЗКОЙ ПИЩЕВОЙ МАССЫ**

Рассматриваются вопросы по оптимизации процессов экструзионного формования продукции из вязкой пищевой массы с использованием универсальных насадочных устройств, имеющих автономные регулируемые электроприводы, позволяющие устанавливать их на разные марки серийных экструзионных машин с быстрым согласованием работы рабочих органов, для мобильной переналадки и выпуска на базовых машинах новых, не предусмотренных изначально видов формованной продукции без серьезных экономических затрат.

Ключевые слова: насадочные устройства, фарш, формованные изделия, оборудование.

D.Y. Proskura, I.V. Paniukova, S.D. Ugryumova

**PUCKED MULTIFUNCTION FOR EXTRUSION MOLDING PRODUCTS
FROM VISCOUS MASS**

The article is devoted to the process of optimization of production of the extrusion molding products from viscous food supply and with the application of universal packed devices with self-contained adjustable electric tools, that allow to set them on the different types of extrusion machines, with fast matching of operational bodies, food the rapid changeovers and output new form of molded products with the use of primary types of machines without serious economic costs.

Key words: packed device, stuffing, molding products equipment.

Введение

Увеличение производства пищевой продукции из гидробионтов приводит к обновлению и совершенствованию технологического оборудования рыбообрабатывающих предприятий.

Анализ сырьевой базы Дальневосточного региона позволил определить актуальность направления изготовления аналогов деликатесных продуктов на основе мышечной ткани рыб. Это расширит область использования гидробионтов, разнообразит ассортимент готовой продукции, а также будет способствовать решению проблемы увеличения выпуска пользующихся спросом традиционных изделий из рыбного фарша, производство которых сократилось из-за снижения объемов добычи гидробионтов.

Целесообразность создания и производства новых видов пищевых продуктов обусловлена рядом экономических, социальных, технических, ресурсных, энергетических, экологических и медико-биологических факторов. Так, в результате неблагоприятной экологической обстановки многие пищевые продукты утратили прежнюю лечебную и функциональную ценность, способность к длительному хранению и гарантированную безопасность для здоровья человека. Кроме того, имеет место несбалансированность продуктов питания по незаменимым пищевым веществам, что влечет за собой необходимость их обогащения аминокислотами, витаминами, минеральными и другими веществами или дополнительного систематического употребления указанных ингредиентов с пищей. Сложившаяся ситуация благоприятна для развития новых научно обоснованных принципов, примером реализации которых является производство аналогов пищевых продуктов.

Современные достижения в области физиологии и биохимии питания являются основой для разработки новых продуктов, которые удовлетворяют требованиям гигиены питания различных категорий населения, обладают высокими гастрономическими свойствами, пищевой и биологической ценностью. Перспективными в этом плане являются технологии производства аналогов пищевых продуктов на основе сырья растительного и животного происхождения.

Для современного рыбоперерабатывающего оборудования характерна тенденция механизации трудоемких и монотонных операций, тем самым обеспечен выпуск новых видов продукции и обработка сырья с наименьшими потерями. Автоматизация производства является одним из основных направлений технического прогресса. Она увеличивает производительность оборудования, улучшает качество продукции, повышает безопасность работы, снижает себестоимость, сокращает потери от брака. Возможность и уровень автоматизации в рыбообработывающей промышленности зависит от многих факторов: сочетания непрерывных процессов и периодических, а также наличия ручного труда. Несмотря на это, в рыбной промышленности автоматизированы многие технологические процессы.

Во всем мире большой популярностью пользуются продукты, изготовленные из фарша «Сурими». Особый раздел – это производство так называемых имитационных морепродуктов: крабовых палочек, креветок, омаров, лангустов и т.д. Современные технологии дают возможность изготовить имитационные продукты, максимально приближенные по вкусовым и органолептическим характеристикам к натуральным аналогам, пользующимся заслуженной популярностью у населения. Преимущество имитационных продуктов в том, что при незначительных экономических затратах получается высококачественная продукция.

Отмечается, что при создании аналогов не обязательно полностью имитировать присущие натуральному продукту характеристики. Такие изделия могут превосходить традиционную продукцию по биологической ценности, а также иметь более высокий уровень технологических и потребительских свойств, которые возможно формировать с учетом традиционных моделей питания, медико-биологических рекомендаций (диетическое, лечебно-профилактическое и детское питание), а также сферы применения (общественное питание, домашние условия и т.п.).

Объекты исследования

Несмотря на то, что существуют перспективы производства новых продуктов питания, совершенно оригинальных по вкусу, внешнему виду, структуре, составу и свойствам, спрос на такие изделия может быть лимитирован влиянием социально-культурных факторов. Поэтому, по современным представлениям, при получении аналогов желательнее не выходить за пределы привычных для потребителя органолептических и технологических характеристик пищевых продуктов.

Сырьем для изготовления аналогов могут служить различные объекты животного и растительного происхождения. Перспективными считаются рыбные фарши, а также биомасса из гидробионтов.

При создании новых продуктов питания аналогов возникает ряд научно-технических проблем, которые условно можно разделить на две группы [3].

К первой относятся вопросы, связанные с формированием структуры пищевого продукта, обеспечивающей определенный комплекс физико-химических свойств. Другая группа включает задачи придания продуктам необходимого цвета, вкуса и запаха с помощью пищевых красителей, вкусовых и ароматизирующих веществ, а также вопросы регулирования состава и биологической ценности путем обогащения аминокислотами, витаминами, минеральными солями и другими компонентами. Это подразделение на группы условно, поскольку возможности регулирования состава, окрашивания и ароматизации пищевого продукта тесно связаны с его структурой. Считается, что именно структура во многом определяет сенсорное восприятие

продукта, его физико-химические свойства. С данным свойством непосредственно связаны механические показатели изделий: упругость, вязкость, пластичность, прочность и т.д., называемые из-за этой тесной связи структурно-механическими или реологическими [1].

Процесс формирования структуры пищевого продукта обычно состоит из стадий получения многокомпонентной системы, формования ее и этапа фиксации формы путем перевода в гелеобразное состояние. Состав исходной системы, природа структурообразователя и условия структурообразования определяют комплекс органолептических, реологических и физико-химических свойств готового изделия.

Традиционный метод формирования структуры пищевого продукта типа «Крабовые палочки» включает в себя сложный процесс с большим количеством различных единиц технологического оборудования в производственной линии (рис. 1).

Предлагаемый способ изготовления продукта, имитирующего крабовое мясо, включает формование из рыбного теста путем экструзии через формирующую насадку, с одновременной структуризацией формирующейся заготовки под структуру мышечной ткани крабовых фаланг, с дальнейшей тепловой обработкой, порционированием и обработкой белковой эмульсией [4] (рис. 2).

Рис. 1. Традиционная схема производства крабовых палочек «Салатные»
Fig. 1. Traditional scheme of production of crab sticks “Salad”

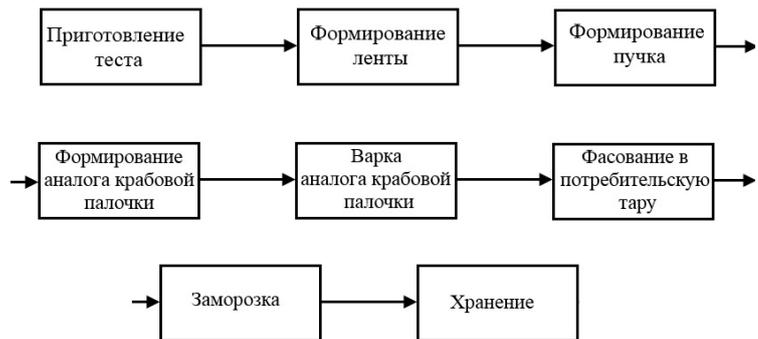
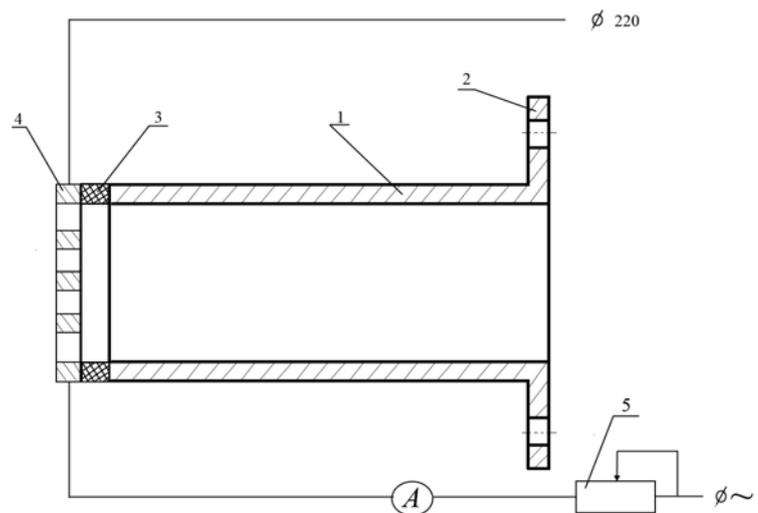


Рис. 2. Насадка с термоструктурирующей регулируемой решеткой:

- 1 – корпус насадки; 2 – фланцевое крепление; 3 – керамическая теплоэлектроизоляционная шайба;
- 4 – термоструктурирующая решетка;
- 5 – регулятор температуры решетки

Fig. 2. Nozzle with adjustable lattice thermal structuring: 1 – nozzle body; 2 – flange mount; 3 – ceramic heat-insulating washer; 4 – lattice thermal structuring; 5 – lattice temperature controller



Это позволяет существенно сократить количество единиц технического оборудования в линии по производству крабовых палочек, что экономически целесообразно, так как уменьшает стоимость линии, количество обслуживающего персонала, а также энергопотребление и производственные площади (рис. 3).



Рис. 3. Схема производства крабовых палочек с насадочным устройством
Fig. 3. Traditional scheme of production of crab sticks with a packed device

Существуют три основных принципа образования гелеобразных структур: термо-, ионо- и лиотропный. Термотропный способ основан на нагревании или охлаждении тиксотропных систем, содержащих белковые, структурообразующие или другие пищевые вещества, и используется, например, при получении формованных изделий из рыбного или мясного фарша, белки которых способны образовывать гелеобразные структуры при нагревании.

Рыбный фарш по структуре – это вязкая масса, имеющая сложный химический состав, требующая для обработки и изготовления из нее готового продукта специальное технологическое оборудование со сложным технологическим процессом.

Предлагаемая нами насадка к формующему устройству позволяет формировать мясо дальневосточного шрима, используя стандартные машины для производства батончиков из вязкой массы (фарш «Сурими», сырная или творожная масса).

Насадка имеет отдельный электропривод, что позволяет подстраивать ее под технические характеристики различных формующих машин [2].

Насадка состоит из трубки с фланцевым креплением с одной стороны и двумя копирами – с другой. Копиры имеют автономный электрический привод для настройки под скорость подачи фарша на разных моделях формующих устройств, копиры расположены в одной плоскости с плотным контактом между собой в выходном отверстии соединяющей трубки.

Привод копиров осуществляется через вал и две конические зубчатые передачи (на каждый копир), обеспечивающие равномерное вращение копиров в противофазе. Копиры могут быть изготовлены из плотного фторопласта и орошаются водой из двух форсунок для предотвращения прилипания фарша к копиру (рис. 4).

Данная насадка позволяет серьезно оптимизировать производство имитационных продуктов из фарша «Сурими». Производственное предприятие, выпускающее пищевую продукцию с использованием экструзионной техники разных марок и назначений для формирования сырных или творожных батончиков, рыбных палочек, котлет, сосисок, колбас разных размеров и качества, имеющих вязкую структуру, может увеличить ассортимент выпускаемой продукции, не увеличивая парк дорогостоящего производственного оборудования, не расширяя производственные площади. Так как насадка имеет в комплекте переходные фланцы для крепления к оборудованию разных марок, также имеет индивидуальный электрический регулируемый привод для адаптации под производительность оборудования разных марок и назначения. А съемные формирующие копиры позволяют без демонтажа формующей насадки быстро перейти на другой вид имитационной продукции в зависимости от потребности рынка [5].

При изготовлении имитации мяса креветки, имеющей криволинейную форму с волнистой поверхностью и уменьшающимся до ноля поперечным сечением, будет эффективно применение насадочного устройства с поперечно установленной в корпусе насадки ирисовой диафрагмой.

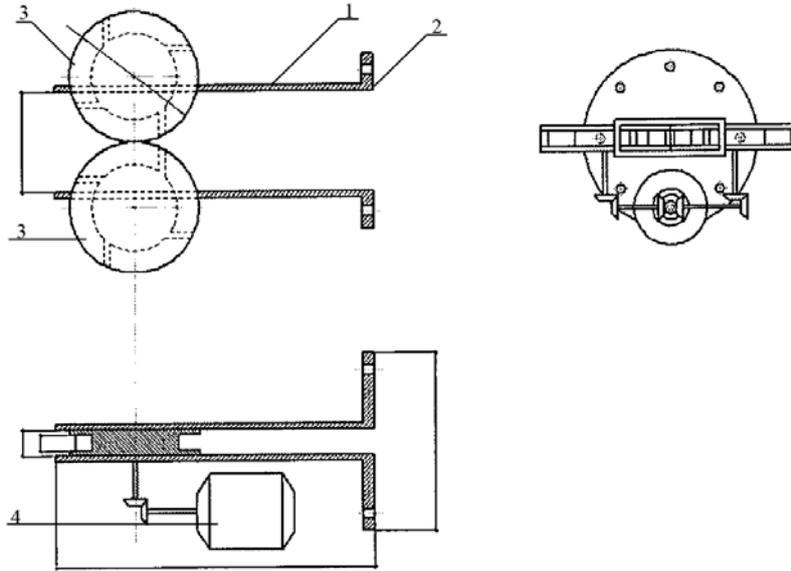


Рис. 4. Эскизы экструзионного устройства производства имитационных продуктов из фарша «Сурими»: 1 – корпус формирующей насадки; 2 – фланец для крепления к формирующему устройству (сменный для возможности крепить формирующее устройство к разным маркам экструзионных машин); 3 – сменные формирующие копиры; 4 – автономный электропривод для формирующих копиров
 Fig. 4. Sketches extraction apparatus production of imitation products from “SURIMI”: 1 – nozzle body; 2 – flange for attachment to the forming device (removable for opportunities to strengthen the forming device to different makes of extrusion machines); 3 – shape shifting copiers; 4 – autonomous electric molding for copiers

Данное насадочное устройство отличается от описанных выше тем, что не имеет сменных форм, структурирующих решеток и производит только один вид продукции: имитацию тушки креветки, но с соблюдением всех геометрических размеров аналога, также с возможностью устанавливать насадочное устройство на разные модели базовых экструзионных машин для вязкой пищевой массы (рис. 5).

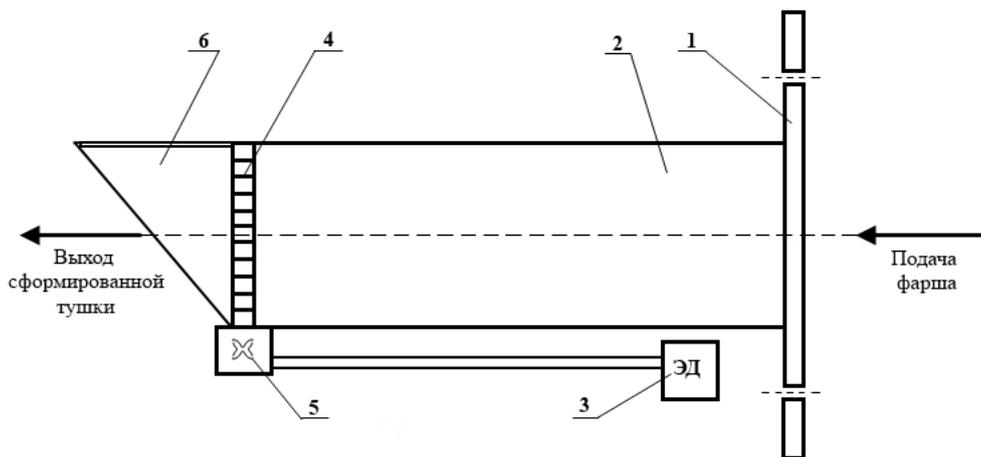


Рис. 5. Насадочное устройство с ирисовой диафрагмой: 1 – фланец для крепления насадки к экструдеру; 2 – корпус насадочного устройства; 3 – автономный электропривод; 4 – ирисовая диафрагма; 5 – зубчатая передача; 6 – выходное отверстие
 Fig. 5. Checkerwork iris: 1 – flange to the nozzle to the extruder; 2 – body packing device; 3 – autonomous electric; 4 – iris; 5 – gear; 6 – outlet

Важным элементом данного насадочного устройства является ирисовая диафрагма, использование которой позволяет сформировать максимально похожую на оригинал тушку.

Для этого необходимо соизмерить скорость подачи приготовленного по необходимой рецептуре фарша в насадку из базовой экструзионной машины и скорость закрывания (до отсекания) ирисовой диафрагмы, что достигается настройкой скорости и периодичности открывания и закрывания ирисовой диафрагмы электронным блоком управления электродвигателем с микрозадержками для придания заготовки волнистой поверхности и отрезания сформированной тушки при завершении формования. Электродвигатель быстро открывает диафрагму (см. рис. 5), для непрерывного последующего формования новой тушки, для этого электродвигатель должен быть реверсивным, с изменяющейся скоростью вращения.

Сравнительные характеристики насадочных устройств для формовочной машины модели КММ-100 фирмы «ТОАСО»

Вид насадочного устройства	Вид (форма) сформированного продукта	Скорость расхода массы, кг/мин	Производительность, шт./мин	Настройка и наладка, мин
Штатная цилиндрическая Ø 50 мм	Батончик	0,7÷0,8	12÷14	10÷12
Штатная цилиндрическая Ø 25 мм	Батончик	0,7÷0,8	25÷27	10÷12
Имитационная со сменными формами:				
а	Имитация тушки шримса	0,7÷0,8	45÷50	10÷15
б	Имитация тушки креветки	0,7÷0,8	50÷60	10÷15
с	Имитация клешни краба	0,7÷0,8	50÷55	10÷15
д	Имитация раковой шейки	0,7÷0,8	50÷55	10÷15
Насадочное устройство с ирисовой диафрагмой				
	Имитация тушки креветки:			
а	мелкой	0,7÷0,8	90÷100	10÷12
б	средней	0,7÷0,8	70÷80	10÷12
с	крупной	0,7÷0,8	50÷55	10÷12
Термоструктурирующее насадочное устройство	Крабовая фаланга с волокнистой (мышечной) структурой	0,7÷0,8	35÷40	10÷15

Выводы

Предложенные модели экструзионных насадочных устройств актуальны для предприятий малого бизнеса, работающих в сфере производства аналогов и имитирующих деликатесную продукцию из морепродуктов. Технические решения, использованные в насадочных устройствах, позволяют использовать их на любых серийных моделях экструзионных машин, применяемых в таких областях пищевой промышленности, как производство сырных и творожных изделий, хлебобулочных изделий, изделий из мясного и рыбного фарша, а также комбинированных изделий (фарши с добавками соевого концентрата). Наличие на насадках

универсального крепления к экструзионным машинам и автономного регулируемого электропривода позволяет использовать их практически на всех марках экструзионных машин, применяемых на пищевых предприятиях.

Простота в монтаже и обслуживании экструзионных насадочных устройств позволяет существенно оптимизировать процесс экструзионного формования и быстро изменять или расширять ассортимент выпускаемой продукции.

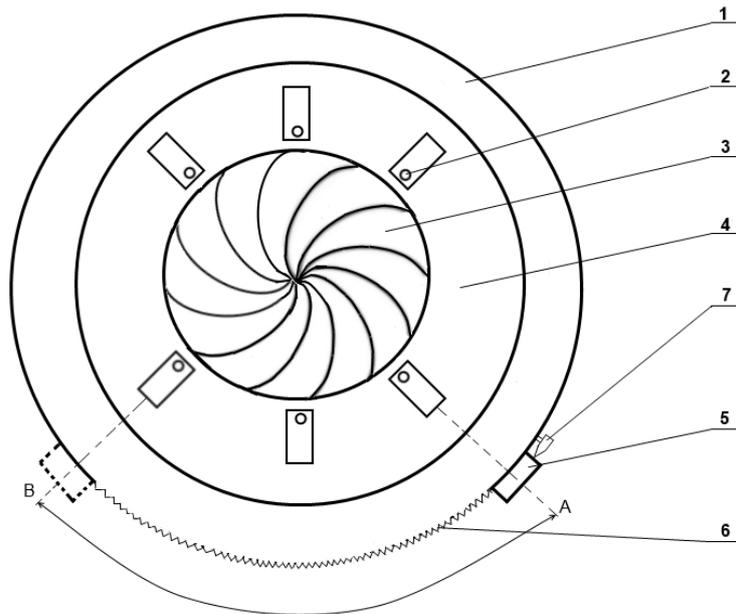


Рис. 6. Ирисовая диафрагма: 1 – корпус диафрагмы; 2 – шпеньки диафрагмы; 3 – лепестки диафрагмы; 4 – диафрагменное кольцо; 5 – переводной рычаг; 6 – зубчатая планка для передачи движения на открывание-закрывание; 7 – датчик завершения формования тушки для возврата в открытое положение. Положение А – полностью закрыта диафрагма; В – полностью открыта

Fig. 6. Iris diaphragm: 1 – body aperture; 2 – pegs aperture; 3 – diaphragm blades; 4 – aperture ring; 5 – transferable lever; 6 – tooth bar for transmitting motion to the opening-closing; 7 – sensor comp lit molding carcass to return to the open position. Position A – completely closed aperture; B – fully open

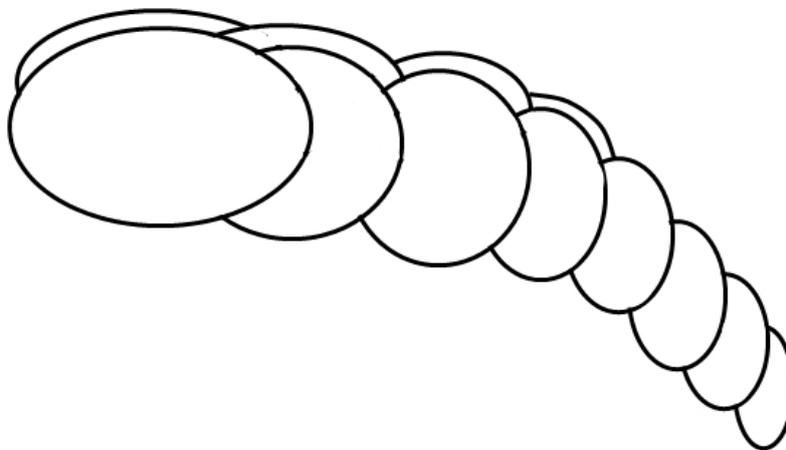


Рис. 7. Общий вид сформированной тушки

Fig. 7. General view formed carcass

Список литературы

1. Проскура Д.Д. Варианты модернизации существующих технологических линий производства фаршевых изделий // Современные тенденции разработки, проектирования и эксплуатации пищевого оборудования: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011.

2. Пат. Российская Федерация, 86845U1. Устройство для экструзионного формования заготовок из вязкой пищевой массы / Проскура Д.Ю., Славгородская А.В., Сченснович А.Д., Проскура Д.Д. 2009.

3. Проскура Д.Ю. Практическое осуществление процессов экструзионного формования продукции из вязкой пищевой массы // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010.

4. Пат. Российская Федерация, 2 280 389 С1. Способ изготовления продукта типа «Крабовое мясо» / Проскура Д.Ю., Ким И.Н., Дерябин А.А., Артюхов И.Л. 2005.

5. Проскура Д.Ю., Панюкова И.В., Угрюмова С.Д. Оптимизация процессов экструзивного формования продукции из вязкой пищевой массы // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток, 2014.

Сведения об авторах: Проскура Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель,
e-mail: dim.proskura@mail.ru;

Панюкова Ирина Владимировна, аспирант, e-mail: strekoza84i@mail.ru;

Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор.

УДК 628.35-574.24.044

А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ МОРСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ РЫБОВОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены методы подготовки морской воды для рыбоводных предприятий, выявлены их достоинства и недостатки. Установлено, что фильтрация является первой и необходимой стадией подготовки морской воды, целью которой является удаление крупных загрязнений, таких как песок, микроводоросли, нефтепродукты и другие примеси. Определены три стадии процесса фильтрования и факторы, определяющие эффективность фильтрации морской воды.

Ключевые слова: методы, морская вода, подготовка, рыбоводные предприятия, анализ, факторы, стадии.

A.I. Fedorova, S.D. Ugryumova

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF PREPARATION OF SEA WATER FOR THE FISH-BREEDING ENTERPRISES

The methods preparation of sea water for the fish-breeding enterprises are considered, their merits and demerits are revealed. It is set that filtering is the first and necessary stage of preparation of the sea water which purpose is deleting large pollution, such as sand, microseaweed, oil products and other impurity. Three stages of process of filtering and the factors defining efficiency of filtering sea water are defined.

Key words: methods, sea water, preparation, fish-breeding enterprises, analysis, factors, stages.

На предприятиях, занимающихся выращиванием гидробионтов, метод или совокупность методов подготовки морской воды выбирают на основе изучения свойств исходной воды (морская вода – агрессивная среда), характера и вредности примесей, представляющим собой взвешенное (грубодисперсное), коллоидное и растворенное состояние [2].

Среди основных методов подготовки морской воды, используемых на рыбоводных предприятиях, можно выделить: механические; физико-химические и биологические методы (рисунок).

Физико-химические методы подготовки морской воды высокоэффективны, легко справляются с большим количеством примесей и вредных веществ, имеющих значительный диапазон концентрации примесей [4].

Применение методов обессоливания не может быть принято на рыбоводном предприятии по следующим причинам: 1) искусственное получение пресной воды в настоящее время обходится гораздо дороже, чем ее получение из природных источников; 2) влияние обессоленной воды на гидробионты и организм человека до конца не изучено; 3) сброс громадного количества солей в акваторию близ предприятия нарушает устойчивую экологическую обстановку; 4) необходимость тщательной предподготовки; 5) большие капитальные и энергозатраты и др. [1].

Целью химического обеззараживания, УФ-стерилизации и стерилизации ультразвуком является подавление жизнедеятельности содержащихся в морской воде болезнетворных микроорганизмов.



Методы подготовки морской воды для рыбоводных предприятий
 Methods of preparation of sea water for the fish-breeding enterprises

Под химическим обеззараживанием морской воды понимается отстаивание с предварительной коагуляцией при помощи химических реагентов (коагулянтов, флокулянтов), образующих хлопья гидроокисей, которые при осаждении захватывают взвешенные примеси в морской воде [2].

Достоинством химического обеззараживания является высокая эффективность обеззараживания. Однако этот метод подготовки морской воды имеет следующие недостатки: 1) дополнительные затраты на химические реагенты; 2) использование химических реагентов не благотворно влияет на морские гидробионты; 3) при химическом обеззараживании в морской воде остаются детриты и флокулы; 4) эффективность метода может заметно снижаться без последующей грубой и тонкой фильтрации.

Под абсорбцией понимается процесс пропускания морской воды через слой активированного угля, поскольку он является отличным абсорбентом. Однако активированный уголь на предприятиях используется довольно редко по причине высокой стоимости. В качестве абсорбента для морской воды подходят цеолиты [5]. Недостатками абсорбентов являются: 1) периодическая необходимость регенерации или замены; 2) эффективность очистки напрямую зависит от конструкции фильтра.

УФ-стерилизация и стерилизация ультразвуком довольно эффективно стерилизуют морскую воду. Доза облучения не менее 30 мДж/см². Для полной стерилизации достаточно пяти минут. Однако при использовании этих методов, как и в случае химического обеззараживания, эти методы имеют следующие недостатки: 1) в морской воде остаются детриты; 2) эффективность методов может заметно снижаться без последующей грубой и тонкой фильтрации.

При подготовке морской воды биологические методы используются в случае, когда возникает необходимость снижения уровня азотсодержащих веществ до нетоксичного уровня: нитратов (NO₃⁻) до 0,05-10,0 мг/л, нитритов (NO₂⁻) до 0-0,04 мг/л и аммонийных солей (NH₄⁺) до 0,0-0,10 мг/л.

Под процессом биологической фильтрации понимается преобразование токсичного для гидробионтов аммиака в нетоксичные нитраты естественным путем, при помощи аэробных бактерий (нитрифицирующих), жизнедеятельность которых невозможна без кислорода.

Достоинствами данного метода являются: 1) естественность процесса; 2) способность долгое время сохранять пригодные условия для жизнедеятельности микроорганизмов. К недостаткам биологической фильтрации относятся: 1) необходимо время развития в биофильтре популяции аэробных бактерий нужного вида и количества; 2) работа биологического фильтра должна быть постоянного действия, поскольку при прекращении поступления морской воды хотя бы на 1,5-2 ч нарушается обеспечение аэробных бактерий воздухом, что приводит к их гибели; 3) при биофильтрации не допускается накопление детрита, поскольку он приводит к гибели гидробионтов; 4) работа биологического фильтра неприемлема без предварительной механической очистки морской воды; 5) в процессе работы биофильтра происходит накопление нитратов до критической концентрации и возникает необходимость их снижения при помощи денитрификации.

Под процессом денитрификации понимается микробиологический процесс разрушения азотсодержащих соединений с образованием молекулярного азота, выделяющегося в атмосферу при помощи анаэробных бактерий (денитрифицирующих). К недостаткам процесса денитрификации относятся: 1) для осуществления процесса необходимы затраты большого количества времени (1-3 месяцев) для точной настройки денитрификатора, обеспечивающего прохождение процессов восстановления; 2) даже самый точно настроенный и оптимально работающий денитрификатор легко дает сбой при изменениях состава морской воды. И тогда все настройки приходится выполнять заново; 3) невозможность или затрудненность прямого выноса метаболитированного нитрата из воды.

Сущность механических методов заключается в том, что из морской воды путем сепарации, центрифугирования, отстаивания или фильтрования удаляются механические примеси. Механическая очистка позволяет выделять из подготавливаемой морской воды до 85 % взвешенных механических примесей. Достоинство механических методов подготовки морской воды заключается в возможности применения их при нормальной температуре и без добавления химических реагентов [3].

Сравнительный анализ энергетических затрат на различные методы подготовки морской воды рыбоводными предприятиями представлены в табл. 1.

Таблица 1

Энергетические затраты на подготовку морской воды [1, 2]

Table 1

Energy costs preparation sea-water

№ п/п	Методы подготовки морской воды	Энергетические затраты	
		кВт·ч/м ³	МДж/м ³
1	Физико-химические:	-	-
	- обессоливание;	4,17-55,6	15-200
	- химическое обеззараживание;	2,78-3,69	10-50
	- абсорбция;	3,3-5,5	12-20
	- УФ-стерилизация;	4,17-5,56	15-20
	- стерилизация ультразвуком	2,78-6,94	10-25
2	Механические:	-	-
	- отстаивание;	1-10	3,6-36
	- сепарирование;	2-30	7,2-108
	- центрифугирование;	2-30	7,2-108
	- фильтрование	1,5-27,7	5,4-100
3	Биологические:	-	-
	- биологическая фильтрация;	1,5-24	5,4-86,4
	- денитрификация	1,5-35	5,4-126

Для разделения морской воды и механических примесей на рыбоводных предприятиях применяются аппараты с центробежным полем действия: неподвижные (сепараторы, гидроциклоны) и приводные (центрифуги).

Вращение морской воды в сепараторах и гидроциклонах осуществляется за счет тангенциального входа потока морской воды в аппарат, т.е. по касательной к окружности. Сепараторы (гидроциклоны) и центрифуги имеют простую надежную конструкцию и высокую эффективность, просты в сборке и обладают чрезвычайно длительным сроком службы, однако их принципиальным недостатком является низкое качество разделения, что сводит к минимуму все имеющиеся преимущества [2, 5].

Под отстаиванием морской воды понимают процесс выделения из нее под действием гравитационных сил взвешенных веществ (механических примесей). Механические примеси с плотностью, большей плотности морской воды, движутся вниз (осаждаются), а с меньшей – вверх (всплывают).

Отстаивание является самым простым, наименее энергоемким и дешевым методом (не требуется сторонних затрат) выделения из морской воды механических примесей с плотностью, отличной от плотности морской воды. Недостатками этого метода являются: 1) достаточно низкая степень очистки морской воды; 2) крупные габариты; 3) отстаивание является процессом подготовки морской воды; 4) потери времени.

Фильтрация является первой и необходимой стадией подготовки морской воды. Целью фильтрации морской воды является удаление крупных загрязнений, таких, как песок, микроводоросли, нефтепродукты и другие примеси. Для задач производственной очистки морской воды применяются следующие основные типы фильтров: сетчатые фильтры (грязевики); тканые фильтры; дисковые фильтры и насыпные фильтры [2, 3].

Сетчатые фильтры (грязевики) используются для безреагентной очистки морской воды от механических взвесей, путем пропускания воды через сетку с размером ячеек от 20 до 500 мкм (в зависимости от степени загрязнения морской воды). Они также делятся на подтипы: самопромывные (очистка сетки противотоком); непромывные, или грязевики (чтобы произвести их очистку, нужно разобрать фильтр и почистить сетку вручную).

Достоинством сетчатых фильтров является: 1) простота в использовании; 2) могут работать при низком рабочем давлении. Однако не так просто осуществить очистку сетки от накопившихся загрязнений; для большинства рыбоводных предприятий считаются морально устаревшими.

Тканые фильтры представляют собой цилиндр, на который намотан специальный жгут или веревка. Значительным недостатком тканых фильтров является регулярная необходимость замены картриджей тонкой очистки, связанных с их непродолжительным сроком службы.

Дисковые фильтры очистки морской воды относятся к классу механических фильтров, назначением которых является удаление из воды крупных механических примесей размером свыше 20-50 микрон. Фильтрующим элементом этих фильтров является пакет специальных дисков, изготовленных из полимерных материалов. К достоинствам дисковых фильтров относятся: 1) высокая производительность; 2) легко промываются вручную или автоматически; 3) полностью восстанавливают свою фильтрующую способность. Однако их существенным недостатком является сравнительно низкая грязеемкость, поэтому при сильном загрязнении морской воды или большой производительности они требуют частой промывки.

Одним из наиболее современных способов подготовки морской воды на рыбоводных предприятиях является ее фильтрование через слои зернистых фильтрующих материалов с различными гранулометрическими, физико-химическими и сорбционными свойствами.

Насыпные фильтры с зернистой загрузкой имеют простую и надежную конструкцию, устойчивы к агрессивным условиям эксплуатации, эффективно очищают морскую воду от механических примесей при относительно небольшом давлении.

Процесс фильтрования условно разбивается на три стадии: перенос частиц из потока морской воды на поверхность фильтрующего материала; закрепление частиц на зернах и в щелях между ними; отрыв закрепленных частиц с переходом их обратно в поток воды.

Эффективность процесса фильтрования морской воды зависит от физико-химических свойств механических примесей, фильтрующей загрузки и гидродинамических факторов. В толщине загрузки происходит накопление загрязнений, уменьшается свободный объем пор и возрастает гидравлическое сопротивление загрузки, что приводит к росту потерь напора в загрузке.

Регенерация насыпных фильтров происходит методом обратной промывки водой. Ориентировочный срок эксплуатации одной зернистой загрузки составляет 3-5 лет, что значительно выше, чем при использовании картриджей, которые необходимо менять каждые 3-5 месяца [4].

В табл. 2 приведена техническая характеристика рассмотренных типов фильтров.

Таблица 2

Сравнительная характеристика фильтров для подготовки морской воды

Table 2

The comparative characteristic of filters for preparation of sea water

№ п/п	Технические характеристики	Типы фильтров			
		Сетчатые	Тканые	Дисковые	Насыпные
1	Номинальная производительность, м ³ /ч:				
	минимальная	20	10	20	20
	максимальная	1100	100	50	1000
2	Давление морской воды на входе, атм.:				
	минимальное	1	1	5	1
	максимальное	40	10	150	100
3	Максимальная температура	95	90	40	90
4	Поверхность фильтрования, м ²	1,7	3·10 ⁻²	40,4·10 ⁻³	2
5	Степень фильтрации, мкм:				
	минимальная	10	1	5	1·10 ⁻³
	максимальная	3000	5	500	100
6	Фильтрующий элемент	Сетка	Картридж с фильтр. тканью	Диски	Зернистый материал
7	Стоимость фильтрующего элемента	404-455\$ за шт.	30-115€ за шт.	100-325€ за шт.	0-30 руб./кг
8	Необходимость регенерации или замены фильтроэлемента, мес:				
	минимум	2	3	1	72
	максимум	3	5	3	120

Анализ известных конструкций фильтров позволил сделать вывод, что насыпные фильтры наиболее экономичны, имеют значительный ресурс эксплуатации, просты в обслуживании, имеют фильтрующую загрузку, способную длительное время работать без регенерации.

Все эти особенности обуславливают использование насыпных фильтров для малых рыбо-водных предприятий.

Получено положительное решение на полезную модель (№ рег. 2013149736), что подтверждает правильность выводов о приоритетности зернистых загрузок при подготовке морской воды.

Список литературы

1. Акимов С.С. Перспективы водопотребления береговыми предприятиями рыбной отрасли / С.С. Акимов, С.А. Лоншаков, А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова // Научн. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Т. 23. – С. 187-190.

2. Угрюмова С.Д. Обработка природных вод для рыбохозяйственных нужд / С.Д. Угрюмова, Э.А. Врищ, А.И. Федорова // Актуальные вопросы современной техники и технологии. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Т. 1. – С. 231-233.

3. Угрюмова С.Д. Физические особенности процесса фильтрации морской и пресной воды через насыпные перегородки / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова, С.А. Лоншаков // Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания: Материалы 54-й Всерос. науч. конф. – Владивосток: ТОВМИ им. С.О. Макарова ВУНЦ «ВМА», 2011. – Т. 3. – С. 193-196.

4. Федорова А.И. Факторы, влияющие на пропускную способность фильтра при зернистой загрузке / А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова // Инновации и современные технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – С. 289-294.

5. ГBT 550/2013. Разработка проектного решения оптимальных конструкций насыпных фильтрующих устройств и совершенствование линий для подготовки морской воды на рыбо-водных и рыбоперерабатывающих предприятиях / С.Д. Угрюмова, А.Н. Виктор, А.И. Федорова, М.О. Зеленкова. – Владивосток: Дальрыбвтуз. – 150 с.

Сведения об авторах: Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;
Федорова Александра Игоревна, аспирант.

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	3
<i>Буторина Т.Е.</i> Инфекционная анемия лососевых: этиология, клинические признаки, диагностика, контроль за распространением	3
<i>Долганова Н.Т., Надточий В.В.</i> Динамика количественных характеристик планктона в различных районах залива Петра Великого (Японское море).....	10
<i>Казаченко В.Н., Ковалева Н.Н., Nguyen Vu Thanh, Ha Duy Ngo.</i> Таксономический обзор паразитических копепод (<i>Crustacea: Copepoda</i>) рыб Вьетнама	20
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА	31
<i>Алифанов Р.Н., Алифанова И.А., Мироненко М.В., Шмаков А.С., Стародубцев П.А.</i> Экспериментальные исследования по разработке способа и системы дистанционной гидроакустической размеромерии	31
<i>Балабаев С.М., Ивина Н.Ф.</i> Расчет акустических нормальных волн жидкого однородного волновода	40
<i>Кудакаев В.В., Габрюк В.И.</i> База данных распорных устройств для горизонтального раскрытия устья тралов	46
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	51
<i>Бойко С.П.</i> Расчет эффективности противотечной регенерации самоочищающихся фильтров топливных и смазочных систем судовых дизелей.....	51
<i>Кирюха В.В.</i> Индуктивные датчики и их применение для решения задач оперативного контроля толщины слоя коррозии	58
<i>Корнейчук Ю.А.</i> Визуализация сигналов физических полей на персональном компьютере.....	65
<i>Плоткина В.А.</i> Теория пограничного слоя на рубеже XIX-XX веков	70
<i>Руднев Б.И., Повалихина О.В.</i> Оптико-геометрические характеристики теплообмена излучением в камере сгорания дизельного двигателя	80
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	88
<i>Богданов В.Д., Гусева Л.Б.</i> Совершенствование процесса термообработки рыбных фаршевых кулинарных продуктов	88
<i>Молоткова Т.В.</i> Первичная обработка промысловых осьминогов при производстве кулинарных продуктов.....	95
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ	101
<i>Григорьева С.П., Юрченко Л.К., Пищулина И.В.</i> Определение скоростей точек сита с двумя приводными эксцентриками.....	101
<i>Кадочникова Н.П.</i> Динамическое исследование движения тела	105
<i>Проскура Д.Ю., Панюкова И.В., Угрюмова С.Д.</i> Многофункциональные насадочные устройства для экструзионного формования продукции из вязкой пищевой массы	109
<i>Федорова А.И., Угрюмова С.Д.</i> Сравнительный анализ методов подготовки морской воды для рыбоводных предприятий.....	117

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	3
<i>Boutorina T.E.</i> Infectious salmon anemia: etiology, clinical signs, diagnostics, and prevention.....	3
<i>Dolganova N.T., Nadtochy V.V.</i> Dynamics of quantitative characteristics of plankton in the different areas of the Peter the great bay (sea of Japan)	10
<i>Kazachenko V.N., Kovaleva N.N., Nguyen Vu Thanh, Ha Duy Ngo.</i> Taxonomic review of the parasitic copepod (<i>Crustacea: Copepoda</i>) fish in Vietnam.....	20
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	31
<i>Alifanov R.N., Alifanova I.A., Mironenko M.V., Shmakov A.S., Starodubtcev P.A.</i> Experimental research on the development of method and system for remote hydroacoustic razmerometrii	31
<i>Balabaev S.M., Ivina N.F.</i> Calculation of acoustic normal waves of liquid homogeneous waveguide.....	40
<i>Kudakaev V.V., Gabruk V.I.</i> Database: otter devices for horizontal mouth opening of the trawl.....	46
SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES	51
<i>Boyko S.P.</i> Calculation of efficiency of regeneration of self-cleaning filter used in fuel and lubricant systems of ship diesel engines	51
<i>Kiryuha V.V.</i> Inductive sensors and their application to solving operational control corrosion layer thickness.....	58
<i>Korneychuk Y.A.</i> Visualization of signals of physical fields on the personal computer	65
<i>Plotkina V.A.</i> Theory of boundary layer on the turn XIX – XX centuries	70
<i>Rudnev B.I., Povalikhina O.V.</i> Optical-geometrical data radiative heat transfer in diesel engine combustion chamber.....	80
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	88
<i>Bogdanov V.D., Guseva L.B.</i> Improvement of heat fish minced culinary product	88
<i>Molotkova T.V.</i> Substantiation of conditions of a preprocessing of trade kinds of an octopus by manufacture of a culinary product.....	95
TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT OF FISHERIES	101
<i>Grigoreva S.P., Iurchenko L.K., Pishchulina I.V.</i> Determination of speeds of points of the sieve with two driving clowns	101
<i>Kadochnikova N.P.</i> Dynamic study of the motion of a body	105
<i>Proskura D.Y., Paniukova I.V., Ugryumova S.D.</i> Pucked multifunction for extrusion molding products from viscous mass.....	109
<i>Fedorova A.I., Ugryumova S.D.</i> The comparative analysis of methods of preparation of sea water for the fish-breeding enterprises	117

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Статья должна соответствовать научным требованиям, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть не более 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, межстрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word, одним объектом, а не состоять из частей, сами формулы должны быть 12-14 кегля.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.bmp. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

Статья должна включать следующие данные:

1. Индекс УДК (на первой странице в левом верхнем углу).

2. Инициалы и фамилии всех авторов, через запятую.

3. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс.

Если авторов несколько и они работают в разных учреждениях, возле названия каждого учреждения и фамилии автора ставится соответствующий надстрочный символ.

4. Над фамилиями авторов справа указывается один из следующих разделов сборника:

- **Ихтиология. Экология.**

- **Промышленное рыболовство. Акустика.**

- **Судовые энергетические установки, устройства и системы, технические средства судовождения, электрооборудование судов.**

- **Технология и управление качеством пищевых продуктов.**

- **Технологическое и транспортное оборудование рыбохозяйственной отрасли.**

5. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов). Заголовки набирают полужирными заглавными буквами. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

6. Аннотацию (не более 700 печатных знаков) набирают курсивом.

7. Ключевые слова (не более 9).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы (возможно выделение данных разделов в тексте):

Введение

Объекты и методы исследований

Результаты и их обсуждение

Выводы

9. Список литературы оформляется согласно ГОСТ 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3].

На английском языке необходимо предоставить следующую информацию (после ключевых слов на русском языке):

- инициалы и фамилии авторов;
- заглавие статьи;
- текст аннотации;
- ключевые слова (Key words);
- подписи к рисункам и названия таблиц (приводятся в тексте по смыслу).

Сведения об авторах приводятся в конце статьи (после списка литературы) и включают в себя: Фамилия, имя, отчество (полностью), научная степень, звание, должность, e-mail.

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 3 на CD диске, флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов.

2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.

3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника (ректора ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз» Кима Г.Н.) на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза не требуется сопроводительное письмо).

4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати с гербовой печатью организации.

5. Заявка (Ф.И.О., город, учреждение, название статьи, название рубрики, контактные (рабочий, сотовый) телефоны, дата подачи статьи).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Пример оформления статьи

УДК 123

Ихтиология. Экология

А.А. Иванов¹, И.Б. Петров²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, 690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Аннотация.

Ключевые слова: гидробионты.

Данные на английском языке.

Текст статьи (по ширине страницы) [1, 2, 3].

Список литературы

Сведения об авторах: Иванов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ivanova@mail.ru;

Петров Игорь Борисович, кандидат биологических наук, профессор, научный сотрудник, e-mail: petrov@mail.ru.

Адрес: 690087, Россия, Владивосток, ул. Луговая, 52б, каб. 412б
Тел./факс: (4232) 44-11-76
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

Научное издание

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Сборник научных статей

Том 31

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-45533 от 16 июня 2011 г.

Редактор Т.В. Ломакина
Технический редактор И.Н. Горланова
Художественный редактор А.А. Устьянцева
Макет, обложка О.В. Нечипорук
Мастер печати Н.В. Сауцкая

Подписано в печать 28.04.2014. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 11,00. Заказ 0522. Тираж 400 экз.
Отпечатано: Издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 25