



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

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 25

Том

25

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>

2012

Редакционная коллегия:

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

Научный редактор – В.Д. Богданов, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе

В.В. Плотников, доктор географических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

В.Н. Казаченко, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

О.Н. Кручинин, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ГУП «ТИНРО-Центр»;

А.Н. Соболенко, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

Г.П. Кича, доктор технических наук, профессор ФГОУ ВПО «МГУ им. Г.И. Невельского»;

Б.И. Руднев, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

Э.Н. Ким, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

Т.Н. Слуцкая, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ГУП «ТИНРО-Центр»;

В.И. Погонец, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

С.А. Бредихин, доктор технических наук, профессор ГОУ ВПО «МГУПБ»;

Д.К. Шевченко, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

В.И. Алексеев, доктор педагогических наук, доцент ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз»;

А.В. Степанец, доктор технических наук, академик, профессор ФГОУ ВПО «МГУ им. Г.И. Невельского».

Технический секретарь – Е.Ю. Образцова

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 591.69-7

В.Н. Казаченко, Н.Н. Самотылова

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

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ КОПЕПОД РЫБ

На основании собственных данных обобщены сведения о влиянии паразитических копепод на рыб: кожу, жаберные лепестки, сердце, кровь, стенку тела, вес, органы чувств. Представлены данные об экономическом значении паразитических копепод.

Ключевые слова: паразитические копеподы, рыба, кожа, жаберные лепестки, сердце, стенка тела, органы чувств.

V.N. Kazachenko, N.N. Samotylova

PRACTICAL IMPORTANCE OF FISHE'S PARASITIC COPEPODS

On the basis of personal data on influence parasitic copepods on fishes are summarized: a skin, branchial filaments, heart, blood, body wall, weight, sense organs. Data about economic value parasitic copepods are presented.

Key words: parasitic copepods, fish, skin, branchial filaments, heart, body wall, sense organs.

Крайним выражением отрицательного влияния копепод на рыб является гибель последних [1, 2, 3 и др.]. Чаще смерть рыб регистрируется при их искусственном разведении в морских садках [4], поэтому копеподы имеют большое экономическое значение. На основании собственных данных показано влияние паразитических копепод на рыб.

Паразитические ракообразные способствуют образованию **опухолей** у рыб. Во многих случаях раны, образованные при проникновении копепод, являются воротами вторичной инфекции. Собственные наблюдения и литературные данные показывают, что головогрудь копеподы *Haemobaphes diceraus* покрывается соединительнотканной капсулой и в сердце минтая образуется большая опухоль [5].

Многие виды копепод семейства *Pennellidae* проникают глубоко в ткани хозяев, в то время как их генитальный комплекс и брюшко находятся во внешней среде. Головогрудь и шея мезопаразитических копепод *Sphyrion* sp. проникают в мускулатуру эпигонуса *Epigonus robustus*; на поверхности тела рыбы образуется вздутие диаметром 12 и высотой 3 мм [6]. В мускулатуре рыб паразитируют представители таких родов, как *Lernaea*, *Lernaeenicus*, *Opistholernaea*, *Pennella*, *Rebelula*, *Sarcotaces*, *Sarcotretes* и др. В 1981-1984 гг. была отмечена вспышка зараженности сайры (*Cololabis saira*) пенеллой *Pennella exocoeti*; из-за наличия этого паразита советскими судами был прекращен промысел этой рыбы. Эндопаразитические копеподы *Sarcotaces arcticus* располагаются в полости тела у анального отверстия рыб рода *Sebastes* [7], образуя опухоль диаметром 2,5-3,0 см; паразит покрыт соединительнотканной оболочкой, между ней и копеподой находится жидкость темного цвета. *Neobrachiella robusta* (собственные наблюдения) прикрепляется к жаберным тычинкам первой жаберной дуги рыб рода *Sebastes*, в месте прикрепления образуется опухоль; при большой интенсив-

ности инвазии эти копеподы прикрепляются к жаберным лепесткам, вызывая их патологические изменения. *Parapharodes semilunaris* (собственные наблюдения) фиксируется к жаберным дугам рыб рода *Lycodes*; в месте прикрепления паразита образуется уплотнение ткани, диаметр опухолей колеблется от 4 до 6 мм. Такие крупные копеподы, как *Haetobaphes* оказывают механическое давление на жаберный аппарат, сдавливая жаберные лепестки, нарушая в них кровообращение. Вокруг *Pennella hawaiiensis* всегда имеется сравнительно крупная зона темной уплотненной ткани в виде соединительнотканной капсулы. В этих местах имеются гнойные очаги с некрозом [8].

Копеподы поражают все органы и ткани хозяев. Многие из них **портят внешний вид рыбного сырья и качество рыбной продукции**. К таким паразитам относятся крупные мезопаразитические копеподы сфириоидной формы тела, которые перфорируют кожные покровы, глубоко проникая в мускулатуру и внутренние органы рыб, вызывая опухоли и язвы. Эти паразиты хорошо заметны на рыбах (например, тунцах, меч-рыбах, марлинах, окунях, ошибневых и др.), достигая порой длины 10 см. При большой интенсивности инвазии эктопаразиты калигоидной формы тела вызывают выпадение чешуи, гиперимию, пигментацию и некроз покровных тканей. При этом могут образоваться язвы, достигающие 4,5-105 мм (собственные данные). Калигиды *Lepeophtheirus parviventris* на треске *Gadus macrocephalus* в количестве 12 экз. полностью разрушают кожу на голове (между глаз), размер повреждения равен 6x4 см (собственные данные). Такие поражения могут быть причиной браковок и снижения сортности рыбной продукции.

Паразитические копеподы поражают **органы чувств**. К ним относятся представители родов *Lernaea*, *Lernaeenicus*, *Chondracanthus*, *Kabataella*, *Paraergasilus*, *Lernaeopodina*, *Pumiliopes*, *Pumiliopsis*, *Pseudorbitacolax*, *Pseudeucanthus*, *Ergasilus*, *Rhinergasilus*, *Vaigamius*, *Gamispinus*, *Acanthocholax*, *Acanthilochus*, *Bomolochus*, *Boylea*, *Ceratocolax*, *Holobomolochus*, *Unicolax*, *Acanthochondria*, *Tegobomolochus*, *Anuretes*, *Shiinoa*, *Kroyerina*, *Perulernaea*, *Rhinergasilus* и др.

Многие представители семейства *Philichthyidae* обитают в сейсмочувствительных каналах рыб, например, *Procolobomatus kyphosus* (собственное наблюдение) локализуется в каналах головы – в полостях лобных костей рыб рода *Sebastes*; паразит вызывает образование гематомы. По собственным наблюдениям и данным Кабаты, копепода *Phryxoccephalus cincinnatus*, поражающая глаза стрелозубого палтуса, вызывает полную слепоту глаза, так как в глазном яблоке образуется гематома, цвет его становится красным, глаз увеличивается в объеме [9].

При паразитировании **на коже** рыб копеподы питаются слизью, роговыми частичками кожного эпителия, разрушают кожные покровы, достигают кровеносных сосудов и питаются кровью хозяина, при этом кожные покровы становятся гиперемичными. По собственным наблюдениям, *Lepeophtheirus salmonis* у рыб рода *Oncorhynchus* вызывает выпадение чешуи, вокруг скопления паразитов образуется валик из слизи, под паразитами на коже имеется пигментное пятно бледно-коричневого цвета. Другой паразит – *Parapharodes semilunaris* – погружает голову в ткани хозяина *Lycodes* sp., перфорируя кожные покровы; на коже вокруг места прикрепления паразита образуется пигментное пятно диаметром 5-7 мм; когда паразит отмирает, то пигментное пятно уменьшается в размерах (2-5 мм), но в центре его можно найти останки головы; в дальнейшем ранка рубцуется. Нами зарегистрирован редкий случай локализации копеподы *Anthosoma crassum* на поверхности тела *Lamna ditropis*, а не в ротовой полости (обычное место прикрепления этой копеподы) хозяина; паразит разрушил кожу, глубоко внедрившись в ткани хозяина, вокруг него образуется воспаление ткани. Некоторые копеподы прикрепляются к плавникам рыб, например, *Clavella parva* (собственные данные) прикрепляется к дистальным концам спинного, анального и хвостового плавников рыб рода *Sebastes*, объедая плавники и оголяя дисталь-

ные концы их лучей, что, несомненно, ухудшает гидродинамические свойства органов движения рыб. На поверхности сайры – *Cololabis saira* – паразитирует копепода *Caligus macarovi*, которая разрушает покровы тела хозяина. По собственным наблюдениям, характерной особенностью паразитирования этой копеподы является то, что на поверхности рыбы образуются ранки, равные диаметру карапакса паразита. Пятна на поверхности рыбы служат причиной браковки рыбного сырья [10]. Ротовой аппарат копеподы слабо развит. Учитывая это, можно сделать предположение, что паразит выделяет пищеварительные ферменты под карапакс и здесь происходит процесс пищеварения, а затем всасывания пищи, так как у копепод имеется внекишечное пищеварение [11].

По собственным наблюдениям, копеподы (*Clavella perfida*, *C. robusta*, *Nectobranchia indivisa* и др.) способны вызывать редукцию **жаберных лепестков рыб**. *Clavella perfida* разрушает жаберные лепестки минтая даже соседних жаберных дуг. *Naobranchia occidentalis* обхватывает жаберные лепестки максиллипедами, сдавливая их, нарушая кровообращение; в месте прикрепления образуется слизь, препятствующая процессу дыхания; этот паразит при интенсивности инвазии 123 экз. вызывает анемию жабр у *Myoxocephalus jaok*. Хондракантида *Acanthochondria priacanthi* в месте прикрепления на жабрах *Arctoscopus japonicus* вызывает укорачивание или полную атрофию жаберных лепестков, образуется зона воспаления.

Копеподы *Clavella irina* вызывают образование опухолей, порой превышающих объем паразитов, при этом жаберные лепестки укорочены и деформированы; деформируются и соседние жаберные лепестки [6]. Копеподы крепятся к жаберным филаментам с помощью буллы, образуя в месте внедрения опухоль до 2-3 мм в диаметре. Опухоль представляет собой плотную структурную массу, образованную главным образом из жаберной хрящевой ткани, эпителиальной ткани и многочисленных кровеносных сосудов. С внешних сторон опухоли прилегают деформированные и удлиненные лепестки, а в местах их отсутствия – многослойный эпителий. Обнаружены значительные изменения и в морфологии вторичных жаберных лепестков, расположенных за пределами опухоли. Отмечается их атрофия. Лепестки укорочены и деформированы. В отдельных участках пролиферация жаберного эпителия, которая возникает, по-видимому, в результате повреждения паразитом клеток между респираторными складками, приводит к частичному или полному слиянию многочисленных соседних филаментов. Это приводит к сокращению «рабочей» поверхности жабр и, как следствие, к угнетению их функциональной активности [12].

Копеподы вызывают деформацию жабр, например, *Lernaeocera branchialis*, *Hatschekia plectropomi*, *Ergasilus sp.* и др.

Паразитические копеподы оказывают **влияние на внутренние органы** рыб. К таким паразитам относятся представители родов *Pennella*, *Haemobaphes*, *Cardiodectes*, *Sarcotretes*, *Sarcotaces* и др. Собственные наблюдения показывают, что имеет место жировая инфильтрация печени летучих рыб при проникновении в нее *Pennella exocoeti*. Головогрудь копеподы *Sarcotretes scopeli* проникает в полость тела хозяев, при этом головогрудь и шея паразита обхватывают печень рыбы и находятся на поверхности печени, но чаще головогрудь погружена в печень, при этом её объем, по сравнению с объемом печени незараженных рыб, уменьшается примерно в 2 раза; головогрудь *S. scopeli*, располагаясь около кишечника, вызывает уменьшение его просвета по сравнению с просветом кишечника незараженных хозяев. Внедрение мезопаразитов в брюшную полость рыб приводит к сжатию внутренних органов, особенно паренхиматозных, и нарушению их нормальной жизнедеятельности. Такое явление наблюдается при пенеллезе (*Pennella hawaiiensis*) и других болезнях, вызываемых мезо- и эндопаразитами. К копеподам, способным непосредственно оказывать влияние на внутренние органы, относятся представители родов *Lernaea*, *Pennella*, *Salmincola*, *Peroderma*, *Lernaeocera*, *Haemobaphes* и др.

Паразитические копеподы могут поражать такой важный орган, как **сердце и оказывать влияние на кровь рыб**. В дальневосточных морях к таким копеподам относятся представители рода *Haemobaphes*. Головогрудь копеподы *H. diceraus* достигает сердца минтая *Theragra chalcogramma* [5]. Представители таких родов копепод, как *Lernaeocera*, *Haemobaphes* и *Cardiodectes* всегда достигают сердца и питаются исключительно кровью рыб. Питаются кровью рыб и копеподы родов *Sarcotretes*, *Sphyrion*, *Lernaeenicus*, *Ophiolerna* и др.

Многие копеподы **поражают стенку тела рыб**. Это, как правило, мезопаразиты, например, *Pennella hawaiiensis* способна проникать через стенку тела кабан-рыбы, вызывая соответствующие изменения внутренних органов [8]. Сюда же относятся копеподы из семейств *Pennellidae*, *Sphyrriidae*, *Lernaeidae* и *Lernaeopodidae*.

Копеподы **снижают вес** зараженных рыб; среди них такие копеподы, как *Ergasilus sieboldi*, *Lernaeenicus hemiramphi*, *Peroderma cylindricum*, *Salmincola carpinis*, *Lepeophtheirus salmonis*, *Lernaeocera branchialis*, *Clavella adunca*, *Lernaea cyprinacea*, *Haemobaphes diceraus* и др. [13, 14 и др.).

В некоторых работах сообщается об **экономическом значении** паразитических копепод [8, 15, 16 и др.). Например, зараженность кабан-рыбы (*Pentaceros richardsoni*) пенеллой (*Pennella hawaiiensis*) в районе Гавайских о-вов послужила причиной браковки 36 тыс. т этой рыбы [8]. Итихара [17] перечисляет паразитов, встречающихся в морских продуктах, среди паразитических копепод названы: *Caligus bonito*, *C. katuwo*, *C. epenephele*, *Lepeophtheirus karei*, *Pennella spp.*, *Lernaea spp.*, *Phrixocephalus spp.*, *Sphyrion spp.*, *Sarcotaces spp.* Гибель рыб от паразитов приносит экономический ущерб, выражающийся значительными цифрами [4].

Паразитические копеподы могут вызывать гибель своих хозяев, особенно при искусственном разведении рыб, когда создается большая скученность рыб, способствующая более легкому переходу копепод (*Caligus elongatus*, *C. curtus*, *C. clemensi*, *C. epidemicus*, *C. spinosus*, *Lepeophtheirus salmonis*, *Salmincola californiensis*, *Lernaea cyprinacea* и др.) от хозяина к хозяину. Существенный экономический ущерб приносит копепода *Lepeophtheirus salmonis*, она вызывает выпадение чешуи, образование пигментных пятен, геморрагий и язв; даже наличие одного экземпляра паразита может служить причиной браковки рыбной продукции [2, 3, 17]. Убытки в японской аквакультуре от болезней рыб в 1988 г. составили 20 000 т стоимостью 144 млн долл. США, что составляет 6 % общей продукции аквакультуры [4].

Список литературы

1. White H.C. Sea lice (*Lepeophtheirus*) and death of salmon // J. Fish. Res. Bd. Canada. – 1940. – Vol. 5. – P. 172-175.
2. Kabata Z. Diseases caused by metazoans: crustaceans // Diseases of marine animals. – Vol. 4. Part 1. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg. – 1984. – P. 321-399.
3. Казаченко В.Н., Титар В.М. Особенности географического распространения и практическое значение паразитических копепод рыб Тихого океана // Международный симпозиум по паразитологии и патологии морских организмов: тез. докл. советских участников, Ленинград, 13-16 октября 1981. – Л.: Наука, 1981. – С. 33-41.
4. Murata A. Control of fish disease in Japan // NOAA Techn. Rep. NMFS, – 1992. – № 111. – P. 135-143.
5. Казаченко В.Н. К изучению паразитических ракообразных минтая // Вопр. морской биологии: тез. II Всесоюз. симпозиума молодых ученых, Севастополь, 1969. – Киев: Наукова думка, 1969. – С. 54-55.

6. Казаченко В.Н. Влияние паразитических копепод на рыб // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 157. – С. 204-213.
7. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea, Copepoda) рыб рода *Sebastes* (Scorpaenidae) // Тр. ЗИН АН СССР, 1986. – Т. 155. – С. 155-169.
8. Казаченко В.Н., Курочкин Ю.В. О новом виде паразитических копепод – *Pennella hawaiiensis* sp. nov. от кабан-рыбы *Pentaceros richardsoni* // Изв. ТИНРО. – 1974. – Т. 88. – С. 42-53.
9. Kabata Z. *Phrioxcephalus cincinnatus* Wilson, 1908 (Copepoda: Lernaecoridae): morphology, metamorphosis and host-parasite relationships // J. Fish. Res. Bd. Canada. – 1969. – Vol. 26. – P. 921-934.
10. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda) рыб залива Петра Великого (Японское море). – М., 1995. – 60 с. – Деп. в ВНИЭРХ 07.08.95, № 1281-рх95.
11. Neuhaus E. Untersuchungen über die Lebensweise von *Ergasilus sieboldi* Nordm // Zeitschr. f. Fischerei, 1929. – Bd. 27, H. 3. – P. 341-398.
12. Казаченко В.Н., Жадько Е.А. Влияние паразитических копепод на рыб. – М., 1998. 69 с. – Деп. в ВНИЭРХ 23.07.98, № 1330-рх98.
13. Авдеев Г.В., Авдеева Е.В. Патогенное воздействие, оказываемое паразитической копеподой *Haemobaphes diceraus* на минтая // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 287-292.
14. Kabata Z. The scientist, the fisherman and parasite // Scott. Fish. Bull. 1955. – № 4. – P. 13-14.
15. Казаченко В.Н., Титар В.М. Особенности географического распространения и практическое значение паразитических копепод рыб Тихого океана // Биологические основы рыбоводства: паразиты и болезни рыб. – М.: Наука, 1984. – С. 189-200.
16. Kazachenko V.N., Titar V.M. Special features of the geographical distribution and practical significance of parasitic copepods of the Pacific // NOAA Tech. Rep. NMFS. – 1985. – Vol. 25. – P. 85-88.
17. Итихара А. Паразиты в морских продуктах // Суйсан синко. – 1989. – Vol. 23, № 254. – С. 1-54.

Сведения об авторах: Казаченко Василий Никитич, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vaskaz@hotmail.ru;

Самотылова Нина Николаевна, аспирант, e-mail: samotnina@gmail.com.

УДК 535.214.4+574

Л.В. Кучеренко,¹ О.С. Юрченко²¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б²Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае,
690091, г. Владивосток, ул. Уткинская, 36**ПОКАЗАТЕЛИ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ
В МОРСКОЙ ВОДЕ ПОБЕРЕЖЬЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

Приведены результаты исследования радиоактивности естественных и техногенных радионуклидов в морской воде Приморского края.

Ключевые слова: радиоактивность, радионуклиды, изотопы.

L.V. Kucherenko, O.S. Urchenko**INDIKATORS OF THE SPECIFIC ACTIVITY OF RADIONUCLIDES
IN SEAWATER OF PRIMORSKY KRAI**

This paper presents the results of the study radioactivity natural and man-made radionuclides in seawater of Primorsky Krai.

Keywords: radioactivity, radionuclide, isotope.

Введение

Мировой океан покрывает три четверти поверхности Земли, что составляет 98 % всей гидросферы. Находясь в постоянном взаимодействии с атмосферой и литосферой, Мировой океан оказывает огромное влияние на климат планеты и населяющий ее животный и растительный мир.

В морских водах, кроме микроэлементов, обладающих стабильным ядром, присутствует целая группа радиоактивных элементов. Это отдельные изотопы обычных элементов, длинные ряды радиоактивных изотопов урана и тория с самыми различными периодами полураспада и изотопы элементов, возникающих под действием космических лучей: углерод-14, тритий, бериллий-10, кремний-32 и др.

Присутствие радиоактивных элементов создает естественный радиоактивный фон океана, поэтому морская вода обладает некоторой природной радиоактивностью, к которой прекрасно приспособился весь животный и растительный мир Мирового океана. Природная радиоактивность в море определяется в основном наличием в нем изотопов калия (К-40, удельная активность которого варьируется в пределах 11-18 Бк/л). Роль остальных радиоактивных элементов не велика.

Интерес к вопросам естественной радиоактивности Мирового океана постоянно растет. Это обусловлено широкими перспективами приложения результатов исследования радиоактивности океанических вод, живых организмов, донных отложений и других объектов морской среды к проблемам циркуляции и перемешивания вод океанов, геохимии многих элементов, геохронологии донных отложений, а также к вопросам гидробиологии.

В последние десятилетия достижения науки и техники создали угрозу радиоактивного загрязнения Мирового океана искусственной радиоактивностью. Радиоактивные изотопы усваиваются довольно интенсивно водорослями, простейшими организмами, рыбами и другими гидробионтами. С целью охраны прибрежных вод морей и охраны здоровья населения разработаны Санитарные правила и Нормы (СанПиН) №4631-88 «Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения».

Целью работы было определение показателей радиоактивности радионуклидов в морской воде побережья Приморского края.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования настоящей работы были пробы морской воды, взятые из различных районов Приморского края.

В пробах морской воды определялись показатели радиоактивного загрязнения – техногенные (искусственные) радионуклиды: цезий-137, стронций-90; общая активность бета-излучающих радионуклидов (175 проб); естественные радионуклиды: радий-226, торий-232, калий-40 (122 пробы).

Исследования производились на универсальном спектрометрическом комплексе «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс», предназначенном для измерения удельной (объемной) активности проб внешней среды по спектру гамма-излучения и по спектру бета-излучения.

Результаты и их обсуждение

В работе использовались традиционные методики [1,2].

Результаты исследований, проведенных в 2006-2009 гг., приведены в табл. 1-3.

Таблица 1

Средние значения удельной активности изотопов в морской воде (Бк/л)

Table 1

Average specific activity of isotopes in seawater (Bk/l)

Место	Изотоп				
	Цезий-137	Стронций-90	Радий-226	Торий-232	Калий-40
Мыс Кунгасный	1,16	0,04	2,70	0,10	1,10
Гора Спортивная	0,59	0,04	5,67	0,59	2,2
Бухта Фёдорова	0,60	0,40	3,34	1,10	3,90
Мыс Токарёвский	1,10	0,17	2,00	2,7	0,85
Бухта Анна	0,97	0,34	2,58	0,10	0,10
Бухта Патрокл	0,96	0,07	0,10	7,80	32,10
Бухта Улисс	0,34	0,10	0,10	4,35	0,10
Бухта Тихая	0,10	0,10	0,10	14,70	34,60
Мыс Щитовая	0,49	0,22	2,70	0,10	0,10
Ст. Моргородок	0,11	0,48	2,85	0,10	0,10
Ст. Чайка	0,65	0,31	2,20	0,10	0,10
Ст. Седанка	0,13	1,00	2,39	0,10	1,32
Ст. Санаторная	0,80	0,99	6,52	0,10	0,10
Ст. Океанская	0,20	0,86	1,02	0,51	0,10
Ст. Садгород	0,26	1,15	1,10	1,60	0,10
О-в Попова	2,17	0,90	4,01	0,10	0,10
О-в Рейнеке	0,96	0,10	0,70	0,10	0,10
Зал. Уссурийский	0,47	0,37	1,32	0,10	1,26
Бухта Тавайза	0,52	0,20	5,10	0,10	0,10
Шкотовский р-н	0,52	0,62	1,95	1,19	2,38
Лазовский р-н	0,53	0,43	2,51	0,10	0,28
Ольгинский р-н	0,59	0,29	5,68	0,44	0,67
Хасанский р-н	0,05	0,19	7,00	0,10	1,32
г. Дальнегорск	0,06	0,06	1,03	0,10	0,10

Таблица 2

Общая удельная активность радионуклидов в морской воде (Бк/л)

Table 2

The total specific activity of radionuclides in seawater (Bk/l)

Количество проб	Среднее значение	Максимальное значение
157	1,78	4,28

Таблица 3

Средние значения удельной активности изотопов в морской воде (Бк/л)

Table 3

An average indicators of activity of radionuclides in seawater (Bk/l)

Радиоактивный изотоп	Количество проб	Удельная активность
Калий-40	122	2,23
Радий-226	122	2,90
Торий-232	122	1,14
Цезий-137	175	0,52
Стронций-90	175	0,32

Самая большая радиоактивная загрязненность по цезию-137 – в районе о-ва Попова. Содержание стронция-90 наибольшее в районе станций Седанка и Садгород. Содержание цезия и стронция зависит от промышленных производств в этом районе, так как это техногенные радионуклиды.

Максимальное значение общей удельной активности радионуклидов в морской воде в 2,5 раза больше среднего значения, но не превышает санитарные нормы для мест водопользования населения.

Приведённые данные имеют большое значение в получении общей картины загрязнений морской воды побережья Приморского края. При обследовании морских вод побережья Приморского края не выявлены опасные уровни радиоактивного загрязнения морской воды. Содержание радиоактивных элементов в прибрежных водах Приморского края не превышают среднемноголетних значений.

Список литературы

1. Радиоактивный контроль. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзор Минздрава России, 2003. – 32 с.
2. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». – М.: Менделеево, 2005. – 23 с.

Сведения об авторах: Кучеренко Лилия Владимировна, доктор технических наук, профессор, e-mail: LVK-07@mail.ru;
Юрченко Ольга Сергеевна, врач.

УДК 621.74.001

Н.Ю. Пахомова, М.А. ДорошенкоДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ
ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И СРЕДЫ ИХ ОБИТАНИЯ**

Рассмотрены особенности проведения контрольных мероприятий в области соблюдения предприятиями и организациями природоохранного законодательства в части охраны водных биоресурсов и среды их обитания, выполнения ими обязательных экологических требований. Выделены основные этапы проведения контрольных проверок, рассмотрены функции экологического контроля и надзора, а также основные пункты Водной стратегии РФ до 2020 г. Обсуждается необходимость введения методического материала – «пошаговой инструкции проверок» для начинающих государственных инспекторов в области экологии.

Ключевые слова: экология, контроль, надзор, законодательство, мониторинг.

N.Y. Pakhomova, M.A. Doroshenko**IMPLEMENTATION OF CONTROL MEASURES PROTECTION
WATER BIORESOURCES AND THEIR HABITATS**

In this paper, the features of the control measures of compliance by enterprises and organizations of environmental legislation and the implementation of mandatory environmental requirements. The basic stages of the audit, consider the functions of environmental monitoring and supervision. Discussed the need for a methodical material – «step by step instructions check» for beginners state inspectors in the field of ecology.

Key words: ecology, monitoring, control, supervision, legislation...

Введение

Отношения в области использования и охраны вод, находящихся в природной среде и водных объектах, регулируются водным законодательством и рассматриваются в качестве водопользования. Факт сосредоточения вод в поверхностном или подземном водном объекте является главным условием для включения их в сферу действия водного законодательства [1, 2]. «Водный объект» – это сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющее границы, объем и черты водного режима (статья 1 Водного кодекса РФ). В ст. 7 ВК РФ понятие «водного объекта» уточнено. Поверхностные воды и земли, покрытые ими и сопряженные с ними (дно и берега водного объекта), рассматриваются как единый водный объект. Подземные воды и вмещающие их горные породы также признаются единым водным объектом [3].

К числу водных объектов относятся также внутренние морские воды и территориальное море Российской Федерации. Внутренними морскими водами являются морские воды, расположенные в сторону берега от исходных линий, принятых для отсчета ширины территориального моря Российской Федерации. Территориальным морем Российской Федерации являются прибрежные морские воды шириной 12 морских миль, отмеряемые в соответствии с нормами международного права и российским законодательством.

Все водные объекты на территории России, за исключением территориального моря Российской Федерации, являются внутренними водами. Континентальный шельф – прилегающий к территориальным водам район морского дна (включая его недра) определенной

ширины, в котором прибрежное государство осуществляет суверенные права в целях разведки и разработки его природных ресурсов. Внешняя граница континентального шельфа проходит по внешней границе подводной окраины континентального материка или на расстоянии 200 морских миль от берега, когда внешняя граница подводной окраины материка не простирается на такое расстояние. Внешняя граница континентального шельфа должна находиться не далее 350 морских миль от берега во всех случаях [1].

В настоящее время управление водными ресурсами находится в сфере ответственности Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Россия является одной из наиболее водообеспеченных стран мира. 2,5 млн рек, около 3 млн озер с избытком покрывают все потребности как проживающих на территории России людей, так и водоемких отраслей российской экономики. Для обеспечения нужд населения и промышленности используется не более 2 % общего объема речного стока. По мощности водохозяйственной инфраструктуры Россия занимает второе место в мире после Китая. Изношенная мелиоративная система, дырявые водопроводные трубы, к сожалению, являются привычными особенностями нашей инфраструктуры. Используя на создание продукциикратно большее, чем необходимо, количество воды, мы также небрежно относимся и к качеству стоков в водные объекты. Более 30 % сбрасываемых сточных вод являются или неочищенными или очищенными ненормативно. Как результат – чистые реки остались только там, где проживает меньшая часть населения страны – в Сибири и на Дальнем Востоке. Началом изменения отношения к водным ресурсам Российской Федерации можно считать вступление в силу с 1 января 2007 г. Водного кодекса. В рамках реализации положений Водного кодекса разработано 26 постановлений Правительства и 32 ведомственных нормативно-правовых акта.

Основными принципами Кодекса стали: переход на гражданско-правовые отношения в водопользовании; закрепление института частной собственности на отдельные категории водных объектов; повышение роли субъектов Российской Федерации в управлении водными ресурсами. Непосредственное отношение к работе по обеспечению чистоты наших рек и озер имеет реформирование законодательства в сфере охраны окружающей среды. Начата работа по подготовке важнейшего законопроекта об изменении системы нормирования допустимого воздействия на водные объекты. Важнейшим этапом совершенствования управления водными ресурсами стала разработка Водной стратегии РФ до 2020 г., утвержденной в августе 2009 г. Правительством Российской Федерации. Основными целями Водной стратегии являются: создание экологически благоприятных условий проживания населения России; гарантированное обеспечение водными ресурсами устойчивого социально-экономического развития; повышение рациональности использования водных ресурсов; расширение глобальных конкурентных преимуществ России в водоресурсной сфере. Разработан и принят План мероприятий по реализации Водной стратегии, определяющий комплекс мер по каждой отрасли народного хозяйства. В результате выполнения комплекса мероприятий, предусмотренных Водной стратегией, к 2020 г. планируется выйти на следующие показатели:

- снижение уровня экологического воздействия на водные объекты в 2,5 раза;
- уменьшение водоемкости ВВП более чем на 40 %;
- сокращение непроизводительных потерь воды в 2 раза;
- увеличение продолжительности жизни и сокращение заболеваемости;
- увеличение защищенности населения и территорий от наводнений объектами инженерной защиты [9].

Для обеспечения реализации программы появится необходимость в управлении водными ресурсами, проведения контрольных мероприятий уполномоченными органами по соблюдению требований закона. Важнейшей правовой мерой обеспечения рационального

природопользования и охраны окружающей среды от вредных воздействий является экологический контроль – функция государственного управления и правовой институт права окружающей среды. Основываясь на роли экологического контроля в механизме охраны окружающей среды, его можно оценивать как важнейшую правовую меру. Именно посредством экологического контроля в основном обеспечивается принуждение соответствующих субъектов права окружающей среды к исполнению экологических требований. Меры юридической ответственности за экологические правонарушения применяются либо в процессе экологического контроля, либо с привлечением иных государственных органов.

Российское административное право выделяет два вида контрольной деятельности – контроль и надзор [4, 5]. Под экологическим контролем понимается деятельность уполномоченных субъектов по проверке соблюдения и исполнения требований экологического законодательства. Административный надзор представляет собой специфическую разновидность государственного контроля. Суть его состоит в наблюдении за исполнением действующих в сфере управления природоохранных правил. Экологический контроль как правовая мера выполняет ряд функций: предупредительную, информационную и карательную [2]. Роль предупредительной функции заключается в том, что субъекты экологического контроля, зная о возможной проверке соблюдения ими правовых экологических требований, заинтересованы в выполнении законодательства и предупреждении нарушений. Информационная функция связана с тем, что в процессе контроля соответствующие органы и лица собирают разнообразную информацию о природоохранительной деятельности подконтрольных и поднадзорных объектов. Карательная функция проявляется в применении к нарушителям правовых экологических требований, предусмотренных законодательством санкций по результатам соответствующих проверок.

Цель данной работы: рассмотреть особенности и основные этапы проведения контрольных мероприятий в части соблюдения предприятиями водного законодательства РФ.

Задачи: дать обзор литературных источников по проблеме современного состояния водных ресурсов Российской Федерации; ознакомиться с основными пунктами Водной стратегии РФ до 2020 г.; охарактеризовать основные правовые меры по обеспечению рационального природопользования; выделить основные этапы и особенности при проведении мероприятий по контролю.

Объекты и методы исследования

В данной работе проводился анализ мероприятий по контролю на основании материалов проверок, которые были проведены в 2010 г. государственным инспектором Владивостокского межрайонного отдела рыбнадзора Приморского территориального управления Росрыболовства. Для определения порядка подготовки и проведения контрольных мероприятий был отобран материал из следующих нормативных документов: правил осуществления государственного экологического контроля должностными лицами Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ и его территориальных органов, утвержденных приказом Минприроды России от 17 апреля 1996 г., а также приказом Минприроды России от 23 июля 1996 г. «О совершенствовании технического и методического обеспечения экологического контроля и использования новых экономических механизмов при осуществлении природоохранной деятельности» [6, 7].

Контрольные мероприятия, проводимые в области экологии, подразделяются на следующие виды: плановые, внеплановые, документарные и выездные проверки.

Предметом плановой проверки является соблюдение юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем в процессе осуществления деятельности обязательных требований и требований, установленных муниципальными правовыми актами, а также соответ-

ствие сведений, содержащихся в уведомлении о начале осуществления отдельных видов предпринимательской деятельности, обязательным требованиям. Плановые проверки проводятся не чаще одного раза в три года на основании ежегодных планов, разрабатываемых органами государственного контроля (надзора) и органами муниципального контроля в соответствии с их полномочиями.

Предметом внеплановой проверки является соблюдение юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем в процессе осуществления деятельности обязательных требований и требований, установленных муниципальными правовыми актами, выполнение предписаний органов государственного контроля (надзора), органов муниципального контроля, проведение мероприятий по предотвращению причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, по обеспечению безопасности государства, по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, по ликвидации последствий причинения такого вреда.

Предметом документарной проверки являются сведения, содержащиеся в документах юридического лица, индивидуального предпринимателя, устанавливающих их организационно-правовую форму, права и обязанности, документы, используемые при осуществлении их деятельности и связанные с исполнением ими обязательных требований и требований, установленных муниципальными правовыми актами, исполнением предписаний и постановлений органов государственного контроля (надзора), органов муниципального контроля. Предметом выездной проверки являются содержащиеся в документах юридического лица, индивидуального предпринимателя сведения, а также соответствие их работников, состояние используемых указанными лицами при осуществлении деятельности территорий, зданий, строений, сооружений, помещений, оборудования, подобных объектов, транспортных средств, производимые и реализуемые юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем товары (выполняемая работа, предоставляемые услуги) и принимаемые ими меры по исполнению обязательных требований и требований, установленных муниципальными правовыми актами [8].

Результаты и их обсуждение

Подготовка к контрольному мероприятию, включенному в ежегодный план, является начальным этапом его проведения. Порядок подготовки к проведению контрольного планового мероприятия включает следующие этапы:

1. Выбор и предварительное изучение объектов контроля.

Этот этап представляет собой процесс сбора информации об их деятельности. Суть данного этапа состоит в том, что перед началом проверки необходимо изучить объект. Для этого инспекторами подготавливаются и направляются запросы в рамках проверки непосредственно на проверяемое предприятие и в специально уполномоченные органы по предоставлению справок и информации по юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям (например, в налоговый орган). По результатам предварительного изучения руководитель контрольного мероприятия определяет необходимость привлечения для консультаций либо участия в данной проверке отдельных специалистов и внешних экспертов. Так как информация о предприятии изложена в учредительных документах предприятия, поэтому на начальных этапах проверки запрашивается именно эта документация. В уставах детально изложены пункты, посвященные сфере деятельности проверяемого предприятия, данные сведения необходимы для выбора правильного «курса» при проведении плановых мероприятий. Необходимо ещё на начальных стадиях проверки дать экономическую классификацию деятельности проверяемого объекта, так как в дальнейшем это поможет государственному инспектору ориентироваться в выборе стратегии проверки.

2. Определение сроков проведения контрольного мероприятия.

Сроки проведения контрольного мероприятия определяются перечнем вопросов, количеством объектов и проверяемым периодом деятельности этих объектов. При выборе объектов контроля необходимо учитывать также их географическую расположенность с целью определения времени и материальных затрат. Срок проведения каждой из проверок не должен превышать двадцати рабочих дней [8].

3. Подготовка плана-задания на проведение контрольного мероприятия.

Наличие плана-задания на проведение контрольного мероприятия является обязательным условием проведения контрольного мероприятия, которое разрабатывается руководителем мероприятия на основе результатов предварительного изучения объектов контроля.

4. Уведомление юридических лиц и предприятий о контрольной проверке.

О проведении плановой проверки юридическое лицо, индивидуальный предприниматель уведомляются органом государственного контроля (надзора), органом муниципального контроля не позднее чем в течение трех рабочих дней до начала ее проведения посредством направления копии распоряжения или приказа руководителя, заместителя руководителя органа государственного контроля (надзора), органа муниципального контроля о начале проведения плановой проверки заказным почтовым отправлением с уведомлением о вручении или иным доступным способом. О проведении внеплановой выездной проверки, за исключением внеплановой выездной проверки, основания проведения которой указаны в пункте 2 статьи № 294 Федерального закона Российской Федерации [8]. Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель уведомляются органом государственного контроля (надзора), органом муниципального контроля не менее чем за двадцать четыре часа до начала ее проведения.

В случае отказа руководителя проверяемого объекта в допуске проверяющих на территорию проверяемого объекта исполнители обязаны незамедлительно оформить акт по факту отказа в допуске на проверяемый объект или непредставления информации [2]. Исполнители контрольного мероприятия незамедлительно уведомляют руководство о фактах отказа в допуске на проверяемый объект и непредставлении необходимых материалов, документов.

5. Проведение подробного инструктажа с исполнителями о целях и особенностях предстоящего контрольного мероприятия непосредственно перед началом проведения контрольных действий главным инспектором, ответственным за контрольно-ревизионные мероприятия.

Как уже указывалось выше, начальным этапом при подготовке планового мероприятия по контролю является выбор и предварительное изучение объектов контроля. Этот этап действительно значим при проведении проверок, так как проверки осуществляются в отношении хозяйствующих субъектов, имеющих разное экономическое направление деятельности. В этом состоит особенность контрольных мероприятий. Существуют обязательные природоохранные требования, которые должны выполняться предприятиями, однако «шаблонный метод» проверки неприменим. Так, при осуществлении планового мероприятия по контролю в отношении ОАО «Водоканал» очистные сооружения «Де-Фриз» было установлено, что основной вид деятельности данного подразделения – биологическая и механическая очистка сточных вод [6].

Данный объект надзора по способу использования водного объекта можно отнести к водопользователю, осуществляющему водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов. Ввиду того, что данным предприятием производится сброс сточных вод в водный объект, необходимо проверить наличие решения о предоставлении водного объекта для указанных целей. Данный документ необходим, так как он удостоверяет право пользова-

ния водным объектом. При установлении вида воздействия на водный объект проверяется наличие разрешительной документации. В данном случае источником воздействия будут являться сточные воды. Поэтому у предприятия запрашивается разрешение Ростехнадзора на сброс загрязняющих веществ со сточными водами. На подобных предприятиях должен осуществляться производственный контроль за качеством сточных вод на входе и выходе после очистных сооружений по утверждённому графику производственного экоаналитического контроля за негативным воздействием источников загрязнения. Данный график составляется на год, в нем указываются периоды проведения экоаналитического контроля за природной морской водой в точке смешения её с очищенными сточными водами.

Помимо этого, предприятие должно проводить регулярные наблюдения за водным объектом и его водоохраной зоной по программе, согласованной с отделом водных ресурсов по Приморскому краю АБВУ. Параллельно инспектором изучается технологическая схема очистки сточных вод, проектная мощность очистных сооружений, способ очистки, вид сточных вод, координаты и тип выпуска сточных вод. Во время осмотра производственного участка государственным инспектором обращается внимание на техническое состояние очистного сооружения и состояние территории производственной площадки. Отмечаются отклонения от утверждённой схемы очистки поступающих и очищенных сточных вод. По завершении изучения всей разрешительной документации, в части охраны водных биоресурсов и среды их обитания, государственным инспектором рыбоохраны проводится анализ и сопоставление данных сточных вод предприятия с утверждёнными нормативами [6].

В качестве сравнительного примера рассмотрим плановое мероприятие по контролю в отношении ОАО ХК «Дальморепродукт» структурного подразделения «ДМП-Порт» [7]. Как и в первом случае, на основании учредительных документов устанавливается основной вид деятельности предприятия – добыча и переработка рыбы и морепродуктов, организация и осуществление текущих и капитальных ремонтов судов, оказание услуг производственного назначения. Данное предприятие использует часть акватории водного объекта для временного размещения и стоянки судов, поэтому оно будет являться водопользователем, но в отличие от предыдущего предприятия право пользования водным объектом будет удостоверяться не решением, а договором на водопользование. Так как на основании договора на водопользование водный объект предоставляется в пользование для использования его акватории [3].

На момент проверки было установлено, что организацией выполняются погрузо-разгрузочные работы, в ходе которых в водоохранной зоне водного объекта была произведена отсыпка сыпучего груза – щебня. Хранение данного груза осуществлялось не в соответствии с действующим природоохранным законодательством. При выявлении данного нарушения было установлено, что хранение груза не производилось на специально оборудованной площадке, отсутствовал тент. Так как ливневые канализации и дренаж размещены в непосредственной близости от отсыпанного груза, во время дождей произойдёт его размыв и внесение фракций в водный объект. Это приведёт к загрязнению водного объекта. Также у данного предприятия устанавливается наличие сточных вод. Отмечается, что поверхностный сток с территории проверяемого объекта не организован, дождевые и талые воды самотёком сбрасывались в пониженные места рельефа, на водосборную площадь водного объекта. Так как данный процесс ведёт к загрязнению водного объекта, у предприятия должен быть документ о согласовании расчёта массы сброса с неорганизованным поверхностным стоком с территории структурного подразделения. Далее проверяется состояние территории производственной площадки, объекты, расположенные на ней, изучается водобалансовая схема и устанавливается способ водоотведения канализационных сточных вод [7].

6. Оформление результатов проведенных проверок.

По итогам проведения проверки на каждом проверяемом объекте составляется акт по форме согласно законодательным требованиям [8]. Акт должен содержать систематизированное изложение документально подтвержденных фактов нарушений природоохранного законодательства, выявленных в процессе проверки, или указание на отсутствие таковых. При составлении акта исполнителями должны соблюдаться объективность изложения, краткость и ясность формулировок, логическая и хронологическая последовательность. Приводимые в актах факты должны сопровождаться исчерпывающими ссылками на соответствующие документы материалов контрольного мероприятия.

7. Ознакомление руководителя проверяемого объекта с результатами проведенных проверок.

Акт представляется исполнителями для ознакомления руководителю проверяемого объекта.

При наличии письменных возражений по акту, поступивших от проверенного объекта, они приобщаются к материалам проверки и являются их неотъемлемой частью. Представленные возражения по акту должны быть рассмотрены руководителем контрольного мероприятия на предмет их обоснованности в течение трех рабочих дней со дня представления возражений. В ходе рассмотрения возражений руководителем контрольного мероприятия в обязательном порядке проверяются факты, замечания, подтвержденные дополнительно представленными документами.

По итогам рассмотрения представленных возражений главным инспектором готовится проект письменного ответа, в котором четко выражается позиция по существу возражения (принимается или отклоняется) с ее обоснованием и ссылкой на нормативные правовые акты.

Итоги рассмотрения возражений учитываются главным инспектором при подготовке проекта отчета о результатах контрольного мероприятия.

Таким образом, проведение контрольных мероприятий во внутренних водных объектах, территориальном море и континентальном шельфе имеет важное значение в области соблюдения предприятиями и организациями природоохранного законодательства и выполнения обязательных экологических требований. В настоящее время государственный плановый контроль проводится один раз в три года. При рассмотрении данных сроков с точки зрения экологических требований можно отметить, что это достаточный период, за который предприятие-водопользователь при безответственном отношении может нанести существенный ущерб как водным биоресурсам, так и среде их обитания.

При проведении каждой плановой проверки при общих принципах и этапах существуют свои особенности, связанные с характером деятельности предприятий. Так как направления деятельности многих проверяемых организаций различны, то и виды воздействия их на водные объекты будут отличаться. Все эти особенности должны быть учтены при проведении контрольно-надзорных мероприятий водных объектов и найти отражение как в стратегии проверки, так и в перечне разрешительной документации и в выполнении природоохранных требований.

Список литературы

1. Алехин А.П., Козлов Ю.М. Административное право Российской Федерации. Ч. II. – М., 1995. – 252 с.
2. Ерофеев Б.В. Экологическое право России. – М.: ООО «Профобразование», 2002. – 719 с.
3. Водный кодекс Российской Федерации. – 2-е изд. – М.: Ось-89, 2002. – 80 с.

4. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01. 02 г. № 7 – ФЗ. – М.: Книга-сервис, 2004.

5. Красов О.И. Экологическое право. – М.: Дело, 2001. – 767 с.

6. Пахомова Н.Ю., Попов А.А. Акт плановой/выездной проверки в отношении ОАО «Водоканал» очистные сооружения «Де-Фриз». Владивостокский межрайонный отдел по контролю, надзору, охране водных биоресурсов и среды их обитания Приморского территориального управления Росрыболовства. – Владивосток, 2010.

7. Пахомова Н.Ю., Попов А.А. Акт плановой/выездной проверки в отношении открытого акционерного общества Холдинговая компания «Дальморепродукт» структурное подразделение «ДМП-Порт». Владивостокский межрайонный отдел по контролю, надзору, охране водных биоресурсов и среды их обитания Приморского территориального управления Росрыболовства. – Владивосток, 2010.

8. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: федер. закон от 26.12.08. № 294-ФЗ.

9. Доклад министра природных ресурсов и экологии Ю.П. Трутнева на пленарном заседании международного форума «Чистая вода», 24.11.2009. – М., 2009.

Сведения об авторах: Пахомова Надежда Юрьевна, аспирант;
Дорошенко Майя Андреевна, доктор биологических наук, профессор,
e-mail: doroshenko@mail.primorye.ru.

УДК 597.533.1

Г.М. Пушникова¹, И.Г. Рыбникова²¹Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

О ЗАРАЖЕННОСТИ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ ЗАЛИВОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА ЛИЧИНКАМИ НЕМАТОД

Проанализировано 6147 экземпляров тихоокеанской сельди из заливов северо-восточного Сахалина на зараженность нематодой *Anisakis simplex*. Выявлено, что величина всех показателей инвазии возросла с увеличением длины тела рыб, самки и самцы сельди инвазированы в равной степени.

Ключевые слова: сельдь, нематоды, анизакисы, интенсивность инвазии, экстенсивность инвазии.

G.M. Pushnikova, I.G. Rybnikova

CONCERNING THE LARVAE NEMATODE INFESTATION OF PACIFIC HERRING IN THE BAYS OF NORTH-EASTERN SAKHALIN

6147 individuals of Pacific herring from the bays of North-Eastern Sakhalin were examined for the nematode *Anisakis simplex* infestation. Investigation has revealed that all the indicator values of infestation were increasing with the increase of standard fish length, male and female herrings were equally infested.

Key words: herring, nematode, anisakis, intensity of invasion, extensiveness of invasion.

Как известно, ареал анизакид охватывает не только открытые морские пространства, но и прибрежные воды, в частности северо-восточного Сахалина, где исследование о зараженности сельди нематодой *Anisakis simplex* не проводилось.

В предыдущих работах мы показали районы с разными уровнями зараженности сельди личинками анизакисов [1, 2]. Наиболее высокие показатели степени инвазии выявлены для нескольких районов дальневосточных морей, среди которых особо выделяются заливы северо-восточного Сахалина. Этот район нереста сельди на протяжении многих лет остается чрезвычайно интересным как для ученых, так и для рыбаков. Еще в 50-е гг. XX в. Веденский и Фролов выявили, что скопления нерестовой сельди в заливах весьма неоднородны. В уловах встречались рыбы с различным темпом роста и полового созревания. Нерест отличался продолжительным периодом, растянутостью [3, 4]. В 70-е гг. по результатам мечения было установлено, что в заливы мигрирует сельдь из многих значительно удаленных районов [5]. Метки были обнаружены как в северной части Охотского моря, так и в Японском море. Дальнейшие исследования с использованием методов биохимического анализа, материалов морфометрии, линейного роста рыб позволили сделать вывод о том, что в заливах северо-восточного Сахалина нерестится как местная сельдь, так и мигранты – рыбы, принадлежащие к другим популяциям [6]. В задачу настоящей работы входило исследование динамики заражения нерестовой сельди в заливах северо-восточного Сахалина в течение десятилетнего периода.

Материалом для работы послужили данные о зараженности нерестовой сельди в заливах северо-восточного побережья Сахалина в 1988-1998 гг. Как и в предыдущих исследованиях, паразитов просчитывали в полости тела каждой особи при выполнении биологических анализов. Всего на наличие анизакисов было обследовано 6147 рыб. Поскольку видовая дифференциация нематод рода *Anisakis* возможна только по половозрелым червям, обнаруженные нами личинки мы относили к сборной группе *Anisakis spp.l.*

Полученные материалы свидетельствовали о достаточно высокой степени зараженности сельди в заливах. Все показатели, характеризующие заболевание рыб, изменялись по годам (табл. 1). Так, экстенсивность инвазии увеличивалась от 1988 к 1991 г. от 14,8 до 97,9 %, т.е. в 1991 г. практически вся сельдь была заражена анизакисами. В 1992 г. процент инвазированных рыб снизился до 47,4, затем в течение двух лет увеличился и оставался на уровне 70 %. В 1995 г. в сообществе нерестующей в заливах сельди встречено немногим более половины с личинками анизакисов. А уже в 1996 г. вновь отмечалось увеличение уровня зараженности рыб до 91 %. Затем зараженность сельди снижалась в 1997 г. до 79,8, в 1998 г. – до 55,5 %. Не выявлено зависимости между экстенсивностью инвазии и другими показателями зараженности сельди. При низкой степени инвазии (14,8 %) невысокими были интенсивность инвазии (1-6 экз.) и индекс обилия (2,88 экз.). Наибольшее количество паразитов в полости тела одной рыбы (до 60 экз.) обнаружено в 1996 г., когда экстенсивность инвазии была на уровне 91 %. В этом же году индекс обилия достигал самой большой величины – чуть более 15 экз. В 1988 г., когда зараженность рыб была самой низкой, в заливах, по нашим данным [7], наблюдалось наименьшее количество мигрантов. По данным Асеевой и др., высокая степень инвазии личинками анизакисов наблюдалась у сельди охотской популяции (ИИ – 1-53; ЭИ – 76 %; ИО – 5,57) [8], которая, судя по предыдущим исследованиям [5], может мигрировать в заливы северо-восточного Сахалина.

Таблица 1

Зараженность нерестовой сельди заливов северо-восточного Сахалина

Table 1

Infestation of Pacific herring in the bays of North-Eastern Sakhalin

Год	Интенсивность инвазии ИИ, экз., min-max	Экстенсивность инвазии ЭИ, %	Индекс обилия ИО, экз.	Длина рыб АС, см, min-max	Количество просмотренных рыб, экз.
1988	1-6	14,8	2,88	21,0-31,0	500
1989	1-18	21,5	4,14	19,5-31,0	400
1990	1-20	34,7	10,83	21,5-30,5	499
1991	1-29	97,9	7,52	19,0-31,0	700
1992	1-30	47,4	6,82	13,5-35,0	968
1993	1-45	70,2	8,55	16,2-31,5	850
1994	1-37	70,2	6,4	13,7-30,5	486
1995	1-35	55,3	7,56	13,2-31,2	246
1996	1-60	91,0	15,02	19,5-32,3	200
1997	1-54	79,8	7,66	17,5-33,2	698
1998	2-36	55,5	9,36	14,0-35,0	600

Для того чтобы выявить, существуют ли различия паразитарного заражения между полами, были рассмотрены данные при низком уровне зараженности сельди (1988 г.), при среднем (1990 г.) и самом высоком (1991 г.) уровне инвазии (табл. 2). Значительных различий в зараженности самок и самцов не обнаружено. В год самой низкой зараженности сельди (1988 г.) экстенсивность инвазии у самок была на уровне 19,3 %, а у самцов – 24,5 %. Интенсивность инвазии самок (до 6 паразитов в полости тела одной особи), так же, как и индекс обилия (2,9 экз.) были незначительно выше, чем у самцов (4 экз. и 2,3 экз. соответственно). В год средней зараженности сельди (1990 г.) интенсивность инвазии самок (до 20 паразитов) была несколько выше самцов (до 11 экз.). Однако процент зараженных самцов (36,3 %) был немного выше по сравнению с зараженностью самок (33,2 %). В год самой высокой зараженности сельди (1991 г.) половых различий не выявлено. И самки, и самцы отличались высокой степенью инвазии. В целом значительных различий в зараженности самок и самцов сельди *A. simplex l.* не выявлено.

Таблица 2

Зараженность самок и самцов сельди

Table 2

Infestation of female and male of herring

Год	Пол	Интенсивность инвазии, экз., min-max	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия, экз.
1988	Самки / самцы	1-6 / 1-4	19,3 / 24,5	2,9 / 2,3
1990	Самки / самцы	1-20 / 1-11	33,2 / 36,3	4,76 / 4,8
1991	Самки / самцы	1-27 / 1-29	98,1 / 98,5	7,9 / 7,3

В 1992 г., когда размерный ряд сельди в уловах отличался наибольшим диапазоном (от 13,5 до 35 см), была проанализирована динамика изменения зараженности сельди по размерным группам. Полученные данные свидетельствуют, что количество паразитов в одной рыбе было самым низким (от 1 до 3 экз.) у особей с малой длиной тела (от 14 до 19 см) и возрастало (до 10 экз.) у рыб с длиной тела 22-23 см. С увеличением размеров рыб количество паразитов в теле одной особи возрастало до 30 экз. (рыбы с длиной тела 32 см). Экстенсивность инвазии в размерном диапазоне 14-24 см то возрастала, то уменьшалась, и определенной динамики не отмечено. Но с увеличением длины рыб от 24 см и более экстенсивность инвазии постепенно возрастала и достигла 100 % у рыб с длиной тела 32 см и более. Индекс обилия был самым низким (порядка 1 экз.) у рыб с наименьшей длиной тела и самым высоким – у крупных особей (табл. 3).

Таблица 3

Зараженность сельди по размерным группам

Table 3

Infestation for length groups of herring

Длина АС, см	Интенсивность инвазии, min-max	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия, экз.	Количество вскрытых рыб, экз.
14	1	14,3	1,0	7
15	1	14,3	1,0	17
16	1-3	23,8	1,4	21
17	1-2	40,0	1,1	20
18	1-2	50,0	1,2	8
19	1-3	20,9	2,5	43
20	1-9	34,7	3,9	72
21	2-8	33,0	3,5	109
22	1-10	49,5	3,5	111
23	1-10	60,6	4,9	71
24	1-12	52,9	4,6	34
25	1-10	63,6	4,9	22
26	2-25	71,9	9,0	32
27	1-20	85,0	8,8	40
28	2-25	84,5	10,0	58
29	3-25	73,8	10,8	42
30	2-15	73,3	8,6	30
31	3-25	97,3	8,5	37
32	5-30	100	12,6	24
33	1-17	100	8,5	8
34	4-16	100	8,8	3
35	15	100	15	1

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что параметры зараженности сельди в заливах могут так же, как и другие биологические показатели, свидетельствовать о структуре скоплений, т.е. о соотношении местных рыб и мигрантов, что немало важно при организации промысла и определении величины допустимого изъятия.

Значительных половых различий зараженности сельди *A. simplex l.* не выявлено. И самки, и самцы были инвазированы в равной степени.

Зараженность сельди с небольшой длиной тела была самой низкой. Величина всех показателей инвазии возрастала с увеличением длины тела. Встречаемость паразитов в полости тела рыб с длиной более 30 см составила 100 %.

Список литературы

1. Рыбникова И.Г., Пушникова Г.М., Швецова Л.С. О зараженности тихоокеанской сельди личинками нематод // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2009. – Ч. 1. – С. 64-68.
2. Пушникова Г.М., Рыбникова И.Г. Сезонная изменчивость зараженности тихоокеанской сельди личинками нематод в присахалинских водах // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2010. – Ч. 1. – С. 82-86.
3. Веденский А.П. Сельдь Восточного Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 32. – С. 55-63.
4. Фролов А.И. О локальных формах сахалинской сельди // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 32. – С. 65-71.
5. Андреев В.Л. Результаты мечения сельди в зал. Ныйво (Северо-Восточный Сахалин) в 1963 году // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 257-258.
6. Рыбникова И.Г., Пушникова Г.М., Беседнов Л.Н. Взаимодействие сахалино-хоккайдской сельди с другими популяциями этого вида // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 218-227.
7. Пушникова Г.М. Промысел и состояние запасов сельди присахалинских вод // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 1996. – Вып. 8. – С. 34-43.
8. Асеева Н.Л., Моторо З.И., Лобода С.В. Паразитофауна тихоокеанской сельди северной части Охотского моря // Вопр. рыболовства. – М., 2011.

Сведения об авторах: Пушникова Галина Михайловна, научный сотрудник,
e-mail: galinka1946@mail.ru;
Рыбникова Ирина Григорьевна, кандидат биологических наук, доцент,
e-mail: clupa@rol.ru.

УДК 573:591.4

В.И. БеляевИнститут экологии растений и животных УрО РАН,
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 202**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ y'_i/x_i
ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОЛОВЫХ РАЗЛИЧИЙ ВО ВНЕШНЕМ ОБЛИКЕ
ЖИВОТНЫХ (НА ПРИМЕРЕ РЫБ)**

Расчетная геометрическая прогрессия отношений y'_i/x_i , где y'_i , см – форма тела самок или самцов в масштабе числового значения y_i в исходной модели двухмерного изометрического виртуального облика (модели ДИВО) [1], x_i – длина тела рыб, см, использована в качестве модели динамики формы тела по длине тела самок популяции конкретного вида рыб. Модель динамики формы тела по длине тела самок позволяет оценить статистически сходство или отличие по форме тела самок и самцов в отдельно взятой популяции вида, самок из разных популяций или самок видов рыб, близких по внешнему строению тела. Аналогичными свойствами обладает и модель динамики формы тела по длине тела самцов, построенная по материалам измерения некоторого числа самцов данного вида рыб.

Ключевые слова: популяции рыб, моделирование, форма тела, геометрическая прогрессия.

V.I. Belyaev**THE USE OF GEOMETRIC PROGRESSION FOR ESTIMATION
OF SEXUAL DIFFERENCES IN THE ANIMAL EXTERIORS
(WITH SPECIAL REFERENCE TO FISHES)**

As a model of body form according to body length dynamics in females of certain fish populations we used calculated geometric model of ratio y'_i/x_i , where y'_i , cm was a body form of females or males in as of numerical expression of y_i in an initial model of two-dimensional isometric virtual exterior (TIVE model) x_i , correspondingly, was a fish body length. A model of body form according to body length dynamics in females permits to estimate statistically the resemblance or difference in body form in females and males in individual populations of the species, in females from different populations, or in females belonging to fish species resembling each other in body exterior. Analogous properties are peculiar also to a model of body form according to body length dynamics in males constructed on the basis of the materials of measuring of certain male individuals of given fish species.

Key words: fish populations, modeling, body form, geometric progression.

Воспроизводимый человеческим глазом современный физический облик животных разных видов является продуктом естественного отбора многих поколений животных в менявшихся условиях среды. С середины двадцатого столетия особенности внешнего и внутреннего строения тела животных изучают по значениям индексов – относительным значениям пластических морфологических признаков. Можно утверждать, что индексирование измеренных значений признаков с того времени возведено в ранг основного приема преобразования исходных данных (в ихтиологии, например). В таком виде данные публикуют (таблицы индексов), накапливают и анализируют [2, 3, 4, 5, 6].

Известно, что при росте размеров тела у животных в онтогенезе упорядоченно изменяются величины отношений между линейными промерами разных пластических признаков и линейными промерами длины тела. Аналогично изменяются значения и таких индексов, как масса органов, поделенная на массу тела.

Данное явление известно под названием размерной изменчивости внешнего облика животных [7]. Наличие размерной изменчивости должно было исходно логически привести исследователей к мысли о необходимости разработки и принятии единых правил сбора первичных материалов по пластической морфологии животных – следовало отбирать из природных популяций вида выборки особей, в которых животные должны быть, в среднем, одинаковыми по размерам (длине) тела.

Отсутствие предварительной общей договоренности по данному вопросу в конечном итоге привело к печальному результату: частично или полностью оказались малопригодными для межпопуляционного сравнения результаты работ нескольких поколений исследователей [6].

Сбор материалов по пластической морфологии рыб и других видов животных, изучение динамики процесса формирования внешнего облика животного в онтогенезе, оценку его своеобразия у животных в разных частях ареала вида необходимо проводить на организационной, логической, математической и графической основах. Так, например, результаты измерения некоторого числа пластических признаков ($n \geq 5$), действительно информативных при отражении формы тела самок и самцов данного вида рыб, уже позволяют построить две исходные модели двухмерного изометрического виртуального облика – модели ДИВО самок и самцов [1] и две модели динамики формы тела по длине тела.

Модель динамики формы тела по длине тела самок или самцов популяции конкретного вида рыб в математическом выражении есть геометрическая прогрессия y'_i/x_i , где y'_i , см – форма тела самок или самцов данного вида рыб в масштабе числового значения y_i в исходной модели ДИВО, x_i , см – длина тела особей.

В предлагаемой читателю работе поставлена задача проиллюстрировать последовательность расчета и построения исходной модели формы тела (модели ДИВО) и модели динамики формы тела по длине тела рыб на примере самок речного гольяна (*Phoxinus phoxinus* L.), а также статистическую оценку половых различий по форме тела самок и самцов этого вида рыб, составляющих единую популяцию вида. Для этой цели привлечены линейные промеры четырехсот тридцати самок и самцов, отловленных в основном в июле-сентябре 2004 г. и частично в те же месяцы 2005 г. на участке русла верхнего течения р. Утка (Средний Урал, бассейн р. Чусовая), расположенном возле ст. Ильмовка Свердловской железной дороги.

Измерение линейных размеров признаков проведено по схеме горизонтальных (параллельных осевой линии тела рыб) и вертикальных (перпендикулярных осевой линии тела) промеров. Выдержанность перпендикулярности при измерении разных пластических признаков и высокая точность линейных промеров, величина которых у разных по длине тела особей гольяна колебалась от 0,3 до 8,5 см, достигнуты благодаря тому, что измерение рыб проведено при помощи специального оптико-механического приспособления, состоящего из двух взаимосвязанных площадок.

Каждая площадка жестко прикреплена к отдельному штангенциркулю. Площадки передвигаются по штангам циркулей в горизонтальной плоскости и, по отношению друг к другу, на разной высоте в перпендикулярных направлениях. На поверхности нижней площадки нанесен отрезок прямой линии в направлении, параллельном движению площадки по штанге циркуля. Перед измерением рыба укладывается правым боком на нижнюю площадку, где ее тело располагается таким образом, чтобы осевая линия тела совпала с отрезком прямой, нанесенным на площадку.

На верхней площадке приспособления жестко закреплена зеркальная фотокамера марки «Зенит 3М». В центре нижней матовой поверхности пентапризмы фотокамеры нанесена черная точка – метка. Таким способом положение метки на поверхности матового стекла совмещено с главной оптической осью системы *окуляр фотокамеры – объектив*

«Гелиос 44». Поэтому черная точка поименована еще и как оптическая метка. При рассмотрении тела рыбы через окуляр фотокамеры место расположения оптической метки в точке совмещения проекции конца передней части рыла рыбы с отрезком прямой на нижней площадке соответствует отсчету «ноль» на обоих штангенциркулях. Наведение оптической метки путем передвижения площадок относительно друг друга на точку, расположенную на любом участке левого бока рыбы, позволяет с измерительных шкал штангенциркулей одновременно снять два промера: линейное расстояние по осевой линии от конца рыла до точки на теле рыбы – горизонтальный промер и линейное расстояние от этой точки до осевой линии, перпендикулярное к осевой линии – вертикальный промер тела.

Для воспроизведения исходной формы тела рыб, а также динамики формы тела по мере роста размеров тела рыбы в длину использованы измеренные в граммах значения массы тела Q и десять линейных промеров тела гольянов: l – промысловая длина тела, aO – длина рыла, lC – длина головы, aV – расстояние до брюшных плавников, отражает линейное расстояние от конца рыла до места на теле гольянов, где значение высоты тела H максимально, aA – расстояние до анального плавника, h – минимальная высота тела на хвостовом стебле, разность промеров ($aA - lC$) призвана отразить длину брюшного отдела, разность промеров ($l - aA$) призвана отразить длину хвостового стебля взамен традиционно измеряемому значению ($l - pA$) [5], B – максимальная толщина тела рыбы.

Все линейные промеры выражены в сантиметрах. В целях соблюдения однородности единиц измерения из всех значений массы тела рыб, измеренных в граммах, извлечен кубический корень [8, 9]. Кубический корень из массы любого физического тела есть сторона куба, наполненного дистиллированной водой, масса которого при 20 °С и нормальном атмосферном давлении равна массе этого тела. При этом условии длина стороны куба – отрезок прямой линии, является адекватной линейной характеристикой массы и объема любого физического тела [1]. В данной работе величина кубического корня из массы тела, измеренной в граммах, поименована как условная масса тела с размерностью сантиметр. Длина тела рыб поименована как признак X , все остальные – признаки Y . Используемые в работе соотношения (5), (6), (7), (8) являются производными геометрической прогрессии, свойства которой полностью соответствуют математическому описанию умножительного (геометрического) роста животных [10,11,12].

Длина тела отловленных в р. Утка самок гольяна колебалась от 2,5 до 8,6 см. Весь полученный ряд числовых значений длины тела самок был разделен на одиннадцать классов с размером 0,5 см каждый: 2,51-3,00; 3,01-3,50; ...; 7,51-8,00 см, после чего по значениям длины тела 246 самок были сформированы одиннадцать выборок самок численностью от 15 до 29 особей в разных выборках. Для каждой выборки самок были вычислены выборочные средние геометрические значения одиннадцати признаков по соотношению

$$\tilde{x}_{i,k} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (x_{i,k})} = \exp \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_{i,k}) \right], \quad (1)$$

где k – порядковый номер выборки.

Выборка самок ($n = 25$) с длиной тела от 3,01 до 3,50 см – *вторая по порядку* в ранжированном на размерные классы ряде значений длины тела рыб, выбрана для построения исходной модели формы тела самок гольяна из р. Утка – модели двухмерного изометрического виртуального облика (ДИВО) [1]. По каждому из десяти разноименных выборочных средних геометрических значений $\tilde{y}_{i,2}$, где i – порядковый номер признака Y , и значению $\tilde{x}_{i,2} = 3,2516$ см второй выборки ($\tilde{x}_{i,2}; \tilde{y}_{1,2}; \tilde{y}_{2,2}; \tilde{y}_{3,2}; \dots; \tilde{y}_{10,2}$) вычислены десять модельных отно-

шений: $\tilde{x}_{i,2}/\tilde{y}_{1,2}; \tilde{x}_{i,2}/\tilde{y}_{2,2}; \dots; \tilde{x}_{i,2}/\tilde{y}_{10,2}$. При помощи модельных отношений все измеренные $y_{i,k}$ и вычисленные $\tilde{y}_{i,k}$ признаков Y самок переведены в масштаб модели ДИВО по соотношению

$$y_{i,k} \cdot (\tilde{x}_{i,2}/\tilde{y}_{i,2}) = y'_{i,k}. \quad (2)$$

После перевода $y_{i,2}$ и $\tilde{y}_{i,2}$ в масштаб модели все $\tilde{y}'_{i,2} = \tilde{x}_{i,2}$ и, следовательно, равны числовому значению исходной модели формы тела самок – $\tilde{F}_{i,2}$, вычисленному по (1):

$\tilde{F}_{i,2} = \sqrt[10]{\prod_{i=1}^{10} (\tilde{y}'_{i,2})} = \tilde{x}_{i,2}$. Порядок вычисления $F_{i,k}$ и $\tilde{F}_{i,k}$ и построения точек $(x_{i,k}; F_{i,k})$ и $(\tilde{x}_{i,k}; \tilde{F}_{i,k})$ на плоскости рисунка системы прямоугольных координат OX и OY' проиллюстрирован в работе [1].

Расчет значений параметра q геометрических прогрессий рядов $\tilde{x}_{i,k}, \tilde{y}'_{i,k}, \tilde{F}_{i,k}$ проведен по соотношению

$$q_i = \sqrt[n]{\tilde{x}_{i,R_2}/\tilde{x}_{i,R_1}}, \quad (3)$$

где q_i – знаменатель соответствующей геометрической прогрессии; R_1 и R_2 – реперные точки [11, 12]. При $n = 10$ в соотношении (3): $q(\tilde{X}) = 1,062719$, $q(\tilde{Q}) = 1,068341$, $q(a\tilde{O}) = 1,072547$, $q(l\tilde{C}) = 1,057020$, $q(a\tilde{V}) = 1,060858$, $q(a\tilde{A}) = 1,063399$, $q(a\tilde{A} - l\tilde{C}) = 1,066596$, $q(l - a\tilde{A}) = 1,061799$, $q(\tilde{H}) = 1,075971$, $q(\tilde{h}) = 1,076098$, $q(\tilde{B}) = 1,074304$, $q(\tilde{F}) = 1,067674$. Заметим, что $q(\tilde{F})$ можно рассчитать и по соотношению

$$q(\tilde{F}) = \sqrt[10]{\prod_{i=1}^{10} (q_i)}, \quad (4)$$

где только что представленные q_i вычислены по (3). Полученные q_i призваны выполнить роль видовых констант при описании геометрическими прогрессиями рядов средних значений отдельных признаков Y и формы тела самок гольяна из p . Утка и других рек, где обитают особи этого вида рыб.

Теперь, после вычисления q_i , не составляет труда построить на плоскости рисунка системы прямоугольных координат OX и OY' любую из одиннадцати линий геометрических прогрессий, отражающих динамику средних значений $\tilde{y}'_{i,k}$ разных признаков Y или средних значений формы тела по средним значениям длины тела $\tilde{x}_{i,k}$ самок гольяна.

Присвоение разным q_i статуса видовых констант самым естественным образом привело к мысли о необходимости осуществить контроль за тем, как с этими значениями q_i описываются геометрическими прогрессиями ряды исходных данных. Что под этим подразумевается?

Действительно описывающей выборки $(x_{i,k}; y'_{i,k})$ самок гольяна принято считать такую геометрическую прогрессию $\tilde{y}'_{i,2}/\tilde{x}_{i,2}$, когда, после трансформации модельной выборки

$(x_{i,2}; y'_{i,2})$ по значениям видовых констант $q(\tilde{y}'_i)$ и $q(\tilde{x}_i)$ ее знаменателя $q(\tilde{y}'_i / \tilde{x}_i) = q(\tilde{y}'_i) / q(\tilde{x}_i)$ на место расположения $(x_{i,k}; y'_{i,k})$ других выборок исходных данных, оказываются незначимыми по величине разности $(\ln y'_{i,2} - \ln y'_{i,k})$ в парах $(x_{i,2}; y'_{i,2})$ и $(x_{i,k}; y'_{i,k})$, где $x_{i,2} = x_{i,k}$. При этом трансформация модельной выборки $(x_{i,2}; y'_{i,2})$ во всех случаях должна проводиться по единым правилам.

В общих чертах процедура трансформации модельной выборки $(x_{i,2}; y'_{i,2})$ выглядит таким образом. Вначале меньшее по величине $x_{1,2}$ пары $(x_{1,2}; y'_{i,2})$ модельной выборки трансформируется на аналогичное – меньшее по величине значение $x_{1,3}$ пары $(x_{1,3}; y'_{i,3})$ следующей по порядку выборки $(x_{i,3}; y'_{i,3})$. После этого в положение $x_{1,3}$ трансформируется сопряженное с $x_{1,2}$ значение $y'_{i,2}$. Затем в той же последовательности значение $x_{2,2}$ – второе по величине и сопряженное с ним $y'_{i,2}$ модельной выборки трансформируются на второе по величине $x_{2,3}$ выборки $(x_{i,3}; y'_{i,3})$ и так далее до $(x_{n,2}; y'_{i,2})$ на $x_{n,3}$.

Понятно, что трансформацию $(x_{i,2}; y'_{i,2})$ на ранжированные по величине $x_{i,k}$ разных выборок $(x_{i,k}; y'_{i,k})$ необходимо проводить на соответствующей математической основе. Пригодными для этой цели оказались математические выражения, производные от геометрической прогрессии.

Если $x_1 < x_2$, то при трансформации x_2 на x_1 первоначально вычисляется:

$$(n-1)_{\leftarrow} = \frac{\ln x_2 - \ln x_1}{\ln q(\tilde{x})}, \quad (5)$$

где $q(\tilde{x})$ – видовая константа, вычисленная по (3). Затем в положение на x_1 трансформируется y'_2 по геометрической прогрессии:

$$y'_2 / q(\tilde{y}'_i)^{(n-1)_{\leftarrow}} = \hat{y}'_2, \quad (6)$$

где $q(\tilde{y}'_i)$ – видовая константа i -го признака Y , а $(n-1)_{\leftarrow}$ вычислено по (5). Если $x_1 > x_2$, то при трансформации $(x_2; y'_2)$ на x_1 вычисляются:

$$(n-1)_{\rightarrow} = \frac{\ln x_1 - \ln x_2}{\ln q(\tilde{x})}. \quad (7)$$

$$y'_2 \cdot q(\tilde{y}'_i)^{(n-1)_{\rightarrow}} = \hat{y}'_2. \quad (8)$$

Необходимо заметить, что любая величина $(n - 1)$ – расстояние между x_1 и x_2 , которое выражено числом шагов n геометрической прогрессии, а не числом единиц метрической или иной системы измерения физических тел.

После трансформации $y'_{i,2}$ на x_i всякий раз возникает ситуация, при которой одному значению x_i соответствуют два значения y'_i : $y'_{i,k}$ и $\hat{y}'_{i,2}$. В итоге для выборки $x_{i,k}$ мы получаем возможность сформировать выборку разностей $(\ln \hat{y}'_{i,2} - \ln y'_{i,k})$, положительных или отрицательных по знаку, которые ранжируем по величине, после чего при $n \leq 25$ становится возможным оценить сходство или различие между совокупностями $y'_{i,k}$ и $\hat{y}'_{i,2}$ по парному критерию Вилкоксона [13].

Проиллюстрируем сказанное на примере результатов трансформации модельной выборки $(x_{i,2}; F_{i,2})$ по геометрическим прогрессиям, в которых в качестве знаменателей прогрессий использованы значения видовых констант $q(\tilde{x})$ и $q(\tilde{F})$ (см. выше). Результаты расчета сумм разностей $(\ln \hat{F}_{i,2} - \ln F_{i,k})$, с учетом их знака, полученные после трансформации значений формы тела $F_{i,2}$ самок модельной выборки на $x_{i,k}$ десяти разных выборок $(x_{i,k}; F_{i,k})$, сведены в табл. 1. Знак (+) в таблице означает, что значения $\hat{F}_{i,2}$ модельной выборки самок больше по величине сопряженных значений $F_{i,k}$. Знак (-) отражает обратную картину.

Таблица 1

Суммы рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона в каждой из десяти выборок $F_{i,k}$ самок

Table 1

Rank-sum (+) and (-) paired test Wilcoxon in each of the ten samples $F_{i,k}$ females

Знак Σ рангов	Суммы рангов разностей $(\ln \hat{F}_{i,2} - \ln F_{i,k})$										$\Sigma(\Sigma)$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
+	160	165	192	75	76	77	100	140	151	182	1318
-	165	111	108	115	134	133	131	91	125	71	1184
n пар	25	23	24	19	20	20	21	21	22	22	217

Оценка различий между $\hat{F}_{i,2}$ и $F_{i,k}$ при помощи парного критерия Вилкоксона показала на полное их отсутствие во всех десяти парных сравнениях выборок. Полученные результаты позволяют считать соотношение (8) – геометрическую прогрессию $\tilde{F}_{i,2}$ с параметром $q(\tilde{F}) = 1,067674$ – исходной (первой) моделью динамики формы тела самок гольяна, обитающих в р. Утка, на всем протяжении размерного ряда длины тела рыб, при которой возможно визуальное определение пола особей.

Длина тела отловленных самцов гольяна, при которой визуально определялся пол особей, колебалась от 2,74 до 7,83 см. При разности значений длины тела 184 самцов в ранжированный на размерные классы ряд длины тела самок сформировано восемь выборок самцов численностью от девятнадцати до тридцати особей в разных выборках. Как и для самок, выборочные средние значения всех одиннадцати признаков вычислены по (1).

По десяти модельным отношениям $\tilde{x}_{i,2}/\tilde{y}_{i,2}$ признаков самок гольяна модельной выборки переведены в масштаб модели ДИВО самок по соотношению (2) все измеренные и выборочные средние значения десяти признаков Y самцов. Отдельные $F_{i,k}$ и выборочные средние $\tilde{F}_{i,k}$ значения формы тела самцов, как и самок, вычислены по (1). Расчет параметров q_i геометрических прогрессий динамики $\tilde{x}_{i,k}; \tilde{y}_{i,k}; \tilde{F}_{i,k}$ самцов проведен по (3). Получены $q(\tilde{x}) = 1,046429$, $q(\tilde{F}) = 1,050797$.

Сравнение значений параметра $q(\tilde{F}/\tilde{x}) = q(\tilde{F})/q(\tilde{x}) = 1,0047$ геометрической прогрессии $\tilde{F}_{i,2}/\tilde{x}_{i,2}$ – модели динамики формы тела по длине тела самок, и $q(\tilde{F}/\tilde{x}) = 1,0042$ геометрической прогрессии $\tilde{F}_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$ самцов гольяна показало, что эти два значения $q(\tilde{F}/\tilde{x})$ практически совпали по величине!

По значениям параметров $q(\tilde{x}) = 1,062719$ и $q(\tilde{F}) = 1,067674$ самок (см. константы) проведена трансформация $(x_{i,2}; F_{i,2})$ самок модельной выборки на место расположения всех $(x_{i,k}; F_{i,k})$ самцов разных выборок по соотношениям (5), (6), (7), (8). Результаты оценки итогов совмещения выборок по x_i помещены в табл. 2.

Таблица 2

**Суммы рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона
в каждой из восьми выборок $F_{i,k}$ самцов**

Table 2

Rank-sum (+) and (-) paired test Wilcoxon in each of the eight samples $F_{i,k}$ males

Знак Σ рангов	Суммы рангов разностей $(\ln \hat{F}_{i,2} - \ln F_{i,k})$								$\Sigma(\Sigma)$
	1	2	3	4	5	6	7	8	
+	160	100	149	163	73	67	103	115	930
-	165	90	176	162	137	143	160	116	1149
n пар	25	19	25	25	20	20	22	21	177

Видно, что во всех выборках самцов различия между сопряженными $(\ln \hat{F}_{i,2} - \ln F_{i,k})$ отсутствуют, как и в табл. 1. Это означает, что после двух трансформаций модельной выборки $(x_{i,2}; F_{i,2})$ самок на $x_{i,k}$ самок и $x_{i,k}$ самцов, по значениям $q(\tilde{x})$ и $q(\tilde{F})$ – параметрам модели динамики формы тела по длине тела самок, получен результат, согласно которому в р. Утка одинаковые по длине тела самки и самцы гольяна не отличаются между собой по форме тела. Таким образом, по мере роста рыб в длину форма тела самок и самцов изменялась в одном направлении практически однозначно. Подтверждает сказанное рис. 1, где на плоскости системы прямоугольных координат OX и OY' нанесены: линия 1 модели ДИВО самок модельной выборки и точки $(\tilde{x}_{i,k}; \tilde{F}_{i,k})$ разных выборок самок и самцов.

Таким образом, если использованная в данной работе совокупность пластических морфологических признаков действительно характеризует форму тела гольяна, то без каких-либо других суждений правомерно прийти к выводу о том, что у одинаковых по длине тела самок и самцов гольяна, обитающих в условиях р. Утка, близки по величине или идентичны интегральные значения формы тела.

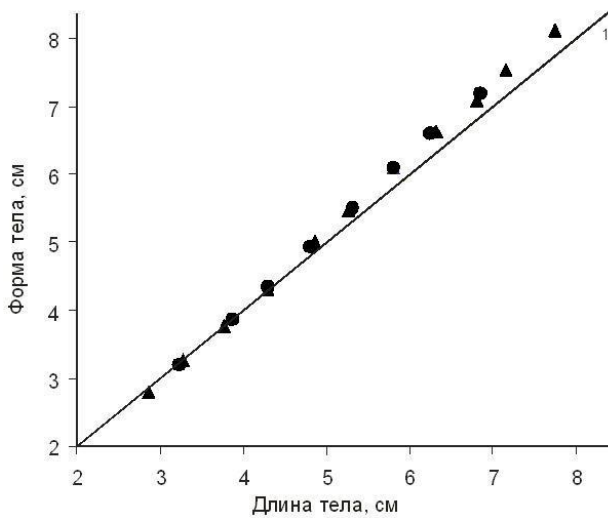


Рис. 1. Динамика формы тела по длине самок (▲) и самцов (●) гольяна из р. Утка
 Fig. 1. The dynamics of the body shape along the length of females (▲) and males (●) minnows from the River Canard

Геометрические средние значения формы тела самок и самцов в выборках представлены в масштабе значений признаков Y в исходной модели формы тела самок, 1 – линия модели ДИВО самок гольяна.

Серьезное сомнение в правильности такого толкования данных табл. 2 и рис. 1 – по видимому результату, возникло после проведения попарного сравнения выборочных совокупностей $(x_{i,k}; y'_{i,k})$ разных признаков Y самок и самцов. Напомним, что $y'_{i,k}$ – выборочное значение конкретного (i) признака Y в масштабе модели ДИВО. Символ (k) – порядковый номер выборки $(x_{i,k}; y'_{i,k})$. Так, после оценки различий тем же способом – совмещением по

$x_{i,k}$ разных выборок $(x_{i,k}; y'_{i,k})$ самок и самцов, отдельно по каждому из десяти признаков Y в выборках на интервале значений длины тела от 5,51 до 7,00 см, получен результат, согласно которому выявлены достоверные различия по шести пластическим признакам Y : aV , aA , H , h , $(aA - IC)$, $(1 - aA)$ (парный критерий Вилкоксона, 1%-й уровень значимости).

Так, естественно, возникла необходимость создать другую модель динамики формы тела, т.е. такую модель, при помощи которой, вероятно, станет возможно выявлять различия по форме тела у рыб разного пола при наличии достоверных различий по некоторым отдельным признакам. Решению этой задачи помогли результаты анализа нескольких вариантов динамики значений $(x_{i,k}; \tilde{F}_{i,k})$ с разными сочетаниями признаков Y у самок и самцов в каждом варианте, из которых здесь рассмотрим два варианта.

На рис. 2, в масштабе модели ДИВО самок гольяна, представлена динамика выборочных средних значений признаков Q , aV , H , IC самок гольяна по выборочным средним значениям длины тела (признак X). Линия 1 модели ДИВО проведена через начало координат и точку $(\tilde{x}_{i,2}; \tilde{F}_{i,2})$ модельной выборки самок. Видно, что по отношению к линии 1, где $q(\tilde{y}'_{i,k}) / q(\tilde{x}) = 1$, $q(\tilde{x}) = 1,062719$ (см. константы), линия 2 отражает динамику $\tilde{H}'_{i,k} / \tilde{x}_{i,k}$, и линия 3 – динамику $\tilde{Q}'_{i,k} / \tilde{x}_{i,k}$, расположены выше, в то время как линия 4 – динамики $\tilde{V}'_{i,k} / \tilde{x}_{i,k}$ и линия 5 – динамики $1\tilde{C}'_{i,k} / \tilde{x}_{i,k}$, расположены ниже линии 1. Вычисленное по (4) и значениям констант среднее геометрическое четырех $q(\tilde{y}'_{i,k})$ этих признаков равно

$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 q(\tilde{y}'_{i,k})} = q(\tilde{F}) = 1,065523$, а поделенное на $q(\tilde{x})$ равно 1,00264. Значит, линия дина-

мики формы тела $F_{i,k}^4$ по длине тела (на рис. 2 не проведена) расположена выше линии 1. Комбинация из четырех значений $q(\tilde{y}'_{i,k})$ признаков Q, aA, (1 - aA), IC самок приводит к величине $q(F^4) = 1,062632$, после деления которой на $q(\tilde{x})$ получаем величину $0,99992 = 1$. Очевидна возможность подбора и такой комбинации $q(\tilde{y}'_{i,k})$ признаков Y, для которых $q(F^n)/q(\tilde{x}) < 1$. Все сказанное свидетельствует о том, что окончательная величина $q(F^n)/q(\tilde{x})$ геометрической прогрессии динамики формы тела по длине тела самок или самцов в конечном итоге зависит от направления динамики $\tilde{y}'_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$ разных признаков Y по отношению к линии модели ДИВО. Но если отклонение частных линий динамики $\tilde{y}'_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$ и интегральной линии динамики $\tilde{F}_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$ от линии модели ДИВО – суть отражаемого на рисунке плоскости OX и OY' процесса динамики формы тела по длине тела, то представление разных по направленности линий динамики $\tilde{y}'_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$ признаков Y в величинах, соответствующих одному направлению их динамики по отношению к линии модели ДИВО, позволит исключить нивелирование величины интегральной оценки $q(F^n)/q(\tilde{x})$ разными по направленности линиями динамики $\tilde{y}'_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$.

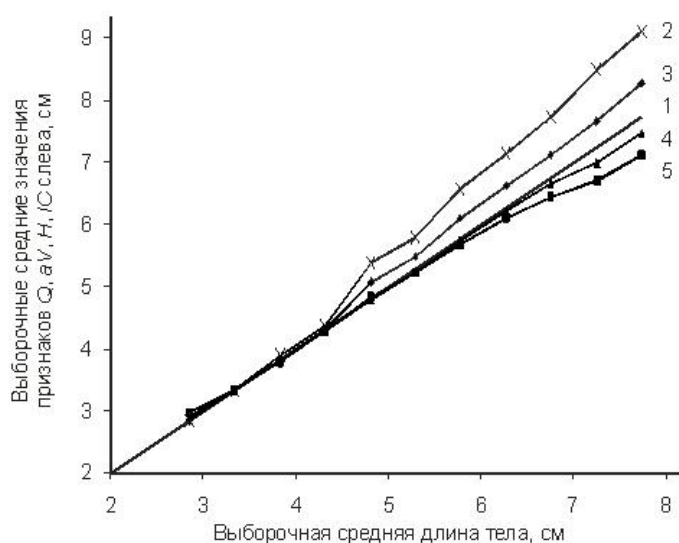


Рис. 2. Динамика выборочных геометрических средних значений признаков Y по длине самок гольяна:
 $(\tilde{l}_{i,k}; \tilde{H}'_{i,k})$ – линия 2; $(\tilde{l}_{i,k}; \tilde{Q}'_{i,k})$ – линия 3;
 $(\tilde{l}_{i,k}; a\tilde{V}'_{i,k})$ – линия 4; $(\tilde{l}_{i,k}; l\tilde{C}'_{i,k})$ – линия 5;
 1 – линия модели ДИВО самок гольяна
 Fig. 2. Dynamics of random geometric mean values of attributes Y along the length of female minnows $(\tilde{l}_{i,k}; \tilde{H}'_{i,k})$ – line 2;
 $(\tilde{l}_{i,k}; \tilde{Q}'_{i,k})$ – line 3; $(\tilde{l}_{i,k}; a\tilde{V}'_{i,k})$ – line 4;
 $(\tilde{l}_{i,k}; l\tilde{C}'_{i,k})$ – line 5;
 1 – line model DIVO female minnow

Поэтому для создания другой модели динамики формы тела по длине тела самок гольяна – второй модели, принято условие, согласно которому все $q(\tilde{y}'_{i,k})$ геометрических прогрессий динамики $\tilde{y}'_{i,k}$ признаков Y по величине должны быть больше $q(\tilde{x})$, т. е. все без исключения линии связи $\tilde{y}'_{i,k}/\tilde{x}_{i,k}$ на рисунке плоскости OX и OY' должны быть расположены выше линии модели ДИВО. Обратившись к видовым константам самок, видим, что $q(\tilde{y}'_{i,k})$ признаков IC, aV, (1 - aA) самок меньше значения $q(\tilde{x})$. Для выполнения принятого условия значения $q(\tilde{y}'_{i,k})$ этих признаков преобразуем по соотношению

$$q(\tilde{x})^2 / q(\tilde{y}'_{i,k}) = q(\tilde{y}''_{i,k}), \tag{9}$$

где $q(\tilde{y}''_{i,k}) > q(\tilde{x})$ во столько раз, во сколько $q(\tilde{y}'_{i,k}) < q(\tilde{x})$. Соответственно, для переноса точек $(x_{i,k}; y'_{i,k})$ и $(\tilde{x}_{i,k}; \tilde{y}'_{i,k})$ этих признаков на рисунке системы ОХ и ОУ' из нижнего положения в верхнее по отношению к линии модели ДИВО значения всех $y'_{i,k}$ и $\tilde{y}'_{i,k}$ преобразуем по соотношению

$$x_{i,k}^2 / y'_{i,k} = y''_{i,k}. \tag{10}$$

Наконец, по семи исходным $q(\tilde{y}'_{i,k})$ и трем преобразованным $q(\tilde{y}''_{i,k})$ вычислим по (4) знаменатель $q(\tilde{F}')$ геометрической прогрессии другой (второй) модели динамики формы тела самок гольяна: $q(\tilde{F}') = 1,069382$.

Теперь выпишем значения $q(\tilde{x})$, $q(\tilde{y}'_{i,k})$, $q(\tilde{F}')$ самцов гольяна, вычисленные по (3). Здесь величина $q(\tilde{x})$ вычислена по ряду чисел, состоящему из восьми выборочных средних $\tilde{x}_{i,k}$ самцов, а десять значений $q(\tilde{y}'_{i,k})$ вычислены по десяти рядам $\tilde{y}'_{i,k}$ самцов – после перевода в масштаб модели ДИВО самок измеренных значений $y_{i,k}$ и $\tilde{y}_{i,k}$ десяти признаков Y самцов по модельным отношениям $\tilde{x}_{i,2} / \tilde{y}_{i,2}$ самок модельной выборки. Как и для самок, в соотношении (3) $n = 10$: $q(\tilde{X}) = 1,046429$, $q(\tilde{Q}) = 1,051941$, $q(a\tilde{O}) = 1,053140$, $q(l\tilde{C}) = 1,041834$, $q(a\tilde{V}) = 1,041805$, $q(a\tilde{A}) = 1,044219$, $q(a\tilde{A} - l\tilde{C}) = 1,045539$, $q(l - a\tilde{A}) = 1,049957$, $q(\tilde{H}) = 1,061090$, $q(\tilde{h}) = 1,061710$, $q(\tilde{B}) = 1,056960$, $q(\tilde{F}') = 1,050797$. Видно, что числовые значения $q(\tilde{y}'_{i,k})$ признаков lC, aV, aA, (aA – lC) меньше $q(\tilde{x})$. Поэтому все $y'_{i,k}$ и $\tilde{y}'_{i,k}$ этих признаков преобразуем по (10) в $y''_{i,k}$ и $\tilde{y}''_{i,k}$, после чего для каждой из восьми выборок самцов по соотношению (1) вычислим значения $F'_{i,k}$ и $\tilde{F}'_{i,k}$ по $y'_{i,k}$, $y''_{i,k}$, $\tilde{y}'_{i,k}$, $\tilde{y}''_{i,k}$. Точки $(\tilde{x}_{i,k}; \tilde{F}'_{i,k})$ второго варианта моделирования динамики формы тела по длине тела самок и самцов гольяна нанесем на плоскость рис. 3 системы координат ОХ и ОУ'. Теперь на участке длины тела рыб от пяти до семи сантиметров точки $(\tilde{x}_{i,k}; \tilde{F}'_{i,k})$ самцов расположены выше аналогичных точек самок.

Оценим информативность второй модели динамики формы тела по длине тела самок. Для этого проведем трансформацию значений $x_{i,2}$ и $F'_{i,2}$ точек $(x_{i,2}; F'_{i,2})$ исходной модельной выборки самок по (5), (6), (7), (8) на место расположения $x_{i,k}$ разных выборок самцов на оси ОХ рис. 3 по геометрическим прогрессиям с $q(\tilde{X}) = 1,062719$ – видовая константа и $q(\tilde{F}') = 1,069382$ – значение знаменателя прогрессии второй модели динамики формы тела самок гольяна. Результаты трансформации приведены в табл. 3.

Видно отчетливо, что $F'_{i,k}$ самцов в пятой, шестой, седьмой и восьмой выборках больше значений $\hat{F}'_{i,2}$ самок. В шестой и седьмой выборках различия достоверны на 1%-м уровне значимости. Для уточнения результатов, помещенных в табл. 3, отдельно выполнена оцен-

ка сходства или различия по форме тела самок и самцов в пятых и восьмых выборках. После трансформации выборочных $F'_{i,5}$ и $F'_{i,8}$ самок на $x_{i,5}$ и $x_{i,8}$ самцов тем же способом – по (5), (6), (7), (8), где $q(\tilde{X}) = 1,062719$, $q(\tilde{F}') = 1,069382$, и вычисления разностей $(\ln \hat{F}'_{i,5}$ самок – $\ln F'_{i,5}$ самцов) и $(\ln \hat{F}'_{i,8}$ самок – $\ln F'_{i,8}$ самцов) проявились достоверные различия между $\hat{F}'_{i,8}$ самок и $F'_{i,8}$ самцов.

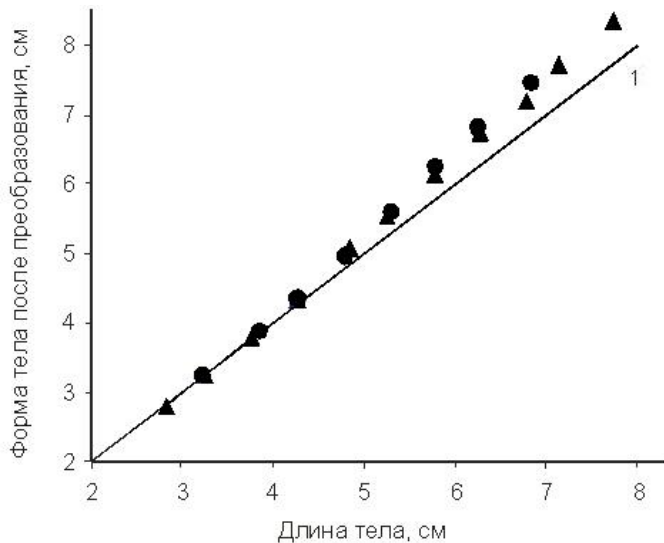


Рис. 3. Динамика преобразованных выборочных геометрических средних значений формы тела самок (▲) и самцов (●) гольяна из р. Утка: 1 – линия модели ДИВО самок гольяна
Fig. 3. The dynamics of the transformed sample geometric mean values of female body females (▲) and males (●) minnows from the River Canard: 1 – line model DIVO female minnow

Таблица 3

**Суммы рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона
в каждой из восьми выборок $F_{i,k}$ самцов**

Table 3

Rank-sum (+) and (-) paired Wilcoxon test in each of the eight samples $F_{i,k}$ males

Знак Σ рангов	Суммы рангов разностей $(\ln \hat{F}_{i,2} - \ln F_{i,k})$								$\Sigma(\Sigma)$
	1	2	3	4	5	6	7	8	
+	109	103	191	143	70	25	42	66	749
-	216	87	134	182	140	185	207	165	1316
n пар	25	19	25	25	20	20	22	21	177

Таким образом, если всем рядам значений $y'_{i,k}$ признаков Y , призванным характеризовать форму тела рыб при разных $x_{i,k}$, придать одно направление динамики по отношению к линии модели ДИВО, в данном случае – положительное, то можно не только видеть на рис. 3, но и утверждать, что на интервале длины тела от 5,5 до 7,0 см и больше форма тела самцов изменяется иначе, чем изменяется форма тела самок. Это, в свою очередь, приводит к мысли о том, что на данном отрезке онтогенеза рыб разного пола – репродуктивном периоде жизни рыб – проявляются и реализуются два направления формообразования, приводящие, вероятно, к выравниванию гидродинамических характеристик тела самок и самцов: лобовое сопротивление, обтекаемость [14] – и, тем самым, к снижению энерги-

ческих затрат при обитании рыб в условиях направленного движения среды обитания – течения воды в русле реки.

Подведем краткий итог сказанному выше. Представлены десять соотношений, которые составляют математическую основу метода оценки половых различий самок и самцов популяции речного голяна. Логической основой метода является исходная виртуальная модель тела рыб (модель ДИВО) – фигура равностороннего многоугольника [1] – и представление о взаимосвязанном умножительном изменении линейных размеров всех пластических признаков в процессе геометрического роста размеров тела животных [10, 11, 12], которое описывается геометрической прогрессией.

Логическая и математическая основы позволили вслед за первой создать вторую модель динамики формы тела по длине тела самок голяна, при помощи которой стало возможным напрямую – способом трансформации модельной выборки $(x_{i,2}; F'_{i,2})$ самок – провести оценку сходства или различия по форме тела самок и самцов популяции особей речного голяна р. Утка.

Трансформация модельной выборки значений длины и формы тела самок голяна по размерному ряду длины тела с $q(\tilde{X}) = 1,062719$ и значению $q(\tilde{F}') = 1,069382$ геометрической прогрессии второй модели динамики формы тела по длине тела самок – методический прием, позволяющий оценивать не только сходство или различие по форме тела самок и самцов популяции р. Утка, но и самок из разных популяций относительно самок популяции р. Утка. Для этого из разных популяций особей вида достаточно отловить всего по одной выборке наиболее крупных половозрелых самок численностью 25-30 особей в выборке. Если возникнет необходимость сравнить форму тела самцов из разных популяций, то, как и в случае с самками, необходимо построить модель ДИВО по модельной выборке самцов из той же, что и самки, популяции и, аналогично – по материалам измерения самцов всех размеров тела, которые встречены при отлове, рассчитать параметры $q(\tilde{x})$, $q(\tilde{y}'_{i,k})$, $q(\tilde{F})$ геометрических прогрессий первой и второй моделей динамики формы тела по длине тела самцов.

В данной работе параметры исходной модели ДИВО и моделей динамики формы тела по длине тела самок голяна вычислены впервые. Поэтому за популяцией особей речного голяна из р. Утка на данном этапе исследования условно закрепляется статус исходной популяции вида, по значениям параметров моделей динамики формы тела самок и самцов которой должно проводиться сравнение формы тела самок и самцов всех других популяций этого вида рыб. Тем самым ряды измеренных значений линейных промеров одиннадцати пластических признаков модельных выборок самок и самцов голяна р. Утка, исходные модельные отношения признаков $\tilde{x}_{i,2}/\tilde{y}_{i,2}$, видовые константы $q(\tilde{x})$, $q(\tilde{y}'_{i,k})$, $q(\tilde{y}''_{i,k})$, $q(\tilde{F})$, $q(\tilde{F}')$ геометрических прогрессий первой и второй моделей динамики формы тела по длине тела самок и самцов могут быть использованы для создания исходного банка данных.

Список литературы

1. Беляев В.И., Русанов В.В. Отражение статики и динамики формы тела животных при помощи модели двухмерного изометрического виртуального облика (на примере рыб) // Вест. Тюм. гос. ун-та. – 2005. – № 5. – С. 202-212.
2. Смирнов В.С., Божко А.М., Рыжков Л.П., Добринская Л.А. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб. – Петрозаводск: Карелия, 1972. – 168 с.

3. Смирнов В.С., Божко А.М., Добринская Л.А. Основные требования к сбору и обработке материала по костистым рыбам при использовании метода морфофизиологических индикаторов // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс, 1974. – Ч. I. – С. 26-36.
4. Сукацкас В.Т. Биометрические проблемы исследования рыб (*Salmo*) в пределах ареала // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс, 1974. – Ч. I. – С. 13-21.
5. Шапошникова Г.Х., Дорофеева Е.А. Таблицы промеров рыб семейства *Salmonidae* // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс, 1974. – Ч. I. – С. 22-25.
6. Скрыбин А.Г. Сиговые рыбы юга Сибири. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. – 230 с.
7. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
8. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1987. – 430 с.
9. Эренберг А. Анализ и интерпретация статистических данных. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 408 с.
10. Беляев В.И. Оценка роста и динамики формы тела животных с позиции закона геометрического роста. – Свердловск, 1985. – 54 с. – Деп. в ВИНТИ. 05.06.1985, № 4212 – 85 деп.
11. Беляев В.И. Оценка функциональных отношений биологических признаков животных в выборочных базах данных (на примере рыб) // Проблемы отдаленных эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв. – Екатеринбург, 2000. – С. 88-98.
12. Беляев В.И. Принцип связи двух переменных в алгоритмах оценки функциональных отношений биологических признаков животных (на примере рыб) // Сиб. экол. журн. – 2001. – № 5. – С. 637-643.
13. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
14. Александер Р. Биомеханика. – М.: Мир, 1970. – 340 с.

Сведения об авторе: Беляев Владимир Иванович, e-mail: belyaevvg@rambler.ru.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 539.3

С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина

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

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИЗЛУЧЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ АНТЕНН

Рассмотрен комбинированный метод конечных и граничных элементов для компьютерного моделирования пьезопреобразователей и гидроакустических антенн произвольной формы. Приведена его реализация для осесимметричного случая. Выполнен анализ основных параметров цилиндрической гидроакустической антенны, состоящей из двух водозаполненных преобразователей. Определены оптимальные геометрические размеры антенны.

Ключевые слова: гидроакустическая антенна, пьезопреобразователь, метод конечных элементов, метод граничных элементов.

S.M. Balabaev, N.F. Ivina

COMPUTER SIMULATION AND ANALYSIS OF RADIATION OF CYLINDRICAL HYDROACOUSTIC ANTENNAE

A mixed finite element-boundary element method for computer simulation of piezotransducers and hydroacoustic antennae of arbitrary shape is considered. Its realization for axis-symmetric case is carried out. Analysis of basic parameters of cylindrical hydroacoustic antenna consisting of two free-flooded transducers is executed. The optimum geometrical dimensions of antenna are determined.

Key words: hydroacoustic antenna, piezotransducer, finite element method, boundary element method.

Гидроакустическая антенна, содержащая от одного до шести одинаковых, соосно расположенных водозаполненных (свободнопогруженных, точнее, свободнозатопленных в американской терминологии) пьезоцилиндров с радиальной поляризацией, экспериментально исследовалась еще Г.У. Мак-Магоном (G.W. McMahon, Атлантическое оборонное научно-исследовательское учреждение, г. Дартмут, Канада) [1]. Для пьезоцилиндров конкретного размера опытным путем было установлено, что для получения равномерной широкополосной частотной характеристики чувствительности излучения пьезоцилиндры должны располагаться на определенном расстоянии друг от друга. Эта работа стимулировала большой интерес акустиков к разработке математических моделей водозаполненного пьезоцилиндра, являющегося двухрезонансной системой, анализу и оптимизации его параметров. Как отмечено в статье И.В. Вовка (Институт гидромеханики Академии наук Украины, г. Киев) [2], эта задача является «интересной и содержательной задачей акустики, имеющей богатую историю». Заметим также, что для первого автора знакомство с этой задачей произошло в январе 1972 г. при подготовке дипломного проекта в одном ленинградском «почтовом ящике» (т.е. это первая и, наверное, последняя «акустическая любовь»).

Приближенные аналитические модели водозаполненного пьезоцилиндра без учета пьезоэффекта были разработаны рядом отечественных акустиков [3-5]. Однако они не учитывают многие принципиально важные эффекты.

П.Х. Роджерс (P.H. Rogers, Технологический институт Джорджии, г. Атланта) [6] разработал численно-аналитическую модель водозаполненного пьезоцилиндра с радиальной поляризацией. Для моделирования пьезоцилиндра использована теория оболочек, а для численного интегрирования граничного интегрального уравнения (ГИУ) Гельмгольца - известная программа SHIP (ранее созданная под его руководством в Военно-морской научно-исследовательской лаборатории г. Вашингтон). Как показано авторами [7], теория оболочек, а следовательно, и предложенная комбинированная модель не учитывает изгибные моды, поэтому полученная на ее основе информация будет неполной. В [8] на основе разработанной авторами модели водозаполненного пьезоцилиндра, свободной от ограничений, присущих модели в статье [6], показано, что изгибная мода может значительно искажать частотные характеристики преобразователя и его диаграмму направленности и, возможно, давать неверную информацию на экране гидролокатора.

Ограниченные возможности аналитических методов приводят к тому, что многие вопросы разработки преобразователей можно решить только опытным путем, что связано с большими затратами времени и материалов. Известно, например, что при разработке и изготовлении низкочастотных гидроакустических антенн из секционированных крупногабаритных цилиндрических преобразователей потребовались большие, длительные и весьма дорогостоящие экспериментальные исследования. Вопрос об оптимальности конструкции при этом обычно остается открытым, так как часто невозможно исследовать все варианты.

Компьютерное моделирование на основе метода конечных элементов (МКЭ) и метода граничных элементов (МГЭ) позволяет анализировать реальную конструкцию при варьировании ее параметров и таким образом значительно ускорить и удешевить разработку высокоэффективных пьезопреобразователей (ПП). По этой причине авторы солидарны с мнением известного сторонника численных методов в акустике В.Ю. Завадского [9]: «... необходимы своевременная смена научных концепций, разработки радикально новых теорий, математическое и численное моделирование в условиях наиболее близких к реальным. Становится необходимым не просто улучшать и усложнять прежние формулы, а принципиально изменять подход, переходя от чрезмерной, иногда парализующей всякий анализ (даже численный) сложности теоретических формул к простоте, ясности и своеобразной красоте алгоритмических решений, которые берут в основу простоту и красоту исходных уравнений математической физики».

Высокая производительность современных компьютеров, а также перспективы их развития изменили соотношение между численными и аналитическими методами в пользу первых. Современные численные методы, особенно МКЭ и МГЭ, следует считать наиболее эффективным и перспективным математическим аппаратом для анализа реальных ПП. Таким образом, авторы согласны с мнением В.Ю. Завадского [9]: «Высокая производительность компьютеров изменила соотношение между вычислениями при использовании теоретических решений в виде формул для волновых задач и численными алгоритмами, схемами, разностными методами, применяемыми непосредственно к исходным уравнениям задачи. Конечно, формулы сохранили свое значение как более наглядные средства представления решения простых идеализированных задач. В то же время стало ясно, что в более сложных задачах необходимо использовать всю мощь компьютера и применять универсальные алгоритмы».

Первые работы, давшие мощный толчок компьютерному моделированию ПП с учетом пьезоэффекта и акустического излучения, были выполнены в начале 70-х гг. прошлого века практически одновременно и независимо в США и Японии. В США работы в этом направлении были начаты корпорацией «Дженерал дайнемикс» в отделе электросудов

(г. Гротон, Коннектикут) и продолжены в Военно-морском центре подводных исследований (г. Сан-Диего, Калифорния). Отметим, что именно в г. Гротон 21 января 1954 г. была спущена на воду первая в мире атомная подводная лодка «Наутилус», которая стоит сейчас у мемориального причала. Группой из восьми ученых были получены фундаментальные результаты по применению МКЭ для анализа колебаний ПП, излучения и рассеяния звука конечными телами, кратко опубликованные в 1970-1975 гг. в открытой печати в виде шести журнальных статей. В статье [10] изложен метод учета жидкой акустической нагрузки, основанный на применении ГИУ Гельмгольца. В этой работе поставлена и решена задача «стыковки» ранее разработанных программ: СНИЕФ (Центр подводных исследований) и MARTSAM (Дженерал дайнемикс). Можно считать, что для учета акустического излучения фактически использован МГЭ с кусочно-постоянной аппроксимацией неизвестных функций, хотя сам термин «метод граничных элементов» («boundary element method» – ВЕМ) был введен позже.

В данной работе применен ранее разработанный авторами комбинированный метод конечных и граничных элементов [11] с использованием элементов с квадратичной аппроксимацией. Использование таких элементов значительно увеличивает точность расчетов и уменьшает размеры глобальных матриц, а следовательно, и время вычислений. Как показано в статье [11], систему уравнений для анализа вынужденных колебаний ПП произвольной формы можно записать в виде

$$\begin{aligned} ([H_{uu}] - \omega^2 [M] + i\omega [C]) |u_i\rangle + [W][S] |P\rangle &= |H_{uv}\rangle, \\ \omega^2 \rho [B][W]^T |u_i\rangle - [A] |P\rangle &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где $[H_{uu}]$ – глобальная матрица жесткости с учетом пьезоэффекта; $[M]$ – глобальная матрица массы; $[C]$ – демпфирующая матрица, учитывающая механические потери; $[W]$ – матрица направляющих косинусов внешней единичной нормали в узловых точках; $[S]$ – диагональная матрица площади; $[A]$ и $[B]$ – глобальные матрицы МГЭ, полученные специальным суммированием соответствующих элементных матриц; $|H_{uv}\rangle$ – глобальная матрица-столбец (вектор) пьезоэлектрической «жесткости»; $|u_i\rangle$ – вектор узловых смещений; $|P\rangle$ – вектор узловых давлений на поверхности излучения; ω – круговая частота; i – мнимая единица; ρ – плотность жидкости; символ T означает транспонирование.

Система (1) дополняется уравнением (2), которое определяет зависимость электрической проводимости Y от частоты:

$$Y = i\omega (\langle H_{uv} | |u_i\rangle - H_{vv}), \quad (2)$$

где $\langle H_{uv} |$ – глобальная матрица-строка пьезоэлектрической «жесткости»; H_{vv} – диэлектрическая «жесткость».

Рассмотрим более подробно МГЭ и его реализацию для осесимметричного случая. В МГЭ важную роль играет функция Грина – фундаментальное сингулярное решение соответствующего неоднородного уравнения с правой частью в виде дельта-функции Дирака. В задачах излучения этим уравнением является неоднородное уравнение Гельмгольца:

$$\Delta \varphi(\vec{R}) + k^2 \varphi(\vec{R}) = -4\pi \delta(\vec{X} - \vec{Q}), \quad (3)$$

где Δ – оператор Лапласа; φ – потенциал скорости; $k = \omega/c$, c – скорость звука в жидкости; \vec{X} – радиус-вектор любой точки поля (точки наблюдения); \vec{Q} – радиус-вектор точки на поверхности S ПП; $\vec{R} = \vec{X} - \vec{Q}$; $\delta(\vec{X} - \vec{Q})$ – дельта-функция Дирака.

ГИУ для задач акустического излучения является ГИУ Гельмгольца, которое определяет давление в произвольной точке пространства X , если известно распределение давления и нормальной компоненты колебательной скорости на замкнутой поверхности S ПП (рис. 1, а) [5, 12]:

$$C(X)P(X) = \iint_S (P(Q)\mathcal{R}G(X, Q)/\partial n + i\omega\rho G(X, Q)V_n(Q))dS, \quad (4)$$

где $P(X)$, $P(Q)$ – давления в точке X акустического поля и в точке Q на поверхности S ; $V_n(Q)$ – колебательная скорость, нормальная к поверхности S ; \vec{n} – внешняя по отношению к ПП, единичная нормаль; $G(X, Q)$ – функция Грина, являющаяся решением неоднородного уравнения (3). В общем случае трехмерного пространства она равна

$$G(X, Q) = G(R) = \exp(-ikR)/R. \quad (5)$$

Коэффициент $C(X)$ в уравнении (4) определяется в зависимости от расположения точки X относительно поверхности S : $C(X) = 4\pi$, если точка X находится в пространстве вне поверхности S ; $C(X) = 0$, если точка X находится внутри S , и

$$C(X) = 4\pi + \iint_S \partial R^{-1} / \partial n dS, \quad (6)$$

если X находится на S . Выражение (6) позволяет определить $C(X)$, даже если в точке X на поверхности S существует неединственная нормаль; на плоской поверхности $C(X) = 2\pi$.

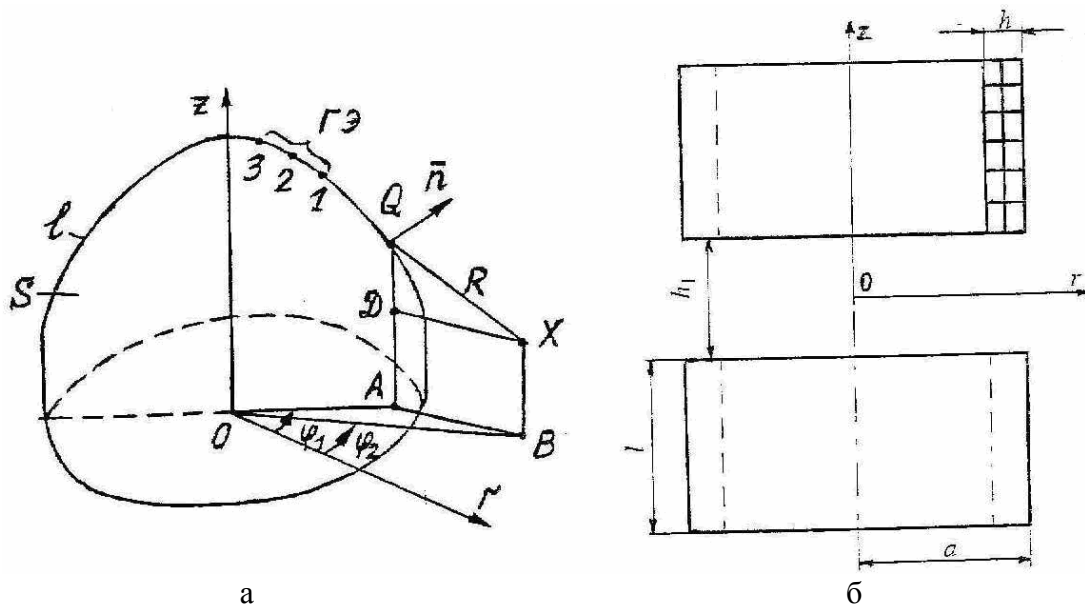


Рис.1. Расчетные модели: а – осесимметричного тела в МГЭ; б – антенны и ее разбиения на конечные элементы
 Fig. 1. Designed models: а – axis-symmetric solid at BEM; б – antenna and its partition into finite elements

Для интегрирования уравнения (4) поверхность S разбивается на конечное количество граничных элементов ($\Gamma\mathcal{E}$), число узловых точек которых зависит от порядка аппроксимирующих функций. МГЭ позволяет задать различный порядок аппроксимации искомых функций и самой поверхности интегрирования. Порядок аппроксимации в пределах $\Gamma\mathcal{E}$ учитывается выбором соответствующих функций формы $N_j(x_1, x_2)$, которые определены в локальных координатах x_1, x_2 . Тогда нормальную скорость и давление в пределах $\Gamma\mathcal{E}$ с номером k можно выразить следующим образом:

$$V_n^k = \sum_{j=1}^{l+1} N_j V_j^k, \quad P^k = \sum_{j=1}^{l+1} N_j P_j^k, \quad (7)$$

где l – порядок аппроксимации функций; V_j^k, P_j^k – узловые значения функций. Интегралы в ГИУ Гельмгольца (4) можно представить как сумму интегралов по $\Gamma\mathcal{E}$; k – количество $\Gamma\mathcal{E}$.

$$\sum_{k=1}^K \left(\iint_{S_k} P(Q) \mathcal{E}G(R) / \partial n dS + i\omega\rho \iint_{S_k} V_n(Q) G(R) dS \right) = (4\pi + \sum_{k=1}^K \iint_{S_k} \mathcal{E}R^{-1} / \partial n dS) P(X).$$

Поместим точку поля X на поверхность S ПП в точку с номером m . Значения неизвестных функций в пределах $\Gamma\mathcal{E}$ аппроксимируем выражениями (7) и вынесем узловые значения функций из-под знака интеграла:

$$\sum_k \sum_j (P_j^k \iint_{S_k} N_j \mathcal{E}G / \partial n dS + i\omega\rho V_j^k \iint_{S_k} N_j G) dS = (4\pi + \sum_k \iint_{S_k} \mathcal{E}R^{-1} / \partial n dS) P_m. \quad (8)$$

При выполнении интегрирования в пределах каждого $\Gamma\mathcal{E}$ удобно использовать локальные координаты; тогда компоненты элементных матриц можно ввести следующим образом:

$$a_{jm}^k = \iint_{S_k} N_j \mathcal{E}G / \partial n \det[J] dx_1 dx_2; \quad b_{jm}^k = \iint_{S_k} N_j G \det[J] dx_1 dx_2; \\ c_m^k = \iint_{S_k} \mathcal{E}R^{-1} / \partial n \det[J] dx_1 dx_2, \quad (9)$$

где $\det[J]$ – якобиан; функция Грина в выражениях (9) определяется расстоянием R между точками j и m .

Если точку m располагать последовательно во всех узловых точках, то получим систему линейных уравнений вида (8) относительно граничных узловых значений давления и нормальной скорости

$$\sum_k \sum_j a_{jm}^k P_j^k - (4\pi + \sum_k c_m^k) P_m = -i\omega\rho \sum_k \sum_j b_{jm}^k V_j^k, \quad (10)$$

$m=1 \div M$; M – количество узловых точек и количество уравнений системы (10).

Определим векторы давления $|P\rangle$ и нормальной скорости $|V_n\rangle$ как совокупность соответствующих узловых значений и перепишем систему уравнений (10) в виде

$$[A]|P\rangle = -i\omega\rho[B]|V_n\rangle, \quad (11)$$

где $[A]$ и $[B]$ – глобальные матрицы, полученные специальным суммированием соответствующих элементных матриц вида (9). Уравнение (11) можно использовать для решения задач Неймана и Дирихле, определяя решение во внутренней или внешней области.

Для заданной точки X можно вычислить давление в акустическом поле по известным граничным значениям давления и нормальной скорости в соответствии с уравнениями (4), (8) ($C(X) = 4\pi$):

$$P = (4\pi)^{-1}(\langle A_l || P \rangle + i\omega\rho\langle B_l || V_n \rangle), \quad (12)$$

где $\langle A_l |$, $\langle B_l |$ – матрицы-строки для заданной точки акустического поля. Выражение (12) применяется для определения поля изучения в ближней и дальней зонах, а также границы ближней зоны.

Совокупность системы уравнений (1), (2) и (12) позволяет определить все характеристики ПП: система (1) описывает давление на поверхности ПП и смещения всех узловых точек, уравнение (2) определяет электрическую проводимость, а уравнение (12) – давление в ближней и дальней зонах.

Рассмотрим основные соотношения МГЭ для осесимметричных ПП. При их выводе использованы некоторые результаты работ [5, 13]. Введем систему цилиндрических глобальных координат r, φ, z . Поверхностью интегрирования в интегралах в выражениях (4), (6) является замкнутая поверхность S , получаемая при вращении линии l (состоящей в данном случае из двух прямолинейных отрезков и части кривой линии, см. рис. 1, а) вокруг оси z . Дифференциал площади равен: $dS = r dr d\varphi$ (при интегрировании по кругу, перпендикулярному оси вращения); $dS = r dz d\varphi$ (при интегрировании по цилиндрической поверхности); $dS = r dl d\varphi$ (в общем случае), где дифференциал длины дуги равен $dl = ((dr)^2 + (dz)^2)^{1/2}$. Тогда в цилиндрических координатах выражения (4) и (6) с учетом (5) запишем в виде

$$C(X)P(X) = \int_l (P(Q) \int_0^{2\pi} \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{\exp(-ikR)}{R} \right) d\varphi + i\omega\rho V_n(Q) \int_0^{2\pi} \frac{\exp(-ikR)}{R} d\varphi) r dl, \quad (13)$$

$$C(X) = 4\pi + \int_l \int_0^{2\pi} \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{1}{R} \right) d\varphi r dl. \quad (14)$$

Рассмотрим сначала интегралы по углу в выражении (13). Обозначим их следующим образом:

$$J_1(X, Q) = \int_0^{2\pi} \frac{\exp(-ikR)}{R} d\varphi. \quad (15)$$

$$J_2(X, Q) = \int_0^{2\pi} \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{\exp(-ikR)}{R} \right) d\varphi. \quad (16)$$

Очевидно, что при $R = 0$ эти интегралы являются сингулярными и их нельзя вычислить численно по обычным квадратурным формулам. Поэтому используем следующую процедуру: представим интеграл $J_1(X, Q)$ (15) в виде суммы двух интегралов:

$$J_1(X, Q) = J_3(X, Q) + J_4(X, Q), \tag{17}$$

где
$$J_3(X, Q) = \int_0^{2\pi} (\exp(-ikR) - 1) / R d\varphi, \tag{18}$$

$$J_4(X, Q) = \int_0^{2\pi} R^{-1} d\varphi. \tag{19}$$

Несложно показать, что $\lim_{R \rightarrow 0} (\exp(-ikR) - 1) / R = -ik$, следовательно, подынтегральная функция интеграла $J_3(X, Q)$ является ограниченной и его можно вычислить численно по обычным квадратурным формулам.

Рассмотрим сингулярный интеграл $J_4(X, Q)$ (19). Выразим расстояние R между точками $Q(r_1, \varphi_1, z_1)$ и $X(r_2, \varphi_2, z_2)$ через координаты этих точек. Из треугольника OAB определим $AB = (r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos(\varphi_1 - \varphi_2))^{1/2}$, тогда из прямоугольного треугольника QDX с учетом обозначения $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ получим $R = (r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\varphi + (z_1 - z_2)^2)^{1/2}$. Введем обозначения: $R_1^2 = (r_1 + r_2)^2 + (z_1 - z_2)^2$, $k_1^2 = 4r_1r_2/R_1^2$, тогда выражение (19) можно преобразовать к виду

$$J_4(X, Q) = R_1^{-1} \int_0^{2\pi} (1 - 0,5k_1^2(1 + \cos\varphi))^{-1/2} d\varphi.$$

Выполнив замену переменной интегрирования по формуле $\varphi = \pi - 2\alpha$, окончательно получим для этого интеграла

$$J_4(X, Q) = 4R_1^{-1} \int_0^{\pi/2} (1 - k_1^2 \sin^2 \alpha)^{-1/2} d\alpha = 4R_1^{-1} F(\pi/2, k_1), \tag{20}$$

где $F(\pi/2, k_1)$ – полный эллиптический интеграл первого рода [14].

Интеграл $J_2(X, Q)$ (16) также представим в виде суммы двух интегралов:

$$J_2(X, Q) = J_5(X, Q) + J_6(X, Q), \tag{21}$$

где
$$J_5(X, Q) = \int_0^{2\pi} \frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{\exp(-ikR) - 1}{R} \right) d\varphi, \tag{22}$$

$$J_6(X, Q) = \int_0^{2\pi} \partial R^{-1} / \partial n d\varphi. \tag{23}$$

Отметим, что интеграл $J_6(X, Q)$ совпадает с интегралом по углу в выражении (14). Рассмотрим интеграл $J_5(P, Q)$. Производная по единичной нормали равна

$$\frac{\partial}{\partial n} \left(\frac{\exp(-ikR) - 1}{R} \right) = \frac{\partial}{\partial R} \left(\frac{\exp(-ikR) - 1}{R} \right) \frac{\partial R}{\partial n}, \tag{24}$$

где

$$\frac{\partial}{\partial R} \left(\frac{\exp(-ikR) - 1}{R} \right) = \frac{1 - (1 + ikR) \exp(-ikR)}{R^2}. \quad (25)$$

С помощью правила Лопиталя несложно показать, что

$$\lim_{R \rightarrow 0} \frac{\partial}{\partial R} \left(\frac{\exp(-ikR) - 1}{R} \right) = -\frac{k^2}{2}.$$

Производная по нормали (второй множитель в выражении (24) также является ограниченной, поэтому интеграл $J_5(X, Q)$ (22) можно вычислить численно по обычным квадратурным формулам.

Производная по нормали равна

$$\partial R / \partial n = \partial R / \partial r_1 \cos \alpha + \partial R / \partial z_1 \cos \beta,$$

где $\cos \alpha$ и $\cos \beta = \sin \alpha$ – направляющие косинусы внешней нормали,

$$\frac{\partial R}{\partial r_1} = \frac{r_1 - r_2 \cos \varphi}{R}, \quad \frac{\partial R}{\partial z_1} = \frac{z_1 - z_2}{R}.$$

Рассмотрим сингулярный интеграл $J_6(X, Q)$ (23):

$$J_6(X, Q) = \int_0^{2\pi} \partial R^{-1} / \partial n d\varphi = \partial / \partial n \int_0^{2\pi} R^{-1} d\varphi = \partial J_4 / \partial n = \partial / \partial n (4 / R_1 F(\pi / 2, k_1)).$$

Взяв производную по нормали, получим

$$J_6(X, Q) = 4 / R_1^2 \left(\left(R_1 \frac{\partial F}{\partial k_1} \frac{\partial k_1}{\partial r_1} - F \frac{\partial R_1}{\partial r_1} \right) \cos \alpha + \left(R_1 \frac{\partial F}{\partial k_1} \frac{\partial k_1}{\partial z_1} - F \frac{\partial R_1}{\partial z_1} \right) \sin \alpha \right). \quad (26)$$

Производные, входящие в выражение (26), вычисляются аналитически:

$$\frac{\partial R_1}{\partial r_1} = \frac{r_1 + r_2}{R_1}, \quad \frac{\partial R_1}{\partial z_1} = \frac{z_1 - z_2}{R_1}, \quad \frac{\partial k_1}{\partial r_1} = \frac{\sqrt{r_2} R_1^2 - 2r_1(r_1 + r_2)}{R_1^3}, \quad \frac{\partial k_1}{\partial z_1} = \frac{2\sqrt{r_1 r_2}(z_2 - z_1)}{R_1^3}.$$

Рассмотрим производную полного эллиптического интеграла первого рода по его модулю k_1 . Известно [14], что

$$\frac{\partial F(\pi / 2, k_1)}{\partial k_1} = \frac{E(\pi / 2, k_1) - k_1^2 F(\pi / 2, k_1)}{k_1 k_2^2},$$

где $k_2 = \sqrt{1 - k_1^2}$, $E(\pi / 2, k_1) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k_1^2 \sin^2 \alpha} d\alpha$ – полный эллиптический интеграл второго рода.

Таким образом, выражения (13) и (14) перепишем в виде

$$C(X)P(X) = \int_l (P(Q)(J_5(X, Q) + J_6(X, Q)) + i\omega\rho V_n(Q)(J_3(X, Q) + J_4(X, Q))) r dl, \quad (27)$$

$$C(X) = 4\pi + \int_l J_6(X, Q) r dl, \quad (28)$$

где интегралы $J_3(X, Q) - J_6(X, Q)$ определяются соответственно выражениями (18), (20), (22), (26). В выражениях (27) и (28) нужно вычислить криволинейные интегралы первого рода по длине l .

Рассмотрим вычисление этих криволинейных интегралов. В МГЭ образующая поверхности вращения разбивается на ГЭ с квадратичной аппроксимацией. На рис. 1, а изображен один типичный ГЭ с тремя узлами. Функции формы ГЭ с квадратичной аппроксимацией при указанной нумерации узлов запишем в виде

$$N_1(x) = 0,5x(x-1), \quad N_2(x) = 1-x^2, \quad N_3(x) = 0,5x(x+1), \quad (29)$$

где x – локальная координата, $x \in [-1; 1]$. Из выражений (29) очевидно, что каждая функция формы, как и в МКЭ, равна единице в одном определенном узле и обращается в нуль во всех остальных узлах. Глобальные координаты любой точки Q на линии l можно записать в виде

$$r(x) = \sum_{j=1}^3 N_j(x)r_j, \quad z(x) = \sum_{j=1}^3 N_j(x)z_j, \quad (30)$$

где r_j, z_j – глобальные координаты узлов. Выражения (7), аппроксимирующие нормальную скорость и давление в пределах ГЭ с номером k , перепишем в виде

$$V_n^k(x) = \sum_{j=1}^3 N_j(x)V_j^k, \quad P^k(x) = \sum_{j=1}^3 N_j(x)P_j^k. \quad (31)$$

Дифференциал длины дуги в общем случае равен

$$dl = \sqrt{(dr)^2 + (dz)^2} = \sqrt{(r'_x)^2 + (z'_x)^2} dx, \quad (32)$$

где с учетом выражения (30)

$$r'_x = \sum_{j=1}^3 N'_j(x)r_j, \quad z'_x = \sum_{j=1}^3 N'_j(x)z_j. \quad (33)$$

Производные функций формы, входящие в выражения (33), вычисляются аналитически, они равны: $N'_1 = x - 0,5$; $N'_2 = -2x$; $N'_3 = x + 0,5$.

Из выражения (32) следует, что якобиан преобразования глобальных координат в локальные для ГЭ с номером k равен

$$J^k(x) = \sqrt{\left(\frac{r'}{x}\right)^2 + \left(\frac{z'}{x}\right)^2}, \quad (34)$$

где входящие в него производные определяются выражениями (33). Якобиан в данном случае равен отношению длин ГЭ в глобальной и локальной системах координат.

Интегралы по длине в выражениях (27), (28) представим как сумму интегралов по ГЭ, тогда с учетом введенных аппроксимаций получим

$$C(X) = 4\pi + \sum_k \int_{-1}^1 J_6(X, x) r(x) J^k(x) dx. \quad (35)$$

$$C(X)P(X) = \sum_k \sum_j \left(P_j^k \int_{-1}^1 (J_5(X, x) + J_6(X, x)) N_j(x) r(x) J^k(x) dx + \right. \\ \left. + i\omega\rho V_j^k \int_{-1}^1 (J_3(X, x) + J_4(X, x)) N_j(x) r(x) J^k(x) dx \right). \quad (36)$$

Поместим точку поля X на поверхность S ПП (кривую l) в точку с номером m . Тогда компоненты элементных матриц, определяемые в общем случае выражениями (9), для осесимметричного случая запишем в виде

$$a_{jm}^k = \int_{-1}^1 (J_5(X_m, x) + J_6(X_m, x)) N_j(x) r(x) J^k(x) dx, \\ b_{jm}^k = \int_{-1}^1 (J_3(X_m, x) + J_4(X_m, x)) N_j(x) r(x) J^k(x) dx, \quad (37) \\ c_m^k = \int_{-1}^1 J_6(X_m, x) r(x) J^k(x) dx.$$

Следовательно, система линейных уравнений (10) имеет прежний вид, но компоненты элементных матриц в осесимметричном случае определяются выражениями (37). На основе изложенного алгоритма разработана компьютерная программа комбинированного метода конечных и граничных элементов для анализа собственных колебаний и акустического излучения осесимметричных ПП и антенн, состоящих из таких ПП.

Комбинированный метод конечных и граничных элементов дает возможность разработать, в частности, компьютерную модель цилиндрической гидроакустической антенны из водозаполненных цилиндров, учитывающую пьезоэффект и акустическое взаимодействие пьезоцилиндров. Наиболее просто эта модель реализуется для случая двух цилиндров.

Рассмотрим антенну, состоящую из двух одинаковых соосных пьезоцилиндров с тангенциальной поляризацией (см. рис. 1, б), соединенных параллельно; пьезокерамика – ЦТБС-3. Параметры пьезокерамики соответствуют справочным данным [15]. Каждый пьезоцилиндр определяется внешним радиусом a , высотой l и толщиной стенки h ; расстояние между пьезоцилиндрами равно h_1 . В дальнейшем все размеры определяются безразмерными отношениями, нормированными на внешний радиус цилиндра a (т.е. дальше l , h и h_1 – безразмерные).

Для анализируемой антенны рассчитывались частотные характеристики чувствительности излучения в точке дальнего поля на плоскости симметрии антенны (в дБ относительно уровня 1 мкПа/В при 1 м), нормированные диаграммы направленности в вертикальной плоскости, а также распределения модулей нормальной (радиальной) компоненты колебательной скорости и давления на внешней и внутренней цилиндрических поверхностях верхнего пьезоцилиндра.

зоцилиндра. Так как чувствительность излучения является локальной характеристикой (т.е. зависит от выбранной точки), рассчитывалась также интегральная характеристика – частотная зависимость безразмерной активной составляющей акустической мощности.

Ранее [8, 11] для одиночного водозаполненного пьезоцилиндра (двухрезонансной системы) было введено понятие оптимальных геометрических размеров. Под ними понимаются размеры, при которых чувствительность излучения на объемном и радиальном резонансах примерно одинакова, а неравномерность частотной характеристики не превышает 3 дБ.

На рис. 2, а приведены частотные характеристики чувствительности излучения антенны из двух одинаковых пьезоцилиндров при фиксированном расстоянии между ними при размерах, близких к оптимальным (две кривые соответствуют двум толщинам стенки). А на рис. 2, б – частотные характеристики безразмерной активной составляющей акустической мощности при тех же геометрических размерах. По оси абсцисс отложена безразмерная частота $k_1 a$, k_1 – волновое число поперечной волны в пьезокерамике. Неравномерность на частотных характеристиках при $k_1 a \approx 1,6$ для цилиндров с меньшей толщиной стенки (кривые 1) объясняется влиянием антисимметричной моды, которая искажает частотные характеристики. Антисимметричная мода в одиночном пьезоцилиндре со сплошными электродами, находящемся в бесконечном пространстве, не возбуждается. Проявление антисимметричной моды в антенне объясняется акустическим взаимодействием пьезоцилиндров, которое приводит к асимметрии распределения скорости и давления на излучающих цилиндрических поверхностях во всей рабочей полосе частот. Наиболее сильно антисимметричная мода проявляет себя при большом акустическом взаимодействии (малом расстоянии между пьезоцилиндрами). При увеличении этого расстояния акустическое взаимодействие уменьшается, это приводит к уменьшению влияния антисимметричной моды на частотные характеристики. Для пьезоцилиндров с большей толщиной стенки антисимметричная мода находится ниже рабочего диапазона частот и поэтому не искажает частотные характеристики – кривые 2.

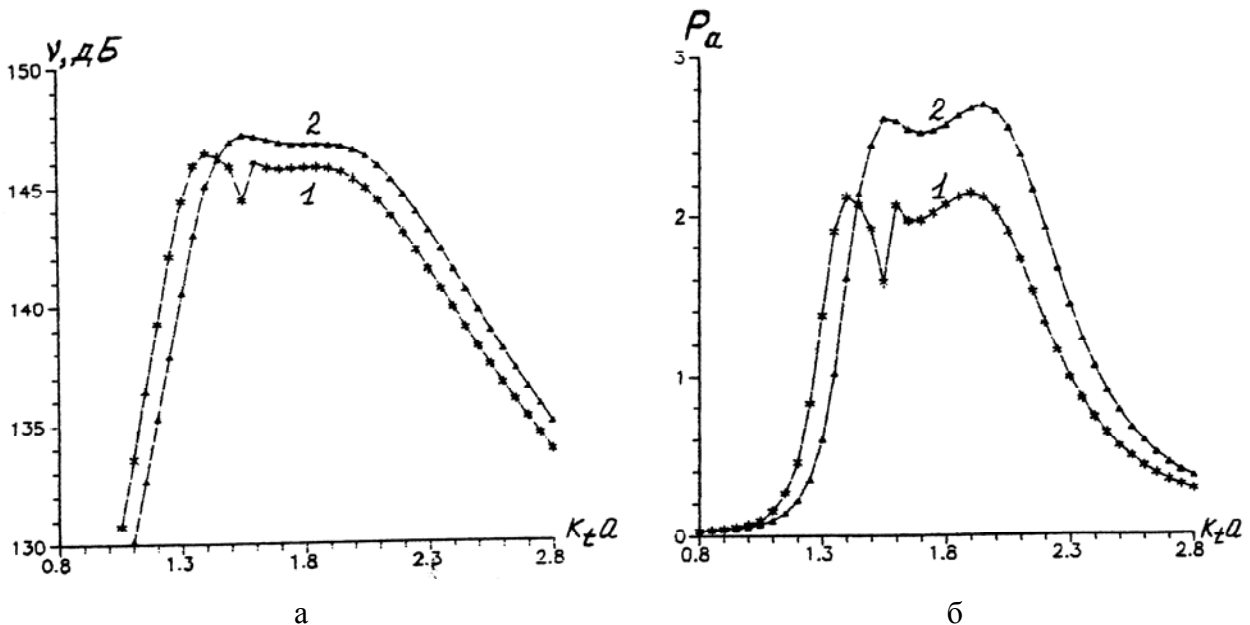


Рис. 2. Частотные характеристики цилиндрической антенны при $h_1 = 0,1$: а – чувствительности излучения; б – безразмерной активной составляющей акустической мощности: 1 – $h = 0,25, l = 0,4$; 2 – $h = 0,3, l = 0,35$

Fig. 2. Frequency characteristics of cylindrical antenna at $h_1 = 0,1$: а – radiation sensitivity; б – dimensionless active component of acoustic power: 1 – $h = 0,25, l = 0,4$; 2 – $h = 0,3, l = 0,35$

На рис. 3, а, б приведены распределения модулей безразмерных нормальной компоненты колебательной скорости и давления на внешней и внутренней цилиндрических поверхностях верхнего пьезоцилиндра антенны на трех частотах. По оси абсцисс отложены номера узловых точек на цилиндрических поверхностях. Первые 13 точек расположены на внешней поверхности снизу вверх, последующие 13 точек - на внутренней поверхности сверху вниз. Точки расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, причем точки 7 и 20 находятся на плоскости симметрии пьезоцилиндра.

Рассмотрение форм распределения модулей нормальной колебательной скорости и давления на излучающих цилиндрических поверхностях показывает, что при малом расстоянии между пьезоцилиндрами (сильном акустическом взаимодействии) они значительно отличаются от соответствующих форм для одиночного пьезоцилиндра оптимальной высоты, а также значительно меняются с изменением частоты при фиксированных геометрических размерах. Характерным является то, что акустическое взаимодействие между пьезоцилиндрами приводит к асимметрии распределения указанных величин относительно плоскости симметрии пьезоцилиндра. При $h_1 = 0,1$ (здесь и в дальнейшем рассматривается верхний пьезоцилиндр при оптимальных размерах) модуль скорости при $k_1 a = 1,25$ (рис. 3, а, кривые 1, 2) почти линейно растет от верхнего торца цилиндра к нижнему. Коэффициент неравномерности (в данном случае отношение модулей на концах пьезоцилиндра) составляет для скорости 1,44 на внешней и внутренней цилиндрических поверхностях. Распределение модуля давления по сравнению с одиночным пьезоцилиндром также становится несимметричным: максимум смещен к нижнему концу, на нижнем конце давление больше, чем на верхнем; коэффициент неравномерности $k_p = 1,59$ на внешней поверхности и 1,86 – на внутренней. На радиальном резонансе ($k_1 a = 1,9$) модуль нормальной скорости наоборот почти линейно уменьшается от верхнего торца пьезоцилиндра к нижнему, $k_v = 1,14$ на внешней поверхности и 1,13 – на внутренней. Давление имеет меньшую асимметрию, чем на объемном резонансе, $k_p = 1,48$ на внутренней и 2,09 – на внешней поверхностях.

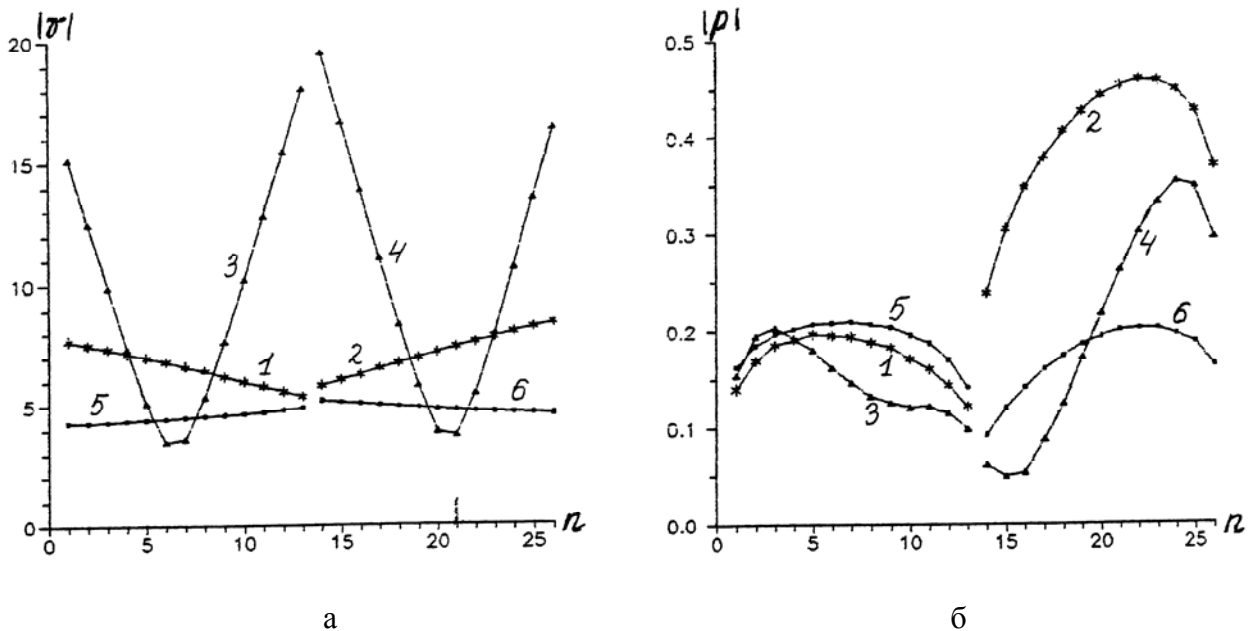


Рис. 3. Распределения на цилиндрических поверхностях при $h_1 = 0,1, l = 0,5$:
 а – скорость; б – давление: 1, 2 – $k_1 a = 1,25$; 3, 4 – $k_1 a = 1,6$; 5, 6 – $k_1 a = 1,9$
 Fig. 3. Distributions on cylindrical surfaces at $h_1 = 0,1, l = 0,5$:
 а – velocity; б – pressure: 1, 2 – $k_1 a = 1,25$; 3, 4 – $k_1 a = 1,6$; 5, 6 – $k_1 a = 1,9$

Анализировались также и многие другие варианты и диаграммы направленности антенны. Этот анализ показывает, что при проектировании гидроакустической антенны из соосных водозаполненных пьезоцилиндров надо избегать влияния двух паразитных мод, которые могут исказить ее частотные характеристики и диаграмму направленности: изгибной, частота которой выше частоты радиального резонанса, и антисимметричной, частота которой ниже частоты радиального резонанса. Этого можно достичь изменением относительной высоты и толщины стенки пьезоцилиндра. Изменение распределений модулей нормальной колебательной скорости и давления для антенны при небольшом расстоянии h_l по сравнению с одиночным пьезоцилиндром почти не сказывается на ее диаграммах направленности на частотах объемного и радиального резонансов; большее различие наблюдается только на частотах вблизи антисимметричной моды. При увеличении расстояния между пьезоцилиндрами неравномерность распределения модулей скорости и давления уменьшается, и при $h_l > 2,5$ их распределения близки к распределениям соответствующих величин для одиночного пьезоцилиндра. При $h_l > 1,5$ начинает формироваться добавочный максимум диаграммы направленности, который достигает значительной величины на частоте радиального резонанса.

Проведенный анализ всех характеристик цилиндрической гидроакустической антенны позволяет сделать следующие основные выводы.

Акустическое взаимодействие между пьезоцилиндрами приводит к тому, что оптимальная высота пьезоцилиндров в антенне зависит от расстояния между ними. Причем при малом расстоянии она составляет примерно половину от оптимальной высоты одиночного цилиндра (при $h_l = 0,2$) и повышается с увеличением этого расстояния.

Отметим, что для пьезоцилиндра с меньшей толщиной стенки ($h_l = 0,15$) оптимальная высота пьезоцилиндров в антенне при малом расстоянии между ними составляет примерно 0,7 от оптимальной высоты одиночного цилиндра. Таким образом, толщина стенки пьезоцилиндра, которая не учитывается в аналитических моделях водозаполненного пьезоцилиндра (например, в статье [6]), оказывает значительное влияние на основные параметры гидроакустической антенны при учете акустического взаимодействия пьезоцилиндров.

Частотная характеристика с двумя максимумами, характерными для одиночного водозаполненного пьезоцилиндра, в антенне может формироваться не всегда, а только при малом расстоянии между цилиндрами и большом (когда их акустическое взаимодействие почти не сказывается). Между этими расстояниями частотные характеристики с двумя максимумами не формируются, это приводит к уменьшению относительной ширины полосы пропускания до 48 % (при $l = 0,6$; $h_l = 1$).

При малом расстоянии между пьезоцилиндрами антенна из двух цилиндров оптимальной высоты не дает увеличения чувствительности излучения на 6 дБ (в два раза) и соответствующего увеличения акустической мощности; это объясняется сильным акустическим взаимодействием между пьезоцилиндрами.

Акустическое взаимодействие между пьезоцилиндрами почти не сказывается на расстоянии $h_l \geq 2,5$, при этом частотные характеристики по форме близки к частотным характеристикам одиночного пьезоцилиндра, чувствительность излучения увеличивается на 6 дБ, а безразмерная активная составляющая акустической мощности – в два раза (и более – на частоте радиального резонанса, это связано с формированием добавочного максимума характеристики направленности). Отметим, что длина волны в жидкости на частоте радиального резонанса пьезоцилиндра ($k_r a = 1,9$) составляет $2,5 a$.

В заключение отметим, что пьезоцилиндр с внутренним твердым заполнением обладает характеристиками, подобными характеристикам водозаполненного цилиндра. При заполнении цилиндра легким материалом с небольшим акустическим сопротивлением, близ-

ким к акустическому сопротивлению воды (эбонит, сферопластик и т.п.), он также обладает широкополосной частотной характеристикой с двумя максимумами. Это показано авторами в работах [16, 17]. Таким образом, пьезоцилиндры с внутренним твердым заполнением также можно использовать в широкополосных гидроакустических антеннах.

Список литературы

1. McMahon G.W. Performance of open ferroelectric ceramic cylinders in underwater transducers // Journ. Acoust. Soc. Amer. – 1964. – Vol. 36, № 3. – P. 528-533.
2. Вовк И.В. Излучение звука конечной решеткой, состоящей из открытых цилиндрических пьезокерамических оболочек // Акуст. журн. – 1992. – Т. 38, № 3. – С.427-434.
3. Глазанов В.Е. О сопротивлении излучения водозаполненного цилиндра // Акуст. журн. – 1989. – Т. 35, № 5. – С.801-804.
4. Томилина Т.М. Импеданс излучения полого цилиндрического излучателя // Акуст. журн. – 1989. – Т. 35, № 1. – С. 122-125.
5. Шендеров Е.Л. Излучение и рассеяние звука. – Л.: Судостроение, 1989. – 304 с.
6. Rogers P.H. Mathematical model for a free-flooded piezoelectric cylinder transducer // Journ. Acoust. Soc. Amer. – 1986. – Vol. 80, № 1. – P. 13-18.
7. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Анализ собственных колебаний пьезокерамических цилиндров произвольных размеров // Прикл. механика. – 1989. – Т. 25, № 10. – С. 37-41.
8. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Акустическое излучение водозаполненной пьезокерамической оболочки // Акуст. журн. – 1999. – Т. 45, № 3. – С. 293-300.
9. Завадский В.Ю. Моделирование волновых процессов. – М.: Наука, 1991. – 248 с.
10. Smith R.R., Hunt J.T., Barach D. Finite element analysis of acoustically radiating structures with applications to sonar transducers // Journ. Acoust. Soc. Amer. – 1973. – Vol. 54, № 5. – P. 1277-1288.
11. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Анализ пьезопреобразователей комбинированным методом конечных и граничных элементов // Акуст. журн. – 1996. – Т. 42, № 2. – С. 172-178.
12. Jeans R.A., Mathews I.C. Solution of fluid-structure interaction problems using a coupled finite element and variational boundary element technique // Journ. Acoust. Soc. Amer. – 1990. – Vol. 88, № 5. – P. 2459-2466.
13. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. – М.: Мир, 1987. – 524 с.
14. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1971. – 1108 с.
15. Пьезокерамические преобразователи / под ред. С.И. Пугачева. – Л.: Судостроение, 1984. – 256 с.
16. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Акустическое излучение цилиндрического пьезопреобразователя с внутренним твердым заполнением // Акуст. журн. – 1999. – Т. 45, № 4. – С. 450-453.
17. Balabaev S.M., Ivina N.F. Computer modeling and analysis of a cylindrical piezoceramic transducer with interior solid filling // Journ. Acoust. Soc. Amer. – 1999. – Vol. 106, № 4, Pt. 2. – P. 2196.

Сведения об авторах: Балабаев Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор;

Ивина Наталья Федоровна, доктор технических наук, профессор.

УДК 639.2.081.117

В.И. Габрюк, Е.Е. Мазур

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАЛОВЫХ ДОСОК
ПРИ ПЕЛАГИЧЕСКОМ ТРАЛЕНИИ**

Аналитически исследуется устойчивость движения траловых досок при пелагическом тралении. На примере прямоугольной цилиндрической доски проекта 2490 показано, что выпускаемые промышленностью траловые прямоугольные цилиндрические доски обладают большим запасом устойчивости по углу атаки, но не обладают запасом устойчивости по углу крена, поэтому в конструкцию необходимо внести изменения для обеспечения их устойчивости по крену.

Ключевые слова: траловые доски, пелагическое траление, гидродинамические силы.

V.I. Gabruk, E.E. Mazur

**RESECHING STABILITY OF TRAWL DOORS MOTION
FOR PELAGIC TRAWLING**

At this article we research stability of trawl doors motion. As an example we analyze trawl door type 2490, and find that this type of door have a reserve stability of attack angle, but not have a reserve stability of list angle.

Key words: mrawl doors, pelagic trawling, hydrodynamic forces.

Для устойчивого движения траловых досок поток воды должен плавно обтекать все элементы доски без срывов и образования вихрей [1].

Плавность обтекания досок нарушается в двух случаях:

- когда угол атаки доски больше критического, в этом случае поток срывается с задней кромки доски;
- когда поток набегает на стрингеры под некоторым углом, называемым углом скольжения потока β , рис. 1. В этом случае поток срывается с острых кромок стрингеров.

Таким образом, для плавного обтекания траловых досок необходимо выполнение двух условий:

- угол атаки доски должен быть меньше критического ($\alpha < \alpha_{кр}$);
- скорость потока должна быть параллельна стрингерам, в этом случае поток плавно обтекает стрингеры и угол $\beta = 0$.

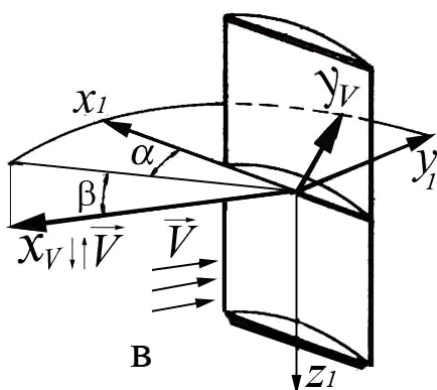


Рис. 1. Угол атаки доски α и угол скольжения потока относительно доски β : $x_1y_1z_1$ – связанная с доской система координат (ССК); $x_Vy_Vz_V$ – поточная система координат доски (ПСК)

Fig. 1. Attack angle α and angle stream sliding β : $x_1y_1z_1$ – united with door system coordinates; $x_Vy_Vz_V$ – stream system coordinates of door

Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то поток будет срывать либо с задней кромки доски, либо со стрингеров (либо одновременно с обоих указанных выше элементов доски). Срыв потока сопровождается образованием больших вихрей [2]. Каждый сорвавшийся вихрь сообщает доске толчок (импульс), делая ее движение неустойчивым.

На промысле устойчивого движения доски добиваются её настройкой, которая заключается в задании соответствующего угла между дугой и доской δ и выборе точек крепления дуги, лапок и ваера к доске. Для этого на доске предусмотрено несколько отверстий для крепления дуги, ваера и лапок.

Например, у доски проекта 2490 предусмотрено три отверстия для крепления дуги A_1, A_2, A_3 , три отверстия – для крепления ваера O_1, O_2, O_3 , четыре отверстия – для крепления верхней лапки E_1 и пять отверстий – для крепления нижней лапки E_2 , рис. 2.

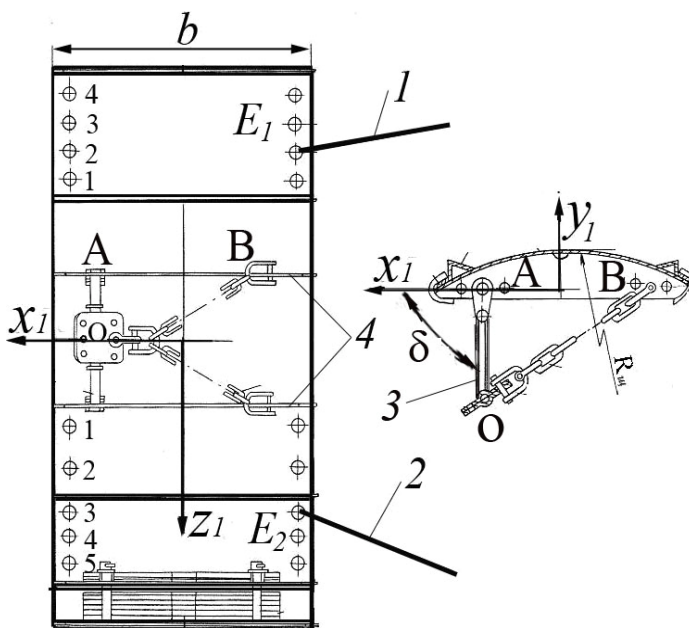


Рис. 2. Доска прямоугольная цилиндрическая проекта 2490. Руководитель проекта П.П. Аугулис: 1 – верхняя лапка (закреплена во второе отверстие сверху); 2 – нижняя лапка (закреплена в третье отверстие снизу); 3 – дуга (закреплена во второе отверстие стрингеров 4); 4 – стрингеры для крепления дуги
Fig. 2. Door square cylinder 2490 P.P. Augulis: 1 – up fluke; 2 – down fluke; 3 – arc; 4 – stringer

Координаты точек крепления ваера (x_0, y_0, z_0) , верхней (x_1, y_1, z_1) и нижней (x_2, y_2, z_2) лапок должны быть выбраны таким образом, чтобы выполнялись условия равновесия доски:

$$\begin{aligned} \Sigma M_{z_1}(\vec{F}_k) = 0 &\Rightarrow a_2 x_0 - a_1 y_0 = b_1, \\ \Sigma M_{y_1}(\vec{F}_k) = 0 &\Rightarrow a_3 x_0 - a_1 z_0 = b_2, \\ \Sigma M_{x_1}(\vec{F}_k) = 0 &\Rightarrow a_3 y_0 - a_2 z_0 = b_3. \end{aligned} \quad (1)$$

Величины, входящие в (1), определяются по формулам: при любой схеме лапок:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q \sin \alpha \sin \lambda; \quad Q_2 = Q \cos \alpha \sin \lambda; \quad Q_3 = Q \cos \lambda; \\ R_1 &= (R_{XV} \cos \alpha + R_{YV} \sin \alpha); \quad R_2 = (-R_{XV} \sin \alpha + R_{YV} \cos \alpha); \quad R_3 = R_{ZV}; \\ R_{XV} &= C_{XV} (0,5 \rho V^2) S, \quad (x_V, y_V, z_V); \end{aligned}$$

при четырёхугольной (раздельной) схеме лапок:

$$\begin{aligned}
 a_i &= R_i + Q_i + T_{1i} + T_{2i}, \quad i = 1; 2; 3; \\
 b_1 &= T_{12}x_1 - T_{11}y_1 + T_{22}x_2 - T_{21}y_2 + R_2x_D - R_1y_D + Q_2x_C - Q_1y_C, \\
 b_2 &= T_{13}x_1 - T_{11}z_1 + T_{23}x_2 - T_{21}z_2 + R_3x_D - R_1z_D + Q_3x_C - Q_1z_C, \\
 b_3 &= T_{13}y_1 - T_{12}z_1 + T_{23}y_2 - T_{22}z_2 + R_3y_D - R_2z_D + Q_3y_C - Q_2z_C, \\
 T_{i1} &= T_i(\sin\alpha \sin\lambda \sin\theta_i \cos\nu_i - \cos\alpha \cos\theta_i \cos\nu_i - \sin\alpha \cos\lambda \sin\nu_i); \\
 T_{i2} &= T_i(\cos\alpha \sin\lambda \sin\theta_i \cos\nu_i + \sin\alpha \cos\theta_i \cos\nu_i - \cos\alpha \cos\lambda \sin\nu_i); \\
 T_{i3} &= T_i(\sin\lambda \sin\nu_i + \cos\lambda \sin\theta_i \cos\nu_i); \quad i = 1; 2 \\
 T_1 &= \frac{0,5R_X^T \sin(\theta_2 - \theta)}{\cos\theta \cos\nu_1 \sin(\theta_2 - \theta_1)}, \quad T_2 = \frac{0,5R_X^T \sin(\theta - \theta_1)}{\cos\theta \cos\nu_2 \sin(\theta_2 - \theta_1)},
 \end{aligned}$$

где T_1, T_2 – натяжения верхнего/нижнего кабелей; T_{ij}, R_i, Q_i – проекции натяжений кабелей, гидродинамической силы доски и веса доски в воде на оси связанной с доской системы координат; $(x_0, y_0, z_0), (x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2)$ – координаты точки O крепления ваера и координаты точек крепления верхней E_1 и нижней E_2 лапок к доске в связанной с доской системе координат $x_1y_1z_1$, рис. 3.

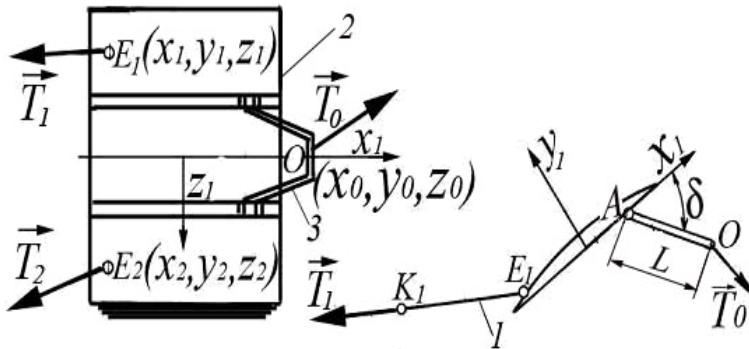


Рис. 3. Характеристики доски при четырехугольной (раздельной) схеме лапок: 1 – лапки; 2 – щиток доски; 3 – траловая дуга
 Fig. 3 Characteristic of trawl door with quadrangle type combination flukes: 1 – fluke; 2 – door’s dashboard; 3 – trawl arc

При треугольной схеме лапок (лапки соединяются в одной точке К, рис. 4):

$$\begin{aligned}
 a_i &= R_i + Q_i + T_i^0, \quad i = 1; 2; 3 \\
 b_1 &= x_E T_2^0 + x_D R_2 + x_C Q_2 - y_E T_1^0 - y_D R_1 - y_C Q_1; \\
 b_2 &= x_E T_3^0 + x_D R_3 + x_C Q_3 - z_E T_1^0 - z_D R_1 - z_C Q_1; \\
 b_3 &= y_E T_3^0 + y_D R_3 + y_C Q_3 - z_E T_2^0 - z_D R_2 - z_C Q_2; \\
 T_1^0 &= (\sin\alpha \sin\lambda \operatorname{tg}\theta - \cos\alpha - \sin\alpha \cos\lambda \operatorname{tg}\nu / \cos\theta)(0,5R_X^T); \\
 T_2^0 &= (\cos\alpha \sin\lambda \operatorname{tg}\theta + \sin\alpha - \cos\alpha \cos\lambda \operatorname{tg}\nu / \cos\theta)(0,5R_X^T); \\
 T_3^0 &= (\cos\lambda \operatorname{tg}\theta + \sin\lambda \operatorname{tg}\nu / \cos\theta)(0,5R_X^T),
 \end{aligned}$$

где T_1^0, T_2^0, T_3^0 – проекции натяжения одинарного кабеля на оси связанной с доской системы координат; x_E, y_E, z_E – координаты точки Е пересечения линии одинарного кабеля K_0K с прямой E_1E_2 в связанной с доской системе координат $(x_1y_1z_1)$, рис. 4.

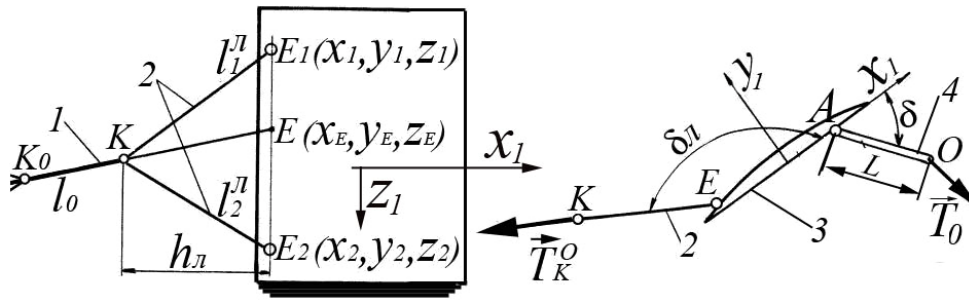


Рис. 4. Параметры доски при треугольной схеме лапок: 1 – одинарный кабель; 2 – лапки доски; 3 – щиток доски; 4 – дуга

Fig. 4. Characteristic of trawl door with triangular type combination flukes: 1 – cable; 2 – door's flukes; 3 – door's dashboard; 4 – trawl arc

Система (1) будет непротиворечивой, если выполняется вытекающее из теоремы Кронекера-Капелли условие совместности:

$$a_1 b_3 + a_3 b_1 - a_2 b_2 = 0,$$

раскрывая которое, получим:

для четырёхугольной схемы лапок:

$$\begin{aligned} & x_1(a_2 T_{13} - a_3 T_{12}) + y_1(a_3 T_{11} - a_1 T_{13}) + z_1(a_1 T_{12} - a_2 T_{11}) + \\ & + x_2(a_2 T_{23} - a_3 T_{22}) + y_2(a_3 T_{21} - a_1 T_{23}) + z_2(a_1 T_{22} - a_2 T_{21}) + \\ & + x_D(a_2 R_3 - a_3 R_2) + y_D(a_3 R_1 - a_1 R_3) + z_D(a_1 R_2 - a_2 R_1) + \\ & + x_C(a_2 Q_3 - a_3 Q_2) + y_C(a_3 Q_1 - a_1 Q_3) + z_C(a_1 Q_2 - a_2 Q_1) = 0; \end{aligned} \quad (2)$$

для треугольной схемы лапок:

$$\begin{aligned} & x_E(a_2 T_3^0 - a_3 T_2^0) + y_E(a_3 T_1^0 - a_1 T_3^0) + z_E(a_1 T_2^0 - a_2 T_1^0) + \\ & + x_D(a_2 R_3 - a_3 R_2) + y_D(a_3 R_1 - a_1 R_3) + z_D(a_1 R_2 - a_2 R_1) + \\ & + x_C(a_2 Q_3 - a_3 Q_2) + y_C(a_3 Q_1 - a_1 Q_3) + z_C(a_1 Q_2 - a_2 Q_1) = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Так как все отверстия для крепления лапок лежат на одной прямой параллельной оси z_1 , то выполняются следующие условия:

$$x_1 = x_2 = x_E, \quad y_1 = y_2 = y_E. \quad (4)$$

Если используется дуга для крепления ваера к доске, то выполняются соотношения:

$$x_0 = x_A + L \cos \delta, \quad y_0 = y_A + L \sin \delta, \quad (5)$$

где x_A, y_A – координаты точки А крепления дуги к доске; L – длина дуги; δ – угол между дугой и доской, см. рис. 2.

Из трех моментных уравнений равновесия доски (1) независимыми являются только два [3]. Условия равновесия (1), совместности (2), геометрические условия (4), (5) позволя-

ют определить шесть координат из одиннадцати $(x_A, y_A, x_0, y_0, z_0; x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2)$, пятью координатами $(x_A, y_A, x_2, y_2, z_2)$ при этом приходится задаваться. Однако ими нельзя задаваться произвольно. Их необходимо выбирать таким образом, чтобы равновесие доски было устойчивым, так как от устойчивого движения траловых досок зависит устойчивость движения всего тралового комплекса.

Условия плавного обтекания траловых досок $\alpha < \alpha_{кр}$ и $\beta = 0$ являются только необходимыми, но недостаточными условиями устойчивого равновесия траловых досок.[4]

В положении равновесия траловой доски ее углы атаки α и крена λ имеют определенные значения, а главные моменты действующих на доску сил равны нулю, т.е. $M_{X_1} = M_{Y_1} = M_{Z_1} = 0$.

Случайные воздействия могут вывести доску из положения равновесия, при этом углы α и λ получают приращения $\Delta\alpha$ и $\Delta\lambda$ и возникают отличные от нуля главные моменты $\Delta M_{X_1}, \Delta M_{Z_1}$.

Равновесие доски устойчиво в малом, если при малых ее отклонениях от положения равновесия возникают моменты ΔM_{X_1} и ΔM_{Z_1} , стремящиеся вернуть ее в положение равновесия. Это возможно только тогда, когда знаки главных моментов $\Delta M_{X_1}, \Delta M_{Z_1}$ и приращений углов $\Delta\alpha$ и $\Delta\lambda$ противоположны, что аналитически выражается неравенствами:

$$M_{X_1}^\lambda = \partial M_{X_1} / \partial \lambda < 0; \quad M_{Z_1}^\alpha = \partial M_{Z_1} / \partial \alpha < 0, \quad (6)$$

где верхними индексами λ и α обозначены производные по этим переменным.

Раскрывая неравенства (6), получим:

при четырехугольной схеме лапок:

$$M_{Z_1}^\alpha = (x_D - x_0)\tilde{R}_2^\alpha - (y_D - y_0)\tilde{R}_1^\alpha + (x_C - x_0)Q_2^\alpha - (y_C - y_0)Q_1^\alpha + (x_1 - x_0)\tilde{T}_{12}^\alpha - (y_1 - y_0)\tilde{T}_{11}^\alpha + (x_2 - x_0)\tilde{T}_{22}^\alpha - (y_2 - y_0)\tilde{T}_{21}^\alpha + x_D^\alpha \tilde{R}_2 < 0; \quad (7)$$

$$M_{X_1}^\lambda = (y_C - y_0)\tilde{Q}_3^\lambda + (z_C - z_0)\tilde{Q}_2^\lambda + (y_1 - y_0)\tilde{T}_{13}^\lambda - (z_1 - z_0)\tilde{T}_{12}^\lambda + (y_2 - y_0)\tilde{T}_{23}^\lambda - (z_2 - z_0)\tilde{T}_{22}^\lambda < 0; \quad (8)$$

при треугольной схеме лапок:

$$M_{X_1}^\lambda = y_E \tilde{T}_3^\lambda - z_E \tilde{T}_2^\lambda - z^\lambda \tilde{T}_2 - y_0 (\tilde{T}_3^\lambda - \tilde{Q}_3^\lambda) + z_0 (\tilde{T}_2^\lambda + \tilde{Q}_2^\lambda) + y_C \tilde{Q}_3^\lambda - z_C Q_2^\lambda < 0; \quad (9)$$

$$M_{Z_1}^\alpha = x_E \tilde{T}_2^\alpha - y_E \tilde{T}_1^\alpha - x_0 (\tilde{R}_2^\alpha + \tilde{T}_2^\alpha + \tilde{Q}_2^\alpha) + x_D \tilde{R}_2^\alpha - y_D \tilde{R}_1^\alpha + y_0 (\tilde{R}_1^\alpha + \tilde{T}_1^\alpha + \tilde{Q}_1^\alpha) + x_C \tilde{Q}_2^\alpha + y_C \tilde{Q}_1^\alpha + x_D^\alpha \tilde{R}_2 < 0, \quad (10)$$

где $\tilde{T}_i, \tilde{R}_i, \tilde{Q}_i$ – проекции сил $\vec{T}, \vec{R}, \vec{Q}$ на связанные с доской оси, отнесенные к половине сопротивления трала, т.е. $\tilde{T}_i = T_i / (0,5R_X^T)$; верхние индексы α и λ означают производные по углу атаки и углу крена доски, т.е. $\tilde{R}_i^\alpha = \partial \tilde{R}_i / \partial \alpha, \tilde{R}_i^\lambda = \partial \tilde{R}_i / \partial \lambda$.

Производные от проекций сил по углам α и λ , когда траление осуществляется параллельно течению, определяются по формулам:

при любой схеме лапок доски:

$$\begin{aligned}\tilde{Q}_1^\alpha &= \tilde{Q} \cos \alpha \sin \lambda; & \tilde{Q}_2^\alpha &= -\tilde{Q} \sin \alpha \sin \lambda; \\ \tilde{Q}_2^\lambda &= \tilde{Q} \cos \alpha \cos \lambda; & \tilde{Q}_3^\lambda &= -\tilde{Q} \sin \lambda; \\ \tilde{R}_1^\alpha &= \tilde{S} \left(C_{XV} |\sin \alpha - C_{XV}^\alpha \cos \alpha + C_{YV} \cos \alpha + C_{YV}^\alpha \sin \alpha \right); \\ \tilde{R}_2^\alpha &= \tilde{S} \left(C_{XV} |\cos \alpha + C_{XV}^\alpha \sin \alpha - C_{YV} \sin \alpha + C_{YV}^\alpha \cos \alpha \right);\end{aligned}$$

при четырёхугольной схеме лапок доски:

$$\begin{aligned}\tilde{T}_{i1}^\alpha &= \tilde{T}_i (\sin \alpha \cos \theta_i \cos \nu_i - \cos \alpha \cos \lambda \sin \nu_i + \cos \alpha \sin \lambda \sin \theta_i \cos \nu_i), \quad i \in (1;2); \\ \tilde{T}_{i2}^\alpha &= \tilde{T}_i (\cos \alpha \cos \theta_i \cos \nu_i + \sin \alpha \cos \lambda \sin \nu_i - \sin \alpha \sin \lambda \sin \theta_i \cos \nu_i), \quad i \in (1;2); \\ \tilde{T}_{i2}^\lambda &= \tilde{T}_i (\cos \alpha \sin \lambda \sin \nu_i + \cos \alpha \cos \lambda \sin \theta_i \cos \nu_i), \quad i \in (1;2); \\ \tilde{T}_{i3}^\lambda &= \tilde{T}_i (\cos \lambda \sin \nu_i - \sin \lambda \sin \theta_i \cos \nu_i), \quad i \in (1;2);\end{aligned}$$

при треугольной схеме лапок доски:

$$\begin{aligned}\tilde{T}_1^\alpha &= (\cos \alpha \sin \lambda \operatorname{tg} \theta + \sin \alpha - \cos \alpha \cos \lambda \operatorname{tg} \nu / \cos \theta); \\ \tilde{T}_2^\alpha &= (-\sin \alpha \sin \lambda \operatorname{tg} \theta + \cos \alpha + \sin \alpha \cos \lambda \operatorname{tg} \nu / \cos \theta); \\ \tilde{T}_2^\lambda &= (\cos \alpha \cos \lambda \operatorname{tg} \theta + \cos \alpha \sin \lambda \operatorname{tg} \nu / \cos \theta); \\ \tilde{T}_3^\lambda &= (-\sin \lambda \operatorname{tg} \theta + \cos \lambda \operatorname{tg} \nu / \cos \theta).\end{aligned}$$

При определении производных от коэффициентов гидродинамических сил по углу атаки C_{XV}^α , C_{YV}^α пользуются гипотезой стационарности, согласно которой гидродинамические силы, действующие на доску при неустановившемся (нестационарном) движении, принимаются такими же, как и при установившемся (равномерном прямолинейном) движении; они определяются кинематическими параметрами доски в данный момент времени. Согласно гипотезе стационарности производные C_{XV}^α , C_{YV}^α находятся графическим дифференцированием как тангенсы углов между касательными к графикам функций $C_{XV}(\alpha)$, $C_{YV}(\alpha)$ и осью абсцисс α .

Используем полученные соотношения для исследования устойчивости движения прямоугольной цилиндрической доски проекта 2490 площадью в плане $S = 9 \text{ м}^2$ при четырёхугольной схеме лапок и креплении дуги во второе отверстие. Масса доски $M = 2040 \text{ кг}$. Верхняя лапка крепится во второе отверстие сверху, а нижняя – в третье отверстие снизу, рис. 2. Угол атаки доски $\alpha = 20^\circ$; угол крена доски $\lambda = -16,2^\circ$ (доска имеет крен на дуги).

Коэффициенты гидродинамических сил доски:

$$C_{XV} = 0,4; C_{ZV} = 1,28; C_{YV} = 0.$$

Производные от коэффициентов гидродинамических сил доски по углу атаки:

$$C_{XV}^{\alpha} = 1,12; C_{YV}^{\alpha} = 0,8; x_D^{\alpha} = 0.$$

Судно РТМС «Прометей», скорость траления 5 уз.

Трал 118/620 м, сопротивление трала $R_X^T = 148 \text{ кН}$.

Вес доски в воде, отнесённый к половине сопротивления трала:

$$\tilde{Q} = Q / (0,5R_X^T) = k_W Mg / (0,5R_X^T) = 0,87 \cdot 2040 \cdot 9,8 / 74000 = 0,235.$$

Относительная площадь доски в плане:

$$\tilde{S} = S \rho V^2 / R_X^T = 9 \cdot 1025 \cdot 2,57^2 / 74000 = 0,412.$$

Координаты точки крепления ваера к доске:

$$x_0 = 1,12 \text{ м}; \quad y_0 = -0,52 \text{ м}; \quad z_0 = -0,41 \text{ м}.$$

Координаты точки крепления верхнего кабеля к доске:

$$x_1 = -1 \text{ м}; \quad y_1 = 0,2 \text{ м}; \quad z_1 = -1,475 \text{ м}.$$

Координаты точки крепления нижнего кабеля к доске:

$$x_2 = -1 \text{ м}; \quad y_2 = 0,2 \text{ м}; \quad z_2 = 1,485 \text{ м}.$$

Координаты центра масс доски:

$$x_C = 0,063 \text{ м}; \quad y_C = 0,118 \text{ м}; \quad z_C = -0,59 \text{ м}.$$

Координаты центра давления доски:

$$x_D = 0,26 \text{ м}; \quad y_D = 0 \text{ м}; \quad z_D = 0,12 \text{ м}.$$

Координаты второго отверстия для крепления дуги к доске:

$$x_A = 0,72 \text{ м}; \quad y_A = 0,06 \text{ м}; \quad z_A = 0 \text{ м}.$$

Параметры верхнего кабеля:

$$T_1 = 38,7 \text{ кН}; \quad \theta_1 = -1,3^0; \quad \nu_1 = 9,53^0; \quad \tilde{T}_1 = T_1 / (0,5R_X^T) = 38,7 / 74 = 0,523.$$

Параметры нижнего кабеля:

$$T_2 = 38,7 \text{ кН}; \quad \theta_2 = 17,5^0; \quad \nu_2 = 9,1^0; \quad \tilde{T}_2 = T_2 / (0,5R_X^T) = 38,7 / 74 = 0,523.$$

Равновесие траловой доски будет устойчивым, если выполняются следующие три условия:

1 – скорость потока параллельна стрингерам доски (при этом $\beta = 0$);

2 – угол атаки доски меньше критического ($\alpha < \alpha_{kp}$);

3 – производные от главных моментов сил, действующих на доску, по углу крена и атаки отрицательны, т.е.

$$\partial M_1 / \partial \lambda = M_1^\lambda < 0, \quad \partial M_3 / \partial \alpha = M_3^\alpha < 0,$$

где M_1, M_3 – главные моменты сил, действующих на доску, относительно осей x_1 и z_1 соответственно.

Первые два условия выполняются при определении координат точек крепления ваера и лапок к доске из условий равновесия доски и условия их совместности. Проверим выполнение третьего условия.

$$\begin{aligned} M_1^\lambda &= (y_C - y_0)\tilde{Q}_3^\lambda + (y_1 - y_0)\tilde{T}_{13}^\lambda + (y_2 - y_0)\tilde{T}_{23}^\lambda - \\ &\quad - (z_C - z_0)\tilde{Q}_2^\lambda - (z_1 - z_0)\tilde{T}_{12}^\lambda - (z_2 - z_0)\tilde{T}_{22}^\lambda = \\ &= (0,118 + 0,517)0,0656 + (0,2 + 0,517)(0,08 + 0,123) - (0,59 + 0,41)0,212 + \\ &\quad + (-1,475 + 0,41)0,03326 + (1,485 + 0,41)0,1184 = 0,164 > 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3^\alpha &= (x_D - x_0)\tilde{R}_2^\alpha - (y_D - y_0)\tilde{R}_1^\alpha + (x_C - x_0)\tilde{Q}_2^\alpha - (y_C - y_0)\tilde{Q}_1^\alpha + \\ &\quad + (x_1 - x_0)\tilde{T}_{12}^\alpha - (y_1 - y_0)\tilde{T}_{11}^\alpha + (x_2 - x_0)\tilde{T}_{22}^\alpha - (y_2 - y_0)\tilde{T}_{21}^\alpha + x_D^\alpha \tilde{R}_2 = \\ &= (0,26 - 1,116)0,443 - (0 + 0,517)0,229 + (0,063 - 1,116)0,0224 - \\ &\quad - (0,118 + 0,517)0,0616 + (-1 - 1,116)0,512 - (0,2 + 0,517)0,1013 + \\ &\quad + (-1 - 1,116)0,505 - (0,2 + 0,517)0,053 = -2,86 < 0. \end{aligned}$$

Так как производная по углу атаки отрицательная, то доска устойчива по углу атаки, т.е. при движении она будет сохранять его, даже при наличии возмущений. Но доска неустойчива по углу крена, поэтому при движении он будет изменяться при наличии возмущений. Эти выводы подтверждаются подводными наблюдениями Е.Г. Норина за поведением доски во время траления [5]. Это означает, что для обеспечения устойчивости прямоугольной цилиндрической доски проекта 2490 по крену необходимо внести изменения в её конструкцию и выполнить указанные выше расчёты для различных вариантов доски.

Список литературы

1. Габрюк В.И. Параметры разноглубинных тралов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 212 с.
2. Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве. – М.: Колос, 1995. – 544 с.
3. Габрюк В.И., Кулагин В.Д. Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
4. Габрюк В.И., Чернецов В.В., Бойцов А.Н. Основы моделирования рыболовных систем. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – 560 с.
5. Шевченко А.И. Пути повышения селективности промысла минтая. – Владивосток: ТИПРО, 2004. – 98 с.

Сведения об авторах: Габрюк Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор; Мазур Евгений Евгеньевич, аспирант: e-mail: mazuree@mail.ru.

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

УДК 629.12.073

В.В. Ганнесен

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

О РОЛИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ МОРЯКОВ К ВЫЖИВАНИЮ НА МОРЕ

Рассматриваются вопросы актуальности применения мультимедийных способов подачи информации в процессе обучения студентов и курсантов морских специальностей при подготовке по вопросам, касающимся выживания моряков в случае кораблекрушения.

Ключевые слова: метод обучения, выживание в море, спасательные средства.

V.V. Gannesen

MULTIMEDIA TECHNOLOGY IN SEAMEN EDUCATION FOR SURVIVAL AT SEA

The article considers the urgency of information representation multimedia method in seamen education for survival at sea

Key words: education method, survival at sea, survival equipment

Безопасность людей, находящихся на судне в море, зависит от многих факторов, но если происходит катастрофа, когда гибнет судно, то шансы на выживание людей обеспечиваются надежностью спасательных средств и умением ими воспользоваться.

Международным морским сообществом уделяется огромное значение совершенствованию судовых спасательных средств, что подтверждается работой Международной морской организации (ИМО), почти ежегодно вносящей изменения в морское законодательство, касающееся охраны человеческой жизни на море [1].

Но каким бы ни было совершенным техническое средство, конечный результат всегда зависит от правильности его применения. Поэтому подготовке моряков в области знания спасательных средств и умения ими пользоваться во всем мире уделяется большое значение, а минимально допустимый объем знаний закреплен Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДМНВ 78/95) [2].

Основным методом подготовки моряков к борьбе за живучесть судна и личному выживанию является обучение в учебно-тренажерных центрах, где предусматривается как общая подготовка для всех моряков, так и углубленная подготовка для командиров спасательных средств.

Программа подготовки использования спасательных средств главным образом ориентирована на практические занятия, призванные выработать у слушателя навыки действий. Однако эти навыки вырабатываются на определенном оборудовании. Обзор других видов аналогичного оборудования дается лишь в самом сжатом обзорном варианте.

В этом не было бы никакой проблемы, если бы спасательное оборудование не было столь разнообразным, а требования к его конструкции не корректировались так часто. Приходя на новое судно, моряк часто сталкивается с совершенно неизвестным для него

спасательным оборудованием. И если для рядового состава достаточно общих знаний правил эвакуации, то для командного состава необходимы более глубокие знания принципов действия всех узлов, агрегатов, систем и т.п.

Неправильное понимание происходящих процессов часто является причиной неправильных действий. Особенностью спасательного имущества является то, что оно применяется, когда очевидна угроза человеческой жизни, и неправильное применение этого имущества нередко заканчивается трагически.

Для изучения судовых спасательных средств в помощь командиру спасательного средства на судне имеется только техническая документация на имеющиеся изделия, которая далеко не всегда описывает принципы действия отдельных элементов. В данной ситуации на помощь должны приходиться учебные издания. Но печатные учебные издания имеют ряд недостатков, из которых основными являются временная задержка между подготовкой материала и его поступлением в общий доступ, а также статичность представляемой информации происходящих процессов.

Поскольку конечной целью изучения судовых спасательных средств является повышение безопасности жизнедеятельности людей на море, то необходимо задействовать наиболее эффективные методы обучения.

Давно известно, что понимание процессов через визуальное восприятие существенно эффективнее, чем через восприятие слуховое, требующее дополнительно включения воображения слушателя.

Многолетняя практика во всех сферах обучения доказала, что применение возможностей компьютера повышают эффективность обучения по сравнению с классическим обучением по бумажным носителям информации. Компьютерные технологии позволяют моделировать и демонстрировать процессы, которые изобразить на бумаге можно лишь статическими фрагментами, где в понимании целостности картины главную роль играет преподаватель и воображение слушателя. Исходя из этого, следует как можно больше уделять внимания наполнению электронного учебного пособия видеофайлами и анимированной графикой.

Роль анимированной графики в изучении технических процессов трудно переоценить. Например, для объяснения принципа работы *разобцающего устройства* спасательной шлюпки необходимо поместить серию рисунков на нескольких листах с подробным описанием взаимодействия узлов [3]. Даже имея серию последовательных рисунков с их описанием, читатель должен представить в динамике происходящий процесс с додумыванием промежуточных состояний. Представить данный процесс видеофильмом невозможно, так как узлы системы разнесены в пространстве и закрыты снаружи, т.е. невозможно показать взаимодействие узлов во времени. Применение же анимированного рисунка сводит к минимуму описательную часть, показывая в динамике взаимодействие узлов системы во времени.

Другим направлением применения анимированных рисунков может служить объяснение поведения объектов под воздействием внешних сил. Так, для объяснения, откуда берется сила, препятствующая переворачиванию судна под воздействием ветра, достаточно двух статических рисунков, показывающих действующие на судно силы и их взаимодействие. Но для объяснения, почему судно раскачивается, необходимо привести целую серию рисунков, изображающих последовательные положения судна, действующие при этом силы и создаваемые ими моменты. Но вся подобная серия статических рисунков с подробным описанием каждого может быть успешно заменена одним динамическим, выигрывая при этом в наглядности и лёгкости понимания процесса.

Мультимедийные издания, ориентированные на использование в сетевом доступе, имеют большое преимущество перед бумажным носителем с точки зрения доступности.

Размещенное на сервере учебное издание становится доступным неограниченному кругу читателей. При этом налицо существенное преимущество в плане возможностей актуализации содержащейся информации. Любые изменения, вносимые автором, становятся сразу доступными для всех читателей.

Накопленный педагогический опыт автора позволяет утверждать, что применение мультимедийного сопровождения процесса обучения существенно улучшает качество усвоения студентами учебного материала.

Подтверждением тому служат наблюдения в течение ряда лет в отношении студентов, которые по каким-либо причинам пропустили плановый учебный курс занятий и вынуждены были самостоятельно его изучать. В зависимости от текущих возможностей студентам для самостоятельной подготовки давались либо бумажные учебные пособия, либо предоставлялось рабочее место за компьютером с электронным учебным пособием. Студенты, самостоятельно работавшие с электронным учебным пособием, все без исключения усваивали принципы работы узлов и механизмов, описанных мультимедийными средствами, в то время как студенты, работавшие с бумажным источником, показывали значительно худшее понимание происходящих процессов.

Создание и применение мультимедийных учебных изданий для обучения моряков вопросам выживания в море является актуальной задачей процесса подготовки командного состава флота.

Список литературы

1. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. – 928 с.
2. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. – 600 с.
3. Ганнесен В.В. Судовые спасательные средства. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2009. – 167 с.

Сведения об авторе: Ганнесен Виталий Витальевич, доцент,
e-mail: v_gannesen@mail.ru.

УДК 621.182.3:629.2-843.9

Л.К. Капран, В.В. Маницын, З.П. Старовойтова

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

ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ И РАСХОДА ТОПЛИВА ГЛАВНОГО ДИЗЕЛЯ 5ДКРН 70/125

Приводятся уравнения винтовой и топливных характеристик, полигоны распределений мощности главного дизеля на режимах «переход» и «работа на промысле». Даются рекомендации по оптимизации мощности и расхода топлива главного дизеля в эксплуатации.

Ключевые слова: *главный дизель, винтовая, топливная характеристики, удельный расход топлива.*

L.K. Kapran, V.V. Manyisyn, Z.P. Starovoytova OPTIMIZATION OF POWER AND FUEL CONSUMPTION FOR REEFER MAIN ENGINE 5DKRN 70/125

Equation of propeller characteristics and fuel oil characteristics are given, distribution power range of the main engine on regime «at sea» and «fisheries». Recommendation of power optimization and fuel consumption of main engine at operation are given.

Key word: *main engine, propeller characteristic, fuel oil characteristic, specific fuel oil consumption.*

Введение

Проблема оптимизации мощности и расхода топлива дизелями на судах морского и промыслового флотов до настоящего времени является предметом разработок научно-исследовательских и проектных организаций и относится к весьма актуальным. Решение этой проблемы предусматривает исследования, направленные на сокращение затрат на горюче-смазочные материалы.

Цель оптимизации мощности и расхода топлива главного дизеля 5ДКРН 70/125 – повышение эффективности его эксплуатации.

Во время глобальных кризисов отмечается, как правило, рецессия объёмов производства, поэтому проблема оптимизации мощности и расхода топлива дизелями на судах морского и промыслового флотов становится особенно актуальной с целью повышения эффективности эксплуатации флота.

Общие сведения

Главный дизель 5ДКРН 70/125 установлен на транспортном рефрижераторе (ТР) типа «Кристалл-2», который является головным судном новой серии, построенным в г. Висмар (ГДР) под наблюдением Регистра СССР на класс КМ Л1 А2 (Маницын В.В., Музалевский Н.В.). Оно предназначено для приёма рыбопродукции у добывающих судов непосредственно в районе промысла и доставки её в порты и для обеспечения судов всеми видами снабжения.

На Дальневосточном бассейне эксплуатировалось пять ТР типа «Кристалл-2»: «Уссурийский залив», «Ульбанский залив», «Таёжный берег», «Герман Мотерн» и «Пенжинский залив».

Судовой пропульсивный комплекс имеет гребной винт фиксированного шага, приводимый в движение непосредственно дизелем фирмы МАН марки 5ДКРН70/125 (с наддувом, реверсивный, с встроенным упорным подшипником, оборудованный устройством для работы на тяжёлом топливе). Номинальная мощность 7600 кВт, номинальная частота вращения 130 мин⁻¹, удельный расход тяжёлого топлива (флотский мазут Ф-5) 198 г/(кВт·ч)+5 %.

Определение текущей мощности ГД в эксплуатации

В связи с тем, что ГД 5ДКРН70/125 с прямой передачей крутящего момента на винт не обеспечен приборами автоматической регистрации мощности, оценка ее производится по косвенным показателям, которые фиксируются по истечении каждого часа в вахтенном машинном журнале. В качестве косвенного показателя принята частота вращения коленчатого вала дизеля. Для перехода от частоты вращения коленчатого вала ГД к эффективной мощности можно воспользоваться зависимостью мощности, развиваемой дизелем, от частоты вращения коленчатого вала. Такая зависимость называется винтовой характеристикой.

Винтовая характеристика дизеля в аналитической форме с достаточной точностью рассчитывается в виде кубической параболы $\overline{N_e} = c \cdot n^3$, где $\overline{N_e} = \frac{N_e}{N_n}$, N_e – текущая эффективная мощность, N_n – номинальная мощность, n – частота вращения коленчатого вала; c – коэффициент пропорциональности, который определяется по результатам стендовых испытаний ГД 5ДКРН70/125, приведенных в табл. 1.

Используя данные стендовых испытаний (табл. 1) и метод наименьших квадратов, получен коэффициент $c = 4,55816 \cdot 10^{-7}$.

$$\overline{N_e} = 4,55816 \cdot 10^{-7} \cdot n^3.$$

Таблица 1

Результаты стендовых испытаний ГД 5ДКРН 70/125

Table 1

Results of bench tests of the ME 5 ДКРН 70/125

Эффективная мощность N_e , кВт	1900	3800	5700	7600
Относительная мощность $\overline{N_e}$	0,25	0,50	0,75	1,00
Частота вращения коленчатого вала n , мин ⁻¹	82	103	118	130

Средняя ошибка аппроксимации при этом составляет 0,3 % и показывает хорошее соответствие эмпирических и теоретических данных. Графики эмпирической и теоретической зависимостей относительной мощности $\overline{N_e}$ ГД от частоты вращения коленчатого вала n представлены на рис. 1.

Распределение мощности ГД на основных режимах эксплуатации ТР

Основными режимами эксплуатации ТР являются «переход» в район промысла и в порт, а также «работа на промысле».

Для получения достоверных результатов распределения текущей мощности ГД 5ДКРН70/125 использован статистический метод. Этот метод позволяет обработать значительный объём исходной информации по распределению текущей мощности ГД на различных режимах его эксплуатации.

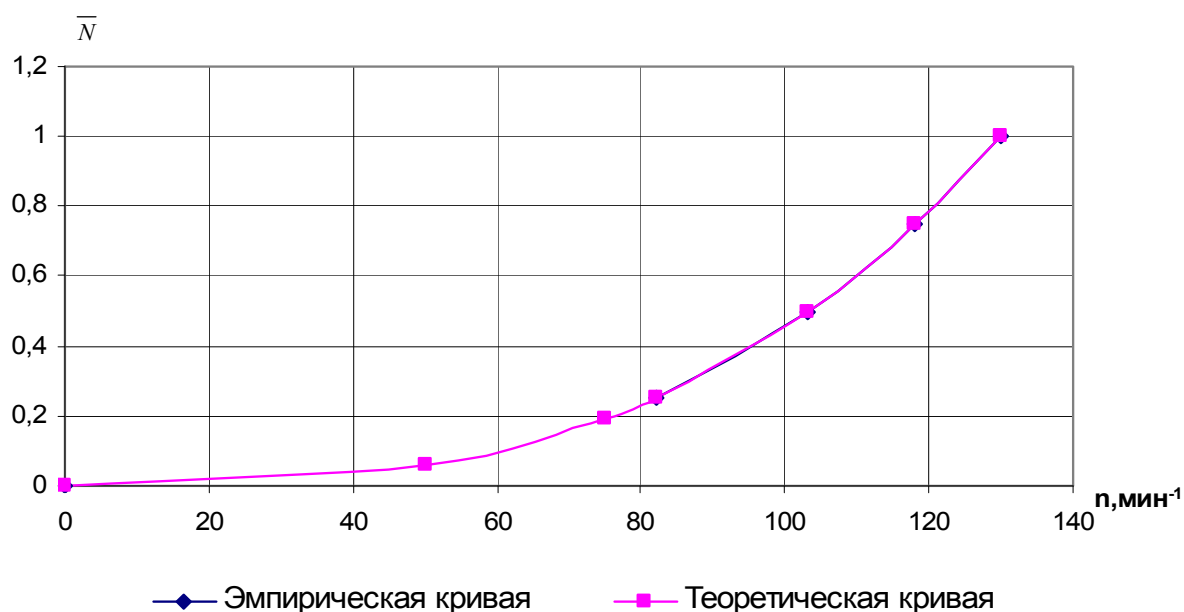


Рис. 1. Винтовая характеристика ГД 5ДКРН70/125
Fig. 1. Propeller characteristics of main engine 5DKRN 70/125

Обработка фактической мощности ГД 5ДКРН70/125 сводится к расчёту средней относительной мощности и её среднеквадратического отклонения.

Данные по мощности ГД 5ДКРН70/125 для режимов «переход в район промысла» и «переход в порт» объединены в одну группу, так как текущая мощность ГД на этих режимах незначительно отличается друг от друга. Данные по распределению мощности ГД 5ДКРН70/125 ТР типа «Кристалл-2» на режиме «переход» приведены в табл. 2.

Таблица 2

Данные по мощности ГД 5ДКРН 70/125 на режиме «переход»

Table 2

Statistic data of distribution in power of the ME 5 ДКРН 70/125 in the «passage» mode

Интервалы мощности в относительных единицах	Середина интервала	Продолжительность работы ГД t, ч	Относительная продолжительность работы ГД t
0,00-0,10	0,05	42	0,003
0,10-0,20	0,15	23	0,002
0,20-0,30	0,25	8	0,001
0,30-0,40	0,35	100	0,008
0,40-0,50	0,45	60	0,005
0,50-0,60	0,55	114	0,009
0,60-0,70	0,65	375	0,030
0,70-0,80	0,75	1390	0,113
0,80-0,90	0,85	9120	0,739
0,90-1,00	0,95	1114	0,090
Итого:		12346	1,000

По данным табл. 2 построен полигон распределения мощности ГД на режиме «переход» (рис. 2).

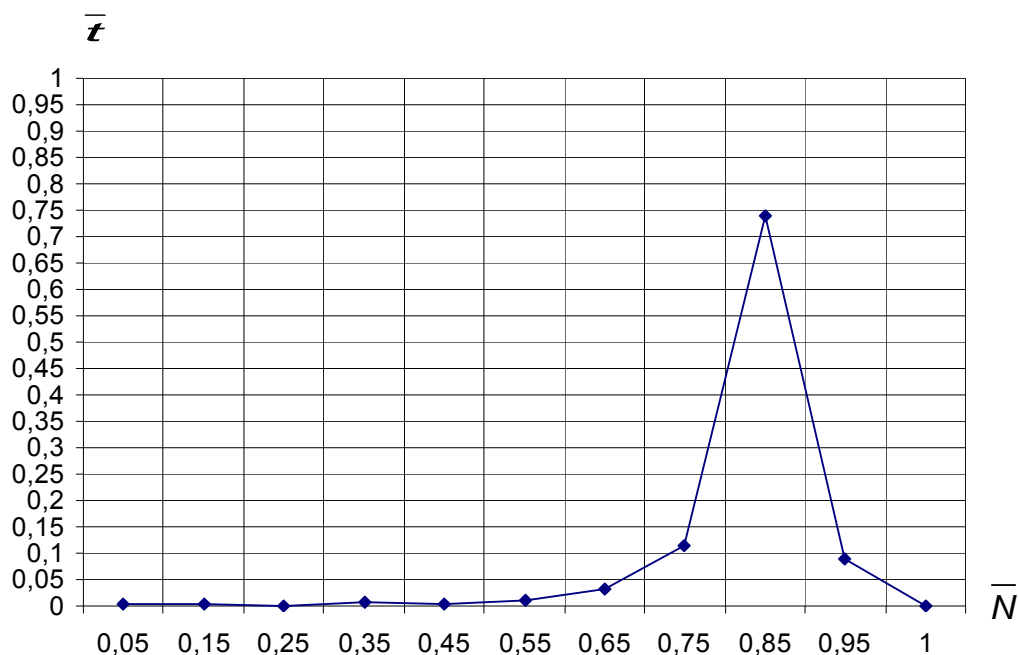


Рис. 2. Полигон распределения мощности ГД на режиме «переход»
 Fig. 2. Power distribution range of the main engine on regime «at sea»

Средняя относительная мощность ГД на режиме «переход» составила $\bar{N}_{cp} = \sum \bar{N} \cdot \bar{t} = 0,83$, среднее квадратическое отклонение $\sigma = 0,10$.

На режиме «переход» ГД 85 % времени работает в интервале относительной мощности (0,70-0,90). Характер распределения мощности ГД, как видно из полигона распределения – одномодальный.

Данные по мощности ГД 5ДКРН70/125 на режиме «работа на промысле» приведены в табл. 3.

Таблица 3
 Данные по мощности ГД 5ДКРН 70/125 на режиме «работа на промысле»

Table 3

Statistic data of the ME 5 ДКРН 70/125 in the «fishing» mode

Интервалы мощности в относительных единицах	Середина интервала	Продолжительность работы ГД t, ч	Относительная продолжительность работы ГД \bar{t}
0,00-0,10	0,05	79	0,293
0,10-0,20	0,15	19	0,070
0,20-0,30	0,25	00	0,000
0,30-0,40	0,35	3,0	0,011
0,40-0,50	0,45	4,0	0,015
0,50-0,60	0,55	7,0	0,026
0,60-0,70	0,65	30	0,111
0,70-0,80	0,75	56	0,207
0,80-0,90	0,85	46	0,170
0,90-1,00	0,95	26	0,096
Итого		270	1,000

По данным табл. 3 построен полигон распределения мощности ГД на режиме «работа на промысле» (рис. 3).

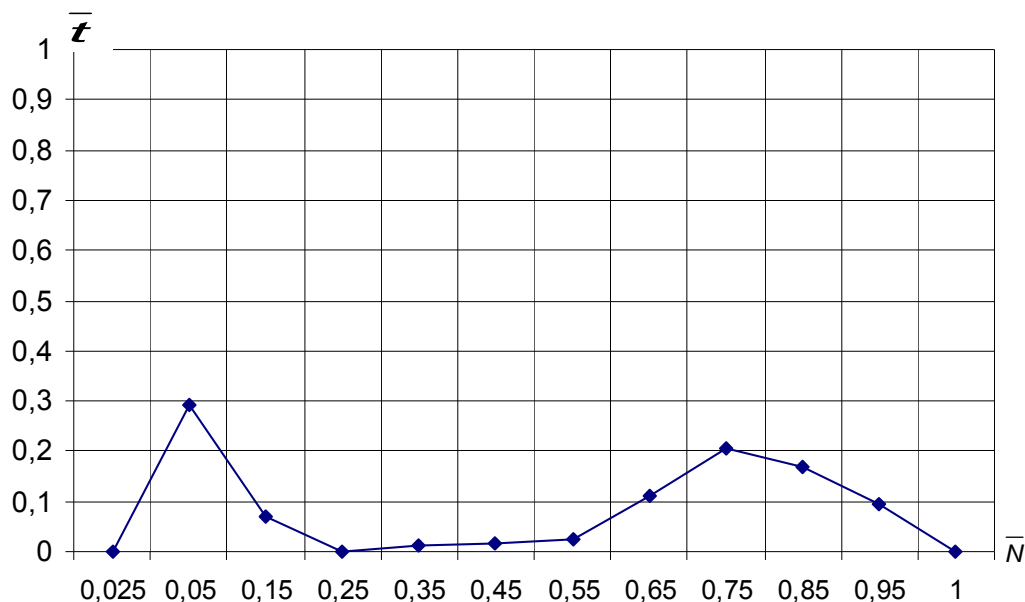


Рис. 3. Полигон распределения мощности ГД на режиме «работа на промысле»
Fig. 3. Main engine power distribution range on regime «fisheries»

Режим «работа на промысле» характеризуется малыми значениями мощности ГД и двухмодальным распределением относительной продолжительности работы ГД, из которого следует, что ГД ТР типа «Кристалл-2» 36 % времени работает с относительной мощностью, изменяющейся в интервале от 0,05 до 0,20 и 49 % времени в интервале от 0,60 до 0,90. При этом среднее значение относительной мощности $\bar{N}_c = 0,51$ и среднее квадратическое отклонении $\bar{\sigma} = 0,35$. Интервал отклонения мощности на режиме «работа на промысле» от её среднего значения составляет от 1216 до 6536 кВт.

Расчёт оптимизированного расхода топлива ГД 5ДКРН70/125 ТР типа «Кристалл-2»

В эксплуатации текущая эффективная мощность ГД носит случайный характер. Она изменяется во времени в зависимости от режима эксплуатации, от условий внешних факторов и от состояния пропульсивного комплекса. Поэтому в основу расчета расхода топлива положен вероятностно-статистический метод обработки фактической мощности ГД. Этот метод наиболее полно учитывает многообразие внешних факторов, влияющих на элементы судового комплекса.

Для расчёта оптимизированного расхода топлива необходима топливная характеристика ГД. Топливная характеристика дизеля – это зависимость часового расхода топлива от его мощности, определяется по результатам стендовых испытаний.

Для расчета коэффициентов топливной характеристики ГД использовались результаты стендовых испытаний, которые приведены в табл. 4.

$$N_n = 7600 \text{ кВт}, G_n = 15278 \text{ кг/ч}, \bar{G} = \frac{G}{G_n}, \bar{N} = \frac{N_e}{N_n}, g_e = \frac{G}{N_e}.$$

Зависимость относительного часового расхода топлива от относительной мощности зададим уравнением второй степени, параметры которого определены по методу наименьших квадратов, используя данные табл. 4:

$$\bar{G} = 0,017\bar{N}^2 + 0,967\bar{N} + 0,015 .$$

Таблица 4

Результаты стендовых испытаний ГД 5ДКРН70/125

Table 4

Results of bench tests of the ME 5 ДКРН 70/125

Эффективная мощность N_e , кВт	Относительная мощность \bar{N}	Часовой расход топлива G , кг/ч	Относительный часовой расход топлива \bar{G}	Удельный расход топлива g , кг/(кВт·ч)
1900	0,25	406,5	0,266	0,214
3800	0,50	773,1	0,506	0,203
5700	0,75	1110	0,727	0,195
7600	1,00	1527,8	1,000	0,201
8360	1,10	1698,7	1,110	0,203

Средняя ошибка аппроксимации при этом составляет 1,6 %, что говорит о хорошем приближении эмпирических данных к теоретическим. На рис. 4 изображены эмпирическая и теоретическая линии топливной характеристики.

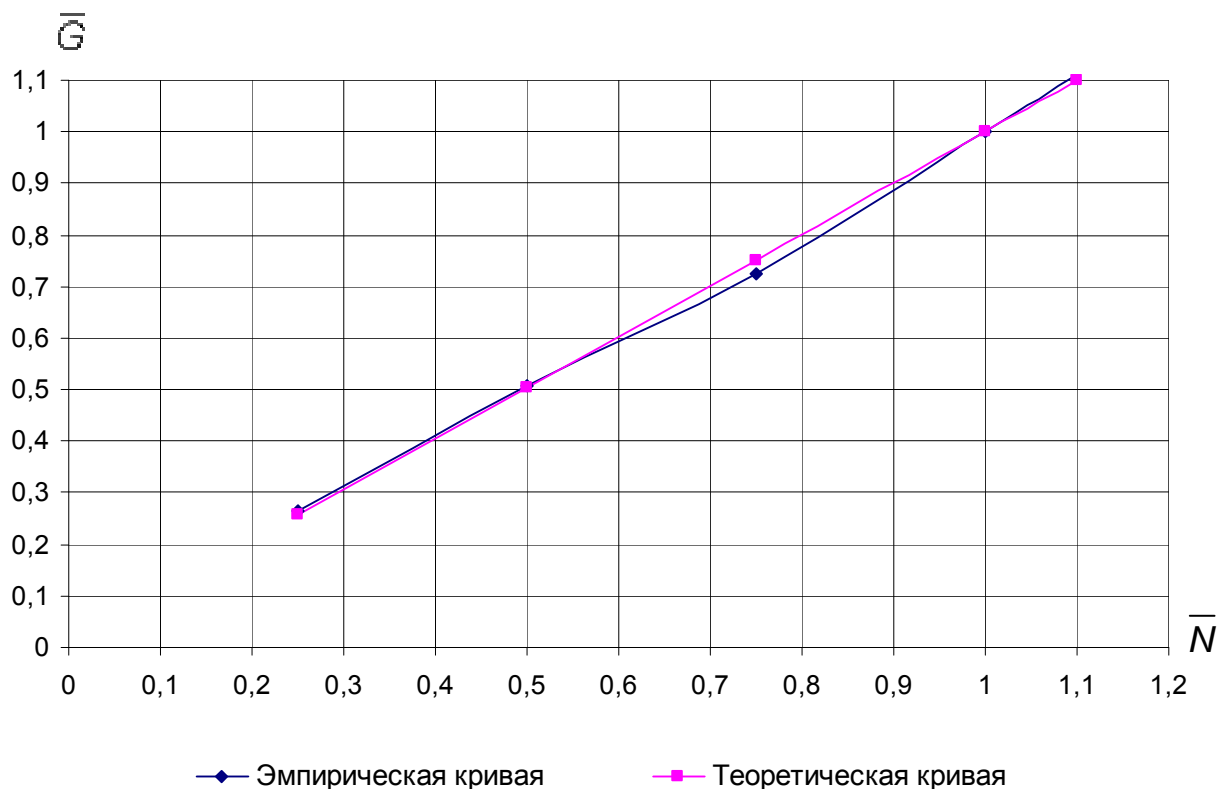


Рис. 4. Топливные характеристики ГД 5ДКРН70/125
 Fig. 4. Main engine fuel oil characteristics ME 5 ДКРН 70/125

На основании топливной характеристики ГД и параметров распределения мощности для основных режимов эксплуатации ТР типа «Кристалл-2» определен оптимизированный расход топлива. Результаты расчета расходов топлива для ГД приведены в табл. 5.

Таблица 5

Оптимизированный расход топлива ГД 5ДКРН70/125

Table 5

**Power rating and fuel oil consumption of the ME 6 ДКРН 70/125
in the «passage» and «fishing» modes**

Наименование	Режим «переход»	Режим «работа на промысле»
Число наблюдений, ч	1766	578
Средняя относительная мощность	0,83	0,51
Среднеквадратическое отклонение	0,1	0,35
Средний часовой расход топлива, кг/ч	1155,66	750
Среднесуточный расход топлива, т/сут	27,74	18

Оптимизация мощности ГД по минимальному удельному расходу топлива

Одним из путей повышения эффективности эксплуатации ТР является оптимизация эксплуатационной мощности и расхода топлива, что приведёт к снижению затрат на топливо, а следовательно, сокращению часового расхода топлива, зависящего от его удельного расхода и мощности, развиваемой ГД 5ДКРН70/125.

Зависимость удельного расхода топлива от относительной мощности ГД найдена по данным стендовых испытаний (см. табл. 4) в виде полинома второй степени, параметры которого определены по методу наименьших квадратов:

$$g_e(\bar{N}) = 0,064\bar{N}^2 - 0,099\bar{N} + 0,235 .$$

Средняя ошибка аппроксимации при этом составляет 0,6 %, что говорит о хорошем приближении.

Условием минимума функции $g_e(\bar{N})$ является равенство нулю ее производной. Решением уравнения $g'_e(\bar{N}) = 0$ является $\bar{N} = 0,78$, а удельный расход топлива при этом $g_e(\bar{N}) = 0,197$ кг/(кВт·ч) – это минимальное значение функции. На рис. 5 изображены графики эмпирической и теоретической зависимостей.

Если принять $g_e(\bar{N}) = 0,200$ кг/(кВт·ч), то область изменения предпочтительной относительной мощности \bar{N} ГД будет находиться в пределах от 0,55 до 1,00. Эффективная мощность при этом изменяется от 4176 до 7600 кВт.

Следовательно, для ГД 5ДКРН 70/125 оптимизированная мощность в указанной области характеризуется минимальными значениями удельного расхода топлива от 0,197 до 0,200 кг/(кВт·ч).

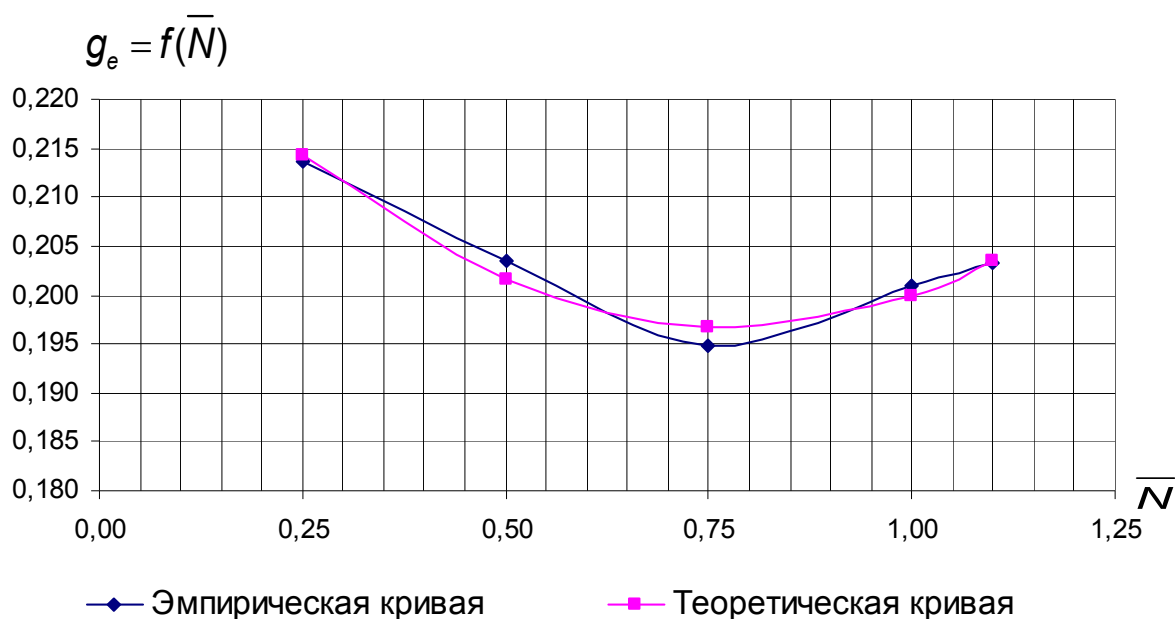


Рис. 5. Графики зависимости удельного расхода топлива от относительной мощности ГД 5ДКРН70/125
 Fig 5. Curve of relative power dependence on specific fuel oil consumption for main engine 5DKRN 70/125

Список литературы

Маницын В.В., Музалевский Н.В. Определение технически обоснованных норм расхода ГСМ СЭУ ТР типа «Татарстан» и «Кристалл-2»: отчет о НИР (промежуточ.) / Дальрыбвтуз; Руководитель В.В. Маницын. – № ГРО 1860044670. – Инв. № 02880024350. – Владивосток, 1987. – 94 с.

Сведения об авторах: Капран Людмила Кузьминична, доцент;
 Маницын Владимир Викторович, профессор;
 Старовойтова Зоя Павловна, доцент.

УДК 656.61.08

И.Ф. Коростелев

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

СТОЛКНОВЕНИЕ СУДОВ И ИХ ПРИЧИНЫ

Непрерывный рост экономических связей между государствами и объем перевозок внутри государств ведет к интенсивному увеличению числа судов, их водоизмещения и скорости движения.

Возрастает плотность транспортных потоков судов различного типа. Все труднее становится осуществлять безопасное плавание судов с высокими скоростями.

Ключевые слова: *рост, экономика, связи, страны, перевозки, интенсивность, суда, скорость, безопасность, навигация.*

I.F. Korostelev

SHIPS COLLISIONS AND THEIR CAUSES

Continuous growth of economical relations between countries and the volume of transportation in said the country result in intensive growth of ships number, their displacement and rate motion.

The density of transport flow of different types of ships is increasing if becomes more difficult to carry out the safe navigation of high speed ships.

Key words: *Growth, economical, relations, countries, transportation, intensive, ships, speed, safe, navigation.*

Проблема расхождения судов в море занимает одно из важнейших мест в управлении судном. Учитывая возрастающую плотность судопотоков на всех международных морских коммуникациях, сохранить и обеспечить приемлемый уровень безопасности движения в последние десятилетия удается благодаря внедрению современных радиотехнических средств в судовождении. По этой причине проблему расхождения судов в море необходимо рассматривать в комплексе использования интегрированных навигационных систем, обеспечивающих повышение навигационной безопасности мореплавания и эффективности морских перевозок.

Обеспечение безопасности мореплавания высокоавтоматизированных крупнотоннажных сухогрузных судов, танкеров, нефтерудовозов, лихтеровозов, пассажирских лайнеров, имеющих водоизмещение десятки и сотни тысяч тонн, развивающих скорость от 15 до 30 уз и более, находится в прямой зависимости от способностей и умения капитанов и их помощников выбрать эффективные формы управления судном.

Зависимость степени тяжести столкновений от условий плавания

При оценке степени тяжести столкновений судов, независимо от официальной классификации случаев, принимаются средние технические убытки, включая расходы на спасение по каждому анализируемому признаку.

Наиболее тяжелые столкновения происходят в открытом море, проливах или на фарватерах, что объясняется повышенными скоростями; наименее серьезное повреждение получают при осторожном маневрировании, т.е. на акваториях портов и рейдах.

В реках и каналах, где движение очень интенсивно и многочисленные расхождения происходят зачастую на малых дистанциях, убытки от столкновений судов в большинстве случаев не столь велики, как в открытом море, в проливах и на фарватерах. Это объясняет-

ся еще и тем, что скорость движения судов в реках и каналах ограничена и различие в тяжести столкновений из-за времени суток не проявляется.

Столкновения с судами, стоящими на якорях, при подходе к местам якорных стоянок имеют некоторые особенности по сравнению с обычными столкновениями, которые отличаются, прежде всего, тем, что суда, стоящие на якорях, очень ограничены в возможностях действовать активно, т.е. маневрировать [2].

Необходимо еще раз напомнить, что наиболее тяжелые столкновения происходят в открытом море, в проливах и фарватерах в условиях ограниченной видимости или в темное время суток, что объясняется превышением скорости и повышенной трудностью наблюдения, особенно это касается районов интенсивного судоходства.

Столкновение судов в условиях нормальной видимости

Основные причины столкновений судов в условиях нормальной видимости:

- различная интерпретация ситуации на встречных курсах;
- ошибочная оценка ситуации и вероятность действий другого судна;
- нарушение при обгоне;
- чрезмерная скорость в стесненных условиях;
- нарушение при плавании в узкостях;
- неудовлетворительное наблюдение;
- запоздалый маневр;
- неиспользование или неправильное использование РЛС;
- неучет или ошибочная оценка гидрометеорологических условий;
- столкновение из-за потери управляемости.

Столкновение судов в условиях ограниченной видимости

Причины столкновений судов в условиях ограниченной видимости:

- неудовлетворительное радиолокационное наблюдение;
- неудовлетворительное наблюдение в сочетании с высокой скоростью;
- бездействие при своевременном обнаружении;
- неоправданный поворот влево;
- небольшие последовательные изменения курса и/или скорости;
- психологические и объективные предпосылки столкновений [2].

Для того чтобы своевременно и правильно принимать ответственные решения, судоводитель, наряду с традиционным практическим опытом управления судном, должен обладать знаниями, навыками и методами работы с автоматизированными системами судовождения, осуществлять контроль за их работой, знать их ограничения и возможности [4].

В то же время имеется широкий круг обязанностей и задач, которые может выполнить только человек, поэтому освободить судоводителя от них пока невозможно: оценка гидрометеороинформации и выбор маршрута плавания, управление судном в стесненных навигационных условиях, выполнение операций расхождения с опасными судами, обеспечение мореходности судна и т.д. [2].

Эргономические аспекты обеспечения безопасности плавания

Эргономика (от греческого «ergon» – работа, «nomos» – закон) изучает человека (или группу) и его (их) деятельность в условиях современного производства с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда.

Основной объект исследования эргономики – система «человек-машина», в том числе эргатическая система, т.е. сложная система управления, составным элементом которой является человек-оператор (или группа операторов), например, система управления судном, диспетчерская служба и т.д.

Другими словами, это общее название группы наук, занимающихся комплексным изучением человека в производственной деятельности и оптимизации средств и условий труда, которое заключается в методе его исследования и системного подхода к нему.

Термин «эргономика» обозначает группу наук о человеке-операторе, объединяющих инженерную психологию, психологию и физиологию труда, профилактику и безопасность труда, гигиену труда, художественное конструирование, антропологию (от греческого «anthropos» – человек, относящийся к человеку) [5].

Решение проблемы совместимости человека и машины в функциональную единую структуру, наилучшим образом реализующую процесс управления судном, имеет два аспекта: системный и эргономический.

Системный аспект совместимости заключается в проектировании конкретных функций между человеком-оператором и машиной; обычно на уровне эксплуатации оператор может только оценивать удобство практической работы, учитывая при этом недостатки, которые проявляются совместно с техническими средствами.

Эргономический аспект проблемы совместимости состоит в обеспечении оптимальной реализации выбранных на системном уровне проектирования функциональных обязанностей человека в системе путем оптимальной организации деятельности человека-оператора на рабочем месте.

Вероятными причинами различных аварий являются грубые ошибки человека-оператора, обусловленные неверным составлением заданного алгоритма функционирования системы управления, неправильной оценкой фактического состояния, отсутствием запаса контрольных воздействий для приведения данной системы в заданное состояние, или отказ технических средств управления и судовождения.

Среди многочисленных ошибок, которые допускаются судоводителями, явно прослеживается тенденция к их повторяемости, что позволяет классифицировать основные типы ошибок по категориям: неправильная обработка информации, ложная гипотеза, стресс, мотивация, привычки, утомление. Рассмотрим более подробно категории ошибок, свойственных поведенческой области, которые являются причиной всякой аварийности.

- *Неправильная обработка информации*

Для того чтобы разобраться в природе ошибок человека, необходимо рассмотреть последовательность обработки полученной им информации. Существует упрощенная модель получения и обработки информации: получение информации, переработка информации, принятие решения, реализация решения, контроль результата.

Несмотря на то, что такая модель не отражает обилие всякого рода фильтров и контуров обратной связи, она позволяет проследить прохождение информации через схему реакции органов чувств (внимание, восприятие, ощущение, решение, действие), выявить этапы, на которых могут появиться ошибки, и оперативно исправить их.

Пока одна информация проходит по каналу принятия решений, другая, поступившая одновременно с первой, вынуждена ждать своей очереди в блоке кратковременной памяти. Если принятие решения затягивается, то о ней просто могут забыть.

По этой причине, особенно при управлении судном в моментах расхождения с целями в любых условиях видимости, рекомендуется ограничивать информацию, не относящуюся к процессу маневрирования.

Решение заключается в выборе приоритетной информации, и когда она выбрана, судоводитель приступает к реализации принятого решения.

Действия являются заключительной частью процесса обработки информации и источником ошибок. Часто они являются следствием плохого эргономического решения компоновки органов управления.

- *Ложная гипотеза*

Ложная гипотеза (от греческого «hypothesis» – основание, предположение) – предположительное суждение о закономерной (причинной) связи явлений, форма развития восприятий – возникает из того, что информация, которую воспринимает мозг, является малой частью всей поступающей, а об остальной ее части судоводитель только догадывается, и по этой причине, порой, принимает решения на основании принятых предположений.

- *Иллюзия*

Визуальные иллюзии (от латинского «illusion» – обман) – искаженное восприятие действительности, обман восприятия. Иллюзии как следствие несовершенства органов чувств свойственны всем людям, возникают из-за того, что информация, которую получает человек с помощью зрения, мозг не всегда интерпретирует правильно.

Иллюзии обусловлены особым состоянием психики (например, страхом, снижением тонуса психической деятельности); наличием ложно воспринимаемого реального объекта.

Иллюзии оптические (обманы зрения) – это ошибки зрительного восприятия объектов (их цвет, величина, формы, удаленность и др.). Иллюзии оптические связаны с влиянием цветового контраста (серое на зеленом фоне кажется красноватым), освещенностью окружающих предметов, движением объектов и т.д. К иллюзиям оптическим следует отнести стробоскопический эффект, а также эффект, связанный с иррадиацией.

Стробоскопический эффект заключается в том, что в условиях прерывистого наблюдения быстро движущийся объект кажется неподвижным, и наоборот.

Иррадиация (от латинского «irradio» – сияю, испускаю лучи) в оптике – кажущееся увеличение размеров светлых объектов на черном фоне по сравнению с темными предметами равной величины на белом фоне.

- *Стресс*

Стресс (от английского «stress» – напряжение) – состояние напряжения, возникающее у человека под влиянием сильных воздействий среды. Термин применяется для обозначения широкого круга состояний человека, возникающих в ответ на разнообразные экстремальные воздействия. Он может оказывать как положительное, мобилизующее, так и отрицательное влияние на деятельность – дистресс, вплоть до полной дезориентации – прострации. Прострация (от позднелатинского «prostration» – угнетение, упадок) – понятие, обозначающее состояние предельной истощенности нервной системы, расслабленности, беспомощности.

Различают три вида стресса: психологический, физиологический и физический. Психологический стресс – стресс от страха перед чем-то, чувство неуверенности в себе или неустроенности, социальное давление, плохие отношения с кем-то и др. Физиологический стресс определяется общим состоянием человека: расстройством нервной системы и других функций, воздействием алкоголя, бессонницей, нерегулярным питанием. Физический стресс определяется внешними факторами: влиянием ветра, волнением, вызывающим стремительную качку судна, вибрацией корпуса судна, температурой наружного воздуха и забортной воды, ледяного покрова моря, районом плавания, состоянием видимости и т.д. [5].

- *Мотивация*

Мотивация (побуждение) в биологии – активное состояние мозговых структур, побуждающее человека совершать наследственно закрепленные или приобретенные опытом действия, направленные на выполнение различных задач.

При расследовании происшествий и принятии решения необходимо учитывать не только способность судоводителя к выполнению той или иной задачи, но и наличие достаточной мотивации. Уровень мотивации определяется степенью активности центральной нервной системы [3].

Направление мотивации определяется стремлением отойти от обычных типовых действий и процедур и решать производственные задачи с наименьшими затратами.

Человеческий фактор и риск на море

Безопасность мореплавания определяется многими факторами, среди которых можно выделить:

- организацию и обеспечение управления безопасностью мореплавания;
- техническое состояние флота;
- умение определять возможные риски при ведении мореходной деятельности и страховаться от них;
- личные качества, уровень профессиональной подготовки и компетенцию морских специалистов, что принято называть человеческим фактором.

В последнее время много внимания уделяется именно человеческому фактору, так как на его долю приходится около 80 % коллизий, случающихся в судоходстве и при управлении другими видами транспорта.

Международное морское сообщество обратило особое внимание на то, что в условиях участия человека во всех аспектах деятельности на море, включая проектирование, изготовление, управление, эксплуатацию, техническое проектирование и ремонт, почти во все аварии и инциденты на море включен человеческий фактор.

Все чаще от имени Международной морской организации (ИМО) слышны настоятельные призывы к правительствам учитывать при ведении морехозяйственной деятельности человеческий фактор и предоставлять особую защиту морякам для его ликвидации.

Готовые стандартные приемы для действий в обстановке, сопряженных с риском, – «Международные правила предупреждения столкновений судов в море» (МППСС-72). Основные причины, порождающие риск на море, – неполное знание обстановки, сопровождающееся нехваткой данных для принятия правильного решения.

Чтобы уменьшить риск в судовождении, необходимо правильно организовывать ходовую вахту на мостике, а также наблюдение в соответствии с Правилем 5 МППСС-72. В нем говорится, что «каждое судно должно постоянно вести надлежащее визуальное и слуховое наблюдение, так же, как и наблюдение с помощью всех имеющихся средств, применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям, с тем, чтобы полностью оценить ситуацию и опасность столкновения».

Ошибки человека, характеризующие собой его действия, которые неадекватны сложившейся ситуации, получили название «человеческий фактор». Ошибки, как правило, непреднамеренны: человек выполняет неверные действия, расценивая их как верные или наиболее подходящие.

Циркуляр № 878 Комитета ИМО по безопасности на море гласит: «Ошибка одного человека не должна приводить к авариям. Дело должно быть организовано таким образом, чтобы ошибки можно было исправить или сводить их последствия к минимуму. Исправление ошибок может осуществляться оборудованием, другими лицами или иным способом. Таким образом, предполагается обеспечение таких условий, при которых принимаемое решение не зависело целиком и полностью от действий одного человека».

В Резолюции А.947 (23) содержится следующий принцип: «В процессе выработки правил следует исходить из того, что необходимо предпринять соответствующие меры

предосторожности для того, чтобы применение этих правил гарантировало, что «ошибка одного человека» не приведет к авариям».

Причины, способствующие возникновению ошибок, можно объединить в несколько групп: недостатки информационного обеспечения; ограничения, обусловленные проявлениями внешних факторов; ограничения, вызванные физическим и психологическим состоянием человека; ограничения ресурсов поддержки и исполнения принятого решения.

В таблице представлено процентное отношение причин столкновений судов, связанных с человеческим факторам:

Причины столкновений судов	Доля, %
Недостаточно правильная оценка ситуации	24
Плохое наблюдение или его отсутствие	23
Несоблюдение правил МППСС-72	8
Неудовлетворительная организация вахты на ходовом мостике	4
Не подозревали о присутствии другого судна до столкновения	12
Несение вахты одним человеком	8
Непонимание при ведении переговоров по УКВ-связи	9
Чрезмерная усталость	8
Сон на вахте	4

В тексте Заключительного акта Конференции 1995 г. сторон Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДМНВ-78) в Резолюции особо отмечается, что большой процент аварий и инцидентов, связанных с загрязнением, происходит из-за ошибочных действий человека. Также признается необходимость своевременного внесения поправок в обязательные требования и положения с целью эффективного соответствия изменениям в технологии, операциях, практиках и процедурах, используемых на судах. Отмечается, что одним из наилучших способов снижения рисков, связанных с ошибкой человека в процессе эксплуатации морских судов, является обеспечение поддержания самых высоких, практически возможных стандартов подготовки, дипломирования и компетентности моряков.

Последние десятилетия характеризуются быстрым развитием и становлением технических средств обеспечения безопасности мореплавания на основе внедрения новейших средств в области связи, радиоэлектроники и вычислительной техники.

Список литературы

1. Международные правила предупреждения столкновений судов в море (МППСС-72). – М.: Моркнига, 2009 – 146 с.
2. Юдович А.Б. Предотвращение навигационных аварий. – М., 1988. – 223 с.
3. Письменный М.Н. Конвенционная подготовка судоводителей морских судов. – Владивосток, 2009. – 252 с.
4. Справочник капитана / под общей ред. В.И. Дмитриева. – СПб., 2009. – 813 с.
5. Снопков В.И., Конопелько Г.И., Васильева В.Б. Безопасность мореплавания. – М.: Транспорт, 1994. – 246 с.

Сведения об авторе: Коростелев Иван Федорович, доцент.

УДК 51 + 656.073.29

Н.Г.Лебедева, С.Н. Митричева

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

ПЛАНИРОВАНИЕ МАРШРУТА ДОСТАВКИ ГРУЗА В СМЕШАННОМ СООБЩЕНИИ НА ОСНОВЕ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

Снижение транспортных расходов возможно за счёт применения новых технологий перевозки, реорганизации транспортной инфраструктуры и интеграции транспортных систем. Главным инструментом в указанном процессе является использование нескольких видов транспорта при доставке грузов.

Ключевые слова: логистика, доставка грузов, математические методы.

N.G. Lebedeva, S.N. Mitricheva

ROUTE PLANNING OF CARGO DELIVERY BY DIFFERENT MEANS OF TRANSPORT ON THE BASIS OF THE NETWORK SCHEDULE

Decrease in transportation cost is possible by using new technologies of transportation, reorganization of a transport infrastructure and integration of transport systems. The main tool in the above mentioned process is the use of several means of transport on delivery cargoes.

Key words: logistics, cargo delivery, mathematical methods.

Учитывая приведенные особенности, сетевой график при смешанных перевозках в общем виде можно представить как пространственно зависимые схемы доставки с учетом различных параметров, используемых для принятия управленческого решения (рис. 1). При этом в качестве критериев выбора вариантов доставки предлагается использовать:

- время T ;
- стоимость C ;
- приведенную стоимость, определяемую по формуле

$$C^* = (C_{\text{груза}} + C_T) (1 + \Delta)^n, \quad (1)$$

где C^* – оценка стоимости груза и его доставки с учетом фактора времени (интегральная оценка); $C_{\text{груза}}$ – закупочная стоимость груза; C_T – стоимость перевозки; $(1 + \Delta)^n$ – множитель наращивания процентов по процентной ставке Δ за n периодов, $n = T / 365$.

Каждой работе V_i соответствуют три значения: время T_i , стоимость доставки C_i и интегральный показатель C^* , – которые определяются как сумма дуг по различным вариантам доставки, один из указательных показателей при заданных условиях является основным при принятии управленческого решения о выборе варианта доставки. Условной работе V_1 – «начало доставки, грузоотправитель» – соответствуют три значения, равных нулю.

Дуга сетевого графика представляет собой или процесс непосредственной перевозки груза одним видом транспорта, или выполнение какой-либо работы по погрузке, разгрузке или переработке груза и его оформлению.

Путь следования из одного узла в другой может быть альтернативным, например:

- если дуга означает процесс транспортировки, то наличие двух и более путей свидетельствует о возможности использования на этом маршруте нескольких альтернативных друг другу видов транспорта;
- если дуга означает процесс оформления груза в пункте, то привлечение посредников и отказ от их услуг приведут к появлению нескольких альтернативных друг другу вариантов.

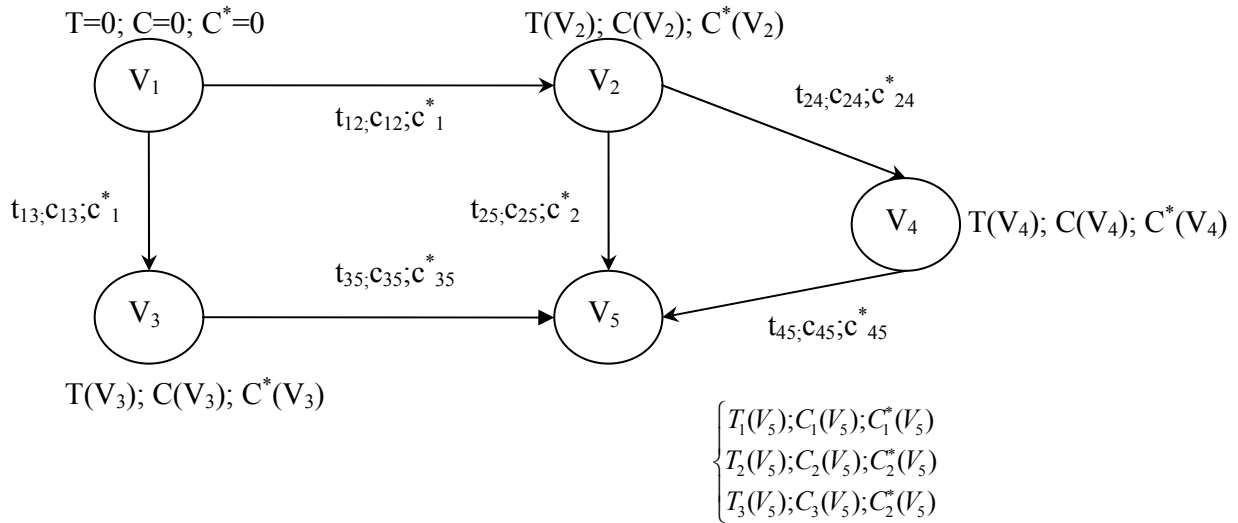


Рис. 1. Сетевой график вариантов доставки груза и его характеристики
 Fig 1. Network schedule of delivery options and its characteristics

Таким образом, для пунктов, где пересекаются альтернативные пути доставки, появляется несколько суммарных значений T , C и C^* (работа V_5).

Выбор производится на основе одного определяющего на данный момент времени показателя. В случае если важность показателей имеет примерно одинаковое значение и если ни для одной из схем доставки не оказалось, что все значения ниже, чем для любой другой (тогда выбор очевиден), для выбора схемы перевозки можно использовать критерии принятия решения в условиях неопределенности.

Наиболее известны критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица, позволяющие принять решение в условиях неопределенности на основе анализа матрицы возможных результатов: строки соответствуют возможным действиям R_j (вариантам доставки грузов); столбцы – возможным состоянием «природы» S_j (критериям доставки); элементы матрицы – результат при выборе j -го действия и реализации i -го состояния V_{ji} (рис. 2).

	S_1	S_2	...	S_i	...	S_n
R_1	V_{11}	V_{12}	...	V_{1i}	...	V_{1n}
R_2	V_{21}	V_{22}	...	V_{2i}	...	V_{2n}
...
R_j	V_{j1}	V_{j2}	...	V_{ji}	...	V_{jn}
...
R_m	V_{m1}	V_{m2}	...	V_{mi}	...	V_{mn}

Рис. 2. Общий вид матрицы возможных результатов
 Fig 2. The general form of a matrix of possible outcomes

Критерий Лапласа опирается на принцип недостаточного основания, согласно которому все основания природы S_i ($i = \overline{1, n}$) полагаются равновероятными. Таким образом, каждому состоянию S_i соответствует вероятность q_i , определяемая по формуле

$$q_i = \frac{1}{n}. \tag{2}$$

Для принятия решения для каждого действия R_j вычисляется среднее арифметическое потерь:

$$M_j(R) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ji}. \quad (3)$$

Среди $M_j(R)$ выбирают минимальное значение, если, как в рассматриваемом случае, матрица возможных результатов представлена матрицей потерь (или максимальное, во всех других ситуациях), которое и будет соответствовать оптимальной стратегии:

$$W = \min \{M_j(R)\}, \quad (4)$$

где W – значение параметра, соответствующее оптимальной стратегии (варианту доставки груза).

Критерий Вальда (минимаксный или максиминный критерий) основан на принципе наибольшей осторожности. В случае когда результат V_{ji} представляет собой потери, при выборе оптимальной стратегии используется минимаксный критерий. Требуется на первом этапе в каждой строке найти наибольший элемент $\max \{V_{ji}\}$, а далее выбирается действие R_j (стока j), которому будет соответствовать наименьший элемент из этих наибольших элементов:

$$W = \min_j \max_i \{V_{ji}\}. \quad (5)$$

Критерий Сэвиджа использует матрицу рисков, элементы r_{ji} которой определяют по формуле

$$r_{ji} = V_{ij} - \min_j \{V_{ji}\}. \quad (6)$$

Таким образом, r_{ji} есть разность между наилучшим значением в столбце i и значениями V_{ji} при том же i . Согласно критерию рекомендуется выбрать ту стратегию, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации:

$$W = \min_j \max_i \{r_{ji}\}. \quad (7)$$

Критерий Гурвица основан на двух следующих предположениях: природа может находиться в самом невыгодном состоянии с вероятностью $(1 - \alpha)$ и в самом выгодном состоянии – с вероятностью α , где α – коэффициент доверия. Если элементы матрицы представляют собой потери, то выбирают действие, которое выполняет следующее условие:

$$W = \min_j [\alpha \min_i V_{ji} + (1 - \alpha) \max_i V_{ji}]. \quad (8)$$

Критерий Гурвица устанавливает баланс между случаями крайнего оптимизма и пессимизма путем взвешивания этих двух способов поведения соответствующими весами $(1 - \alpha)$ и α , где $0 \leq \alpha \leq 1$. Значение α определяется в зависимости от склонности лица, принимаю-

щего решение, к пессимизму или оптимизму. При отсутствии ярко выраженной склонности наиболее часто используется $\alpha = 0,5$.

Применение рассмотренных критериев требует однородности данных, образующих матрицу. Таким образом, значения параметров «время», «стоимость» и «приведенная стоимость» по каждому варианту доставки должны быть одной размерности. Поэтому перед определением наилучшего результата по критериям следует перейти от абсолютных к относительным показателям, приравняв минимальное или максимальное значение в каждом столбце, например, к единице, а остальные, выразив в долях от единицы.

Рассмотренный алгоритм планирования смешанных перевозок позволяет на конечном этапе получить наиболее оптимальный с точки зрения выбранного критерия способ доставки грузов, под которым понимается выбор не только вида транспорта, но и состава логистических посредников, привлекаемых для выполнения перевозки. Необходимо учитывать, что эффективность различных вариантов доставки может варьироваться в течение всего периода выполнения договорных обязательств, поэтому рассмотренные, но нереализованные варианты предпочтительно не отбрасывать, а оставлять как резервы (например, посредством формирования базы данных вариантов доставки).

Рассмотрим пример доставки груза: необходимо осуществить перевозку 20-футового контейнера из порта Хельсинки (Финляндия) до центрального склада в Москве (Российская Федерация). В табл. 1 и на рис. 3 приведены возможные маршруты доставки, полученные по результатам исследования деятельности ряда крупных экспедиторских компаний Санкт-Петербурга. При этом следует учитывать, что для маршрутов 2 и 4 автотранспорт используется при доставке груза по Москве от склада временного хранения (СВХ) до центрального склада.

Таблица 1

Краткая характеристика вариантов доставки

Table 1

Brief description of the options for delivery

Номер маршрута	Характеристика	Виды транспорта
1	Хельсинки – Москва	Авто
2	Хельсинки – Москва	Ж/д + авто
3	Через порт Санкт-Петербург	Морской + авто
4	Через порт Санкт-Петербург	Морской + ж/д + авто

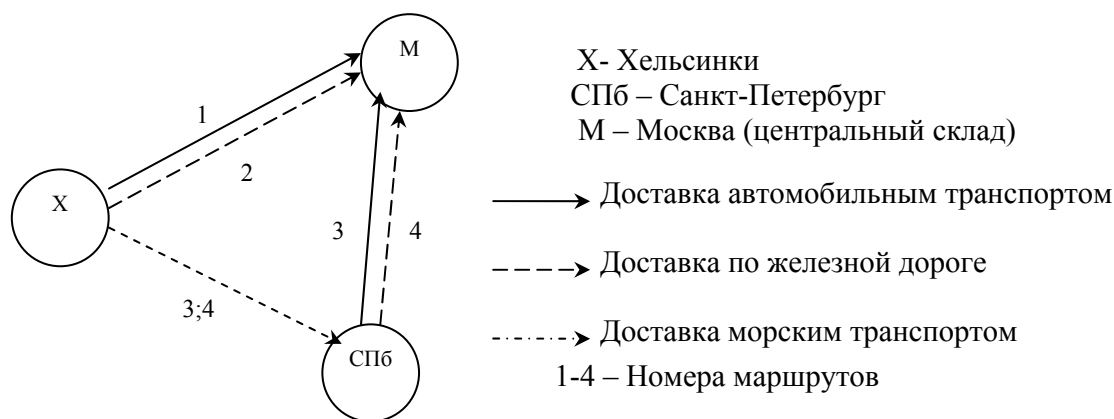


Рис. 3. Маршруты по направлению Хельсинки – Москва

Fig 3. Routes in the direction of Helsinki-Moscow

Анализируя маршруты доставки с учетом остальных недвижимых (нетранспортных) составляющих, можно построить сетевой график, представляющий собой альтернативные пути доставки (рис. 4). Учитывая, что количество вариантов схем доставки определяет количество значений параметров, в рассматриваемом примере их будет двенадцать.

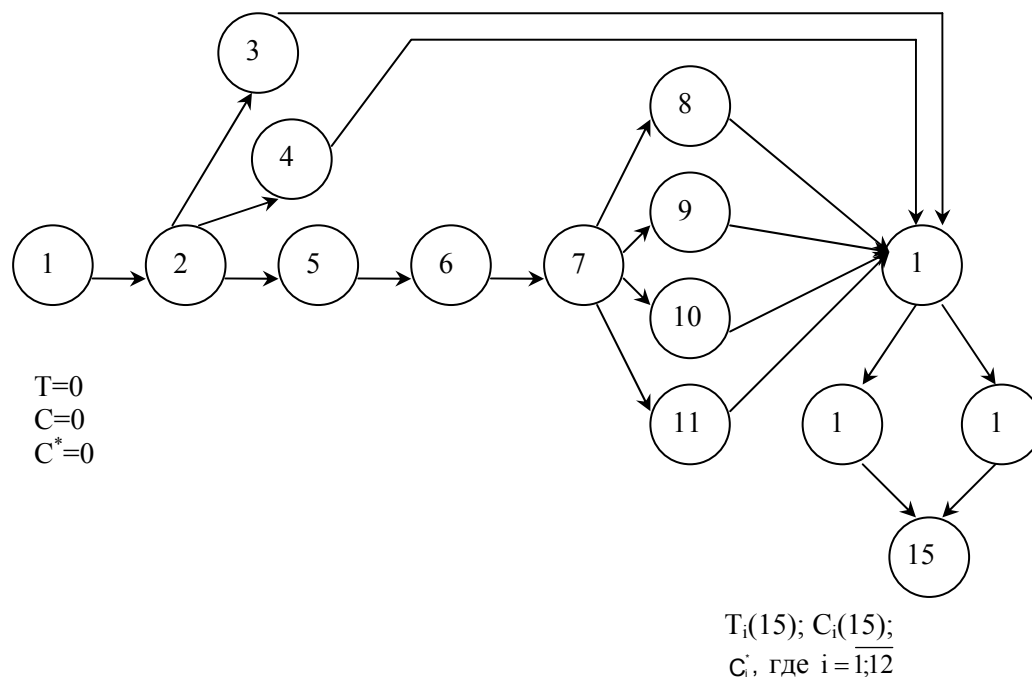


Рис. 4. Сетевой график схем доставки грузов по маршруту Хельсинки – Москва
(обозначения работ приведены в табл. 2)

Fig 4. Network diagram delivery schemes on the route Helsinki-Moscow

Охарактеризуем работы, включаемые в сетевой график, а также параметры «время» и «стоимость» для каждой из них (табл. 2).

Параметры «время» и «стоимость» для каждой схемы доставки определяются как сумма соответствующих значений, а параметр приведенной стоимости – по формуле (1), при этом примем, что средняя банковская ставка по краткосрочным валютным кредитам равна 15 % в год, а для определения величины $C_{груза}$ воспользуемся данными таможенной статистики $C_{груза} = 35$ тыс у.е.

Значения параметров по каждому варианту доставки приведены в табл. 3.

Анализ результатов показывает, что при транспортировке 20-футового контейнера наиболее предпочтительным маршрутом доставки будет:

- по параметру «время»: автомобильным транспортом, таможенные операции в Москве через таможенного брокера;

- по параметрам «стоимость» и «приведенная стоимость»: железнодорожным транспортом, таможенные операции в Москве собственными силами.

Таким образом, в случае если все критерии имеют одинаковое значение, воспользуемся критериями принятия решений в условиях неопределенности.

Для получения сопоставимых результатов приведем параметры (табл. 3) в относительный вид, поделив элементы каждого столбца на его минимальное значение (табл. 4).

Таблица 2

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки – Москва

Table 2

Work on the delivery of goods in the direction of Helsinki-Moscow

№ работы		Характеристика работы	Стоимость, дол. США	Время, дни
1	2	Затаможивание груза в Хельсинки	180	1,0
2	3	Оформление документов и погрузка на автомобильный транспорт	200	1,0
2	4	Оформление документов и погрузка на железную дорогу	50	3,0
2	5	Оформление документов и погрузка на судно в п. Хельсинки	250	2,0
5	6	Доставки морским транспортом до п. Санкт-Петербург	600	2,0
6	7	Разгрузка в п. Санкт-Петербург	110	1,0
7	8	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург собственными силами с таможенной гарантией*	50	3,0
7	9	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург экспедитором	300	1,0
7	10	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург под гарантию таможенного перевозчика	-	2,0
7	11	Выпуск груза из п. Санкт-Петербург на железную дорогу	50	4,0
8	12	Доставка автомобильным транспортом до Москвы (СВХ)	650	1,5
9	12			
10	12	Доставка таможенным перевозчиком автомобильного транспорта до Москвы (СВХ)	850	1,5
11	12	Доставка железной дорогой из п. Санкт-Петербург в Москву (СВХ)	389	4,0
3	12	Доставка автомобильным транспортом из Хельсинки до Москвы (СВХ)	1500	4,0
4	12	Доставка железной дорогой из Хельсинки до Москвы (СВХ)	359	7,0
12	13	Таможенная очистка груза в Москве собственными силами	150	4,0
12	14	Таможенная очистка груза в Москве таможенным брокером	300	1,5
13	15	Доставка по Москве автомобильным транспортом от СВХ до терминала грузополучателя	50	0,5
14	15			

Примечание. * Для выпуска контейнера собственными силами грузовладелец должен быть владельцем склада временного хранения (СВХ) и иметь возможность оформлять гарантийный сертификат.

Таблица 3

Результаты расчета параметров для различных схем доставки

Table 3

The results of calculation of parameters for different delivery schemes

Номер маршрута	Схема доставки	Время T, дни	Стоимость C, у.е.	Приведенная стоимость C*, у.е.
1(1)	1,2,3,12,13,15	10,5	2080	37229,38
1(2)	1,2,3,12,14,15	8,0	2230	37344,22
2(3)	1,2,4,12,13,,15	15,5	1089	36303,83
2(4)	1,2,4,12,14,15	13,0	1239	36419,84
3(5)	1,2,5,6,7,8,12,13,15	15,0	2040	37253,36
3(6)	1,2,5,6,7,8,12,14,15	12,5	2190	37368,43
3(7)	1,2,5,6,7,9,12,13,15	13,0	2290	37476,09
3(8)	1,2,5,6,7,9,12,14,15	10,5	2440	37590,83
3(9)	1,2,5,6,7,10,12,13,15	14,0	2190	37389,90
3(10)	1,2,5,6,7,10,12,14,15	11,5	2340	37504,79
4(11)	1,2,5,6,7,11,12,13,15	18,5	1779	37040,46
4(12)	1,2,5,6,7,11,12,14,15	16,0	1929	37155,94

Таблица 4
Относительные значения параметров по маршруту Хельсинки – Москва

Table 4

The relative values of the parameters on the route Helsinki-Moscow

Номер маршрута	Схема доставки	Относительные значения параметров		
		T	C	C^*
1(1)	1,2,3,12,13,15	1,3125	1,9100	1,0255
1(2)	1,2,3,12,14,15	1,0000	2,0478	1,0287
2(3)	1,2,4,12,13,15	1,9375	1,0000	1,0000
2(4)	1,2,4,12,14,15	1,6250	1,1377	1,0032
3(5)	1,2,5,6,7,8,12,13,15	1,8750	1,8733	1,0262
3(6)	1,2,5,6,7,8,12,14,15	1,5625	2,0110	1,0293
3(7)	1,2,5,6,7,9,12,13,15	1,6250	2,1028	1,0323
3(8)	1,2,5,6,7,9,12,14,15	1,3125	2,2406	1,0355
3(9)	1,2,5,6,7,10,12,13,15	1,7500	2,0110	1,0299
3(10)	1,2,5,6,7,10,12,14,15	1,4375	2,1488	1,0331
4(11)	1,2,5,6,7,11,12,13,15	2,3125	1,6336	1,0203
4(12)	1,2,5,6,7,11,12,14,15	2,0000	1,7713	1,0235

Примечание. Строки – возможные действия R_j (варианты доставки грузов); столбцы – возможные состояния «природы» S_i (критерии доставки); элементы матрицы – результат при выборе j -го действия и реализации i -го состояния V_{ji} .

Для рассматриваемых параметров определим значения искомым критериев.

Критерий Лапласа. Все состояния природы $S_i (i = \overline{1, n})$ полагаются равновероятными. Вероятность q_i определяется по формуле (2) и будет равна $q_i = \frac{1}{3}$.

Для первого маршрута доставки найдем по формуле (3) среднее арифметическое значение потерь $M_1 = \frac{1}{3}(1,3125 + 1,9100 + 1,0255) = 1,4160$. Аналогичным образом определяем M_i для всех остальных маршрутов. Минимальное значение M_i будет соответствовать искомому варианту доставки.

Для **критерия Вальда** на первом этапе следует определить наибольший элемент в каждой строке. Для первого маршрута наибольшее значение 1,9100, для второго – 2,0478.

Критерий Сэвиджа основан на использовании матрицы рисков, элементы которой определяются по формуле (6), а затем из них выбирается наибольший.

Для первого варианта доставки: $r_{11} = 1,3125 - 1,00 = 0,3125$; $r_{12} = 1,9100 - 1,00 = 0,9100$; $r_{13} = 1,0255 - 1,00 = 0,0255$. Максимальное значение = 0,9100.

Для определения искомого варианта доставки по **критерию Гурвица** следует найти сумму произведений наименьшего и наибольшего значений на коэффициент доверия $\alpha = 0,5$.

Для первого варианта $0,5 \cdot 1,0255 + 0,5 \cdot 1,9100 = 1,4559$.

Результаты расчетов по всем критериям приведены в табл. 5.

Согласно полученному результату следует выбрать четвертый вариант доставки по второму маршруту, т.е. использовать прямую железнодорожную доставку с привлечением таможенного брокера для проведения таможенной очистки груза в Москве.

Таблица 5

Выбор схемы доставки по критериям принятия решения

Table 5

Selecting a delivery to decision-making criteria

Номер маршрута, j	Критерий Липса $M_j(R)$	Критерий Вальда $\max(V_{ji})$	Критерий Сэвиджа $\max(r_{ji})$	Критерий Гурвица $\alpha \min_i V_{ji} + (1 - \alpha) \max_i V_{ji}$
1(1)	1,4160	1,9100	1,9100	1,4678
1(2)	1,3588	2,0478	1,0478	1,5239
2(3)	1,3125	1,9375	0,9375	1,4688
2(4)	1,2553	1,6250	0,6250	1,3141
3(5)	1,5915	1,8750	0,8750	1,4506
3(6)	1,5343	2,0110	1,0110	1,5202
3(7)	1,5867	2,1028	1,1028	1,5676
3(8)	1,5295	2,2406	1,2406	1,6380
3(9)	1,5970	2,0110	1,0110	1,5205
3(10)	1,5398	2,1488	1,1488	1,5909
4(11)	1,6555	2,3125	1,3125	1,6664
4(12)	1,5983	2,0000	1,0000	1,5117
Минимальное значение	1,2553	1,6250	0,6250	1,3141

Список литературы

1. Беленький А.С., Левнер Е.В. Применение моделей и методов теории расписаний в задачах оптимального планирования на грузовом транспорте: Обзор // Автоматика и телемеханика. – 1989. – № 1. – С. 3-77.
2. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. – М.: Изд-во МГУ; Диас, 1997.
3. Зеваков А.М., Петров В.В. Логистика производственных и товарных запасов. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002. – 320 с.
4. Логистика / под ред. Б.А. Аникина. – М., 2000. – 352 с.
5. Лукинский В.С., Дерюгина Е.Ю. Решение многопродуктовых задач при ограничении финансовых ресурсов // Тр. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Киев: НАУ, 2005.
6. Лукинский В.С., Плетнева Н.Г. Транспортная логистика: алгоритм многокритериального выбора маршрута перевозки // Вест. ИНЖЕКОНА. – СПб.: СПбГИЭУ, 2005. – Вып. 4(5). – С. 222-230.

Сведения об авторах: Лебедева Надежда Георгиевна;
Митричева Светлана Николаевна.

УДК 621.89:621.431-729.3

А.В. Надежкин, В.Н. Даничкин

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

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ И ЭКОНОМИЧНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ СУДОВЫХ КРЕЙЦКОПФНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Разработана методология многокритериальной векторной оптимизации управления технической эксплуатацией цилиндропоршневой группы крейцкопфных судовых малооборотных дизелей путем отыскания эффективных решений на множестве Парето.

Ключевые слова: судовые крейцкопфные дизели, техническая эксплуатация, изнашивание, цилиндровое масло, оптимизация.

A.V. Nadezkin, V.N. Danichkin

CONTROL OF SAFE AND ECONOMIC TECHNICAL OPERATION TSILINDRO-PISTON GROUPS SHIP CROSSHEAD DIESEL ENGINES

The methodology of math criteria vector optimization operation by technical operation of cylinder-piston group crosshead ship low speed diesel engines by search of effective decisions on set of the Pareto is developed.

Key words: ship crosshead diesel engines, technical operation, wear process, cylinder oil, optimization.

При эксплуатации судовых крейцкопфных малооборотных дизелей (МОД) основные дефекты, отказы и эксплуатационные затраты приходятся на детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ) [1]. Существующие в настоящее время схемы управления по состояниям основаны на вероятностно-статическом анализе надежности. Постановка задачи достижения оптимального управления строится на предположении, что возможно осуществить оптимальное с точки зрения экономичности и надежности в работе управление. Соответствующее подмножество состояний назовем «оптимальным к управлению».

Предпочтительным является решение задачи оптимизации технической эксплуатации СДВС методом многокритериальной оптимизации как для процесса технического обслуживания (ТО), так и для процесса минимизации затрат при технической эксплуатации.

В реальных задачах выбора наиболее предпочтительного решения, возникающих на практике, как правило, присутствуют несколько критериев оптимальности. Наиболее распространенная задача, которую решают в эксплуатации, – это поиск технических решений, которые бы минимизировали затраты на ТО, сменно-запасные части (СЗЧ) и ГСМ при одновременном увеличении ресурсных показателей СДВС за счет снижения скорости изнашивания основных деталей.

Задачи выбора некоторого решения из множества допустимых решений с учетом нескольких критериев оптимальности получили название многокритериальной задачи оптимизации, которая впервые была сформулирована итальянским экономистом В. Парето [2, 3].

Под многокритериальной задачей мы понимаем не собственно вербальное описание задачи, а ее модель, а именно: «многокритериальная задача – математическая модель принятия оптимального решения по нескольким критериям. Эти критерии отражают оценки различных качеств ОД, по поводу которых принимается решение» [2, 3].

Формально многокритериальная задача как модель задается в виде

$$\begin{cases} F(x) \rightarrow \max \\ x \in D \end{cases}, \quad (1)$$

где D – множество допустимых решений; $F(x)$ – векторная функция векторного аргумента x , которую можно представить как $F(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}$, где $f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)$ – скалярные функции векторного аргумента x , каждая из которых является математическим выражением одного критерия оптимальности. Так как в данной модели используется векторная целевая функция, ее зачастую называют задачей векторной оптимизации. Очевидно, что задача (1) не принадлежит классу задач математического программирования, так как модели этого класса задач содержат всегда только одну целевую функцию векторного аргумента, а здесь представлен их набор. Иначе задачу (1) можно переписать в виде

$$\begin{cases} f_1(x) \rightarrow \max \\ f_2(x) \rightarrow \max \\ \dots \\ f_k(x) \rightarrow \max \\ x \in D \end{cases}. \quad (2)$$

Сущность поставленной задачи состоит в нахождении такого ее допустимого решения, т.е. $\{x \in D\}$, которое в том или ином смысле максимизирует (минимизирует) значения всех целевых функций $f_i(x)$, $i = 1, k$. Существование решения, буквально максимизирующего все целевые функции, является редким исключением.

Отсюда следует, что принципиальным моментом при решении такого рода задач является предварительная договоренность, а что считать самым предпочтительным решением, т.е. надо договориться об используемом принципе оптимальности. Используемый в задачах математического программирования принцип оптимальности – «хорошо то, что доставляет наибольшее (наименьшее) значение имеющемуся единственному критерию оптимальности» – в многокритериальных задачах очевидно «не работает».

Задача векторной оптимизации в общем случае не имеет строго математического решения. Для получения того или иного ее решения необходимо использовать дополнительную субъективную информацию специалиста в данной предметной области, которого принято называть *лицом, принимающим решение* (ЛПР), в английском языке – decision maker. Это означает, что при решении задачи специалистами с привлечением различных источников информации, скорей всего, будут получены различные ответы.

Задачи векторной оптимизации в настоящее время принято рассматривать в рамках теории принятия решений, основной особенностью задач которой является наличие неопределенности. Эта неопределенность не может быть исключена с помощью различных приемов моделирования и объективных расчетов. В многокритериальных задачах неопределенность состоит в том, что неизвестно, какому критерию отдать предпочтение и в какой степени. Для устранения этой неопределенности необходимо, во-первых, сформулировать специальный принцип оптимальности, а также привлечь дополнительную субъективную информацию ЛПР, основанную на его опыте и интуиции.

Рассмотрим общие подходы к решаемой задаче оптимизации технической эксплуатации СДВС по результатам трибомониторинга. Пусть решается задача (1) и есть $x', x'' \in D$ – допустимые решения данной задачи. Говорят, что x' – *более* предпочтительное решение по сравнению с x'' , если $f_i(x') \geq f_i(x'') \forall i = 1, k$. Другими словами, будем считать, что решение x' более предпочтительно по сравнению с решением x'' , если оно не хуже x'' по всем рассмат-

риваемым критериям, причем среди всех критериев есть хотя бы один критерий с номером i_0 , для которого решение x' лучше, чем x'' .

Некоторое решение $x' \in D$ задачи (1) называется эффективным решением данной задачи, если для него не существует более предпочтительных решений. Иначе можно сказать, что эффективным решением называется такое решение x' , которое нельзя улучшить по какому-либо из критериев, не ухудшив при этом значения других критериев.

Множество эффективных решений называется множеством Парето и обозначается $P(D)$. Очевидно, множество Парето является подмножеством множества допустимых решений, которое, в свою очередь, принадлежит n -мерному векторному пространству, т.е. $P(D) \subset D \subset E^n$.

Вектор значений критериев, вычисленных для эффективного решения $F(x')$, называется эффективной оценкой. Совокупность всех эффективных оценок, т.е. образ множества Парето в пространстве критериев, называется множеством эффективных оценок и, как правило, обозначается как $F(P)$. Множество эффективных оценок является подмножеством образа множества допустимых решений в пространстве критериев $F(D)$, которое, в свою очередь, является подмножеством k -мерного векторного пространства, т.е. $F(P) \subset F(D) \subset E^k$. Можно сказать, что множеству Парето P , принадлежащему множеству допустимых решений D , с помощью векторной функции F сопоставляется множество эффективных оценок $F(P)$.

Субоптимальное решение (по критерию $f_i(x)$) – оптимальное решение многокритериальной задачи, найденное по какому-либо одному критерию (i -му) без учета остальных критериев.

Принцип Парето: смысл введенного понятия эффективного решения состоит в том, что оптимальное решение следует искать только среди элементов множества Парето – множества $P(D)$. В противном случае всегда найдется точка x , оказывающаяся более предпочтительной независимо от расстановки приоритетов и относительно важности отдельных частных критериев.

Принцип Парето позволяет сузить класс возможных претендентов на окончательное решение и исключить из рассмотрения заведомо не способные на конкуренцию варианты. А окончательный выбор осуществляется на основе дополнительной информации о предпочтении лица, принимающего решения.

Таким образом, эффективное управление технической эксплуатацией деталей ЦПГ крейцкопфных МОД, представленной в целенаправленном виде, будет отображено двумя взаимоисключающими критериями: снижением затрат на цилиндрическое масло f_{Σ} и минимизацией скорости изнашивания деталей ЦПГ f_{II} и, как следствие, уменьшением эксплуатационных расходов на СЗЧ, ТО.

Функции f_{Σ} , f_{II} – неотрицательные, выпуклые, монотонно возрастающие функции, которые могут быть аппроксимированы уравнениями любого вида, в том числе и на отдельных участках.

Данные технической эксплуатации деталей ЦПГ крейцкопфных МОД, представленные ведущим дизелестроительным концерном MAN Diesel [4] (рис. 1, 2), дают возможность осуществить Парето-оптимальное управление на практике. Аналогичные результаты можно получить и в условиях рядовой эксплуатации конкретной судовой компании.

Из представленных результатов следует, минимум функции f_{Σ} достигается там, где величина скорости изнашивания достаточно высокая, и наоборот. Кроме того, здесь очевидна только взаимосвязь между скоростью изнашивания и затратами на СЗЧ и ТО. Это дает возможность провести конструирование пространства состояний ОД.

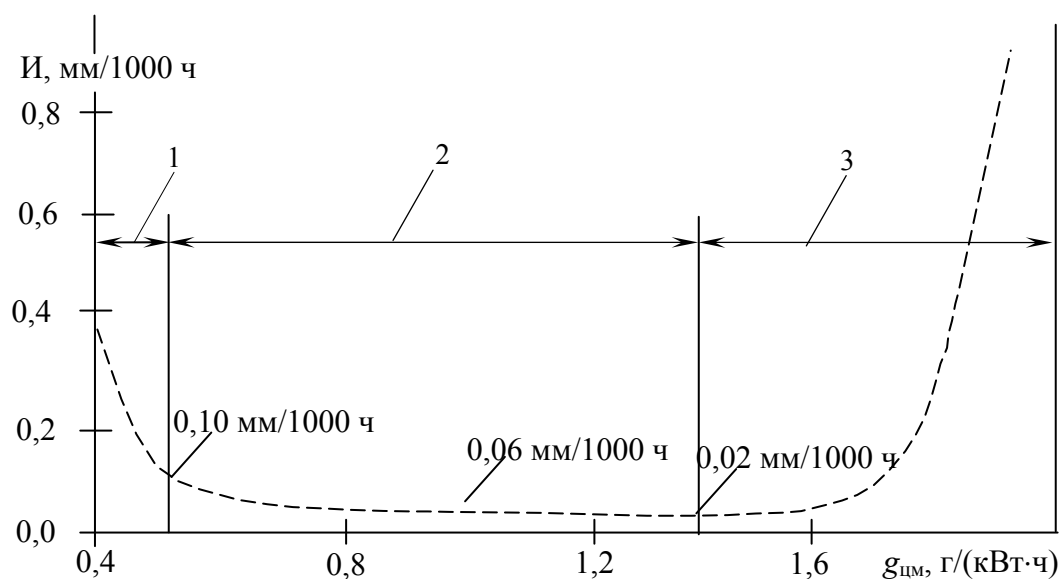


Рис. 1. Износ цилиндровой втулки: 1 – высокий износ из-за масляного голодания; 2 – нормальный износ; 3 – высокий износ из-за полировки зеркала цилиндровой втулки
 Fig. 1. Average cylinder wears versus lube oil dosage

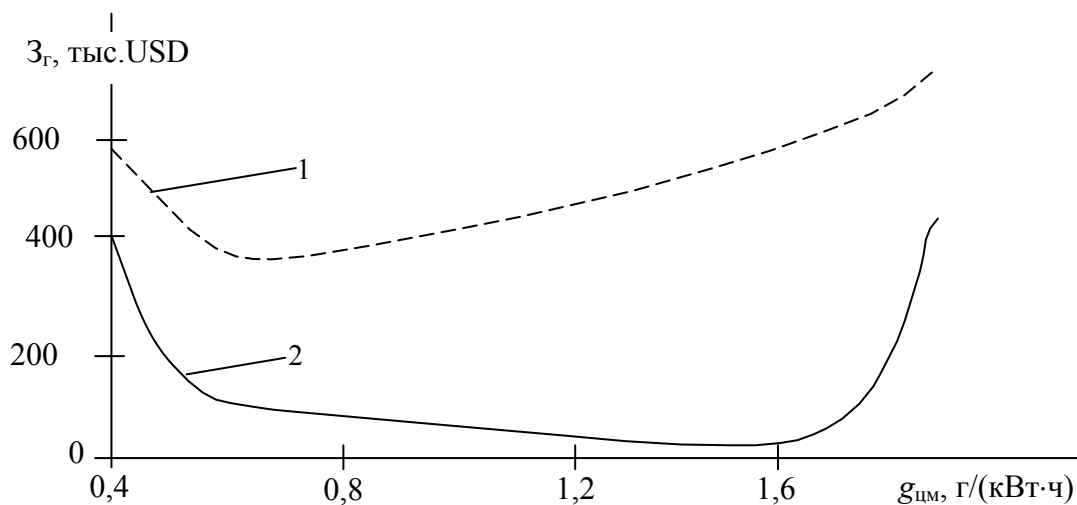


Рис. 2. Эксплуатационные затраты на детали ЦПГ крейцкопфных МОД
 Fig. 2. Annual (6.500 hours) running costs of a low speed crosshead diesel engine

Из изложенного следует, что одновременная минимизация критериев $f_{\text{э}}$, $f_{\text{и}}$ невозможна, так как при этом возникают взаимоисключающие требования. Из чего следует, что задача ресурсосберегающего экономически эффективного управления технической эксплуатацией деталей ЦПГ крейцкопфных МОД классифицируется как задача многокритериальной векторной оптимизации. Для её решения необходимо формализовать целевые функции.

Обработка данных технической эксплуатации деталей ЦПГ крейцкопфных МОД (см. рис. 1, 2) позволила получить целевые функция $f_{\text{и}}(И)$ $f_{\text{э}}(g_e^{\text{IM}})$ в виде линейных уравнений:

$$f_{II}(I) = 101,06I + 0,0947; \quad f_{\vartheta}(g_e^{II}) = 355,52 g_e^{II} + 6,9137, \quad (3)$$

где I – скорость изнашивания ЦВ в верхнем поясе, мм/1000 ч, а g_e^{II} – удельный эффективный расход цилиндрического масла, г/(кВт·ч). Квадраты коэффициентов множественной корреляции R^2 составили соответственно 0,988 и 0,9989, что свидетельствует о высоком уровне достоверности полученных математических зависимостей.

Дополнительно следует также установить взаимосвязь между величинами I и g_e^{II} . Она описывается полиномом шестой степени следующего вида:

$$I = 0,5671 g_e^{II} \wedge 6 - 3,96 g_e^{II} \wedge 5 + 11,755 g_e^{II} \wedge 4 - 19,049 g_e^{II} \wedge 3 + 17,721 g_e^{II} \wedge 2 - 8,9448 g_e^{II} + 1,9639. \quad (4)$$

Квадрат коэффициента множественной корреляции $R^2 = 0,9944$, что свидетельствует о хорошей сходимости расчетных и экспериментальных данных.

Таким образом, формализация задачи многокритериальной векторной оптимизации управления технической эксплуатацией деталей ЦПГ крейцкопфных МОД может быть записана в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} f_{\vartheta 1}(I) &\Rightarrow \min; \\ f_{\vartheta 2}(g_e^{II}) &\Rightarrow \min; \\ I &= F(g_e^{II}); \\ 0,02 &< I < 0,12; \\ 0,4 &< g_e^{II} < 0,18. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Записанная задача векторной оптимизации имеет равнозначные критерии, так как отсутствует приоритет в каком-либо критерии. Методы решения таких задач основаны на нормализации критериев и принципе гарантированного результата [2, 3].

Нормализация критериев предполагает сведение их к безразмерному виду с помощью специального преобразования. Это преобразование должно удовлетворять, по крайней мере, следующим условиям:

- иметь общее начало отсчета и один порядок изменения значений на всем множестве допустимых решений;
- быть монотонным преобразованием, так как должно сохранять отношение предпочтения на множестве D , т.е. не менять множество Парето;
- учитывать необходимость минимизации отклонения от оптимальных значений по каждой целевой функции.

Для получения такого рода нормализованных критериев $\omega_i(x)$ в качестве таких преобразований $W_i(f_i(x))$ используют следующие:

$$W_i(f_i(x)) = \omega_i(x) = \begin{cases} \left[\frac{f_i^{\max} - f_i(x)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right]^{\mu} \in [0,1] \\ \left[\frac{f_i^{\max} - f_i(x)}{f_i^{\max}} \right]^{\mu} \in [0,1] \end{cases},$$

где $\mu = 1, 2$, как правило, полагают $\mu = 1$; f_i^{\max} , f_i^{\min} – наибольшее и наименьшее значения i -го критерия (наибольшая и наименьшая эффективная оценка) соответственно. Причем $\omega_i(x) \rightarrow \min$, т.е. минимизируется разность между искомым решением и субоптимальным.

Выполним указанную нормализацию для наших критериев (5):

$$W(f_{\Sigma 1}(I)) = \omega(I) = 120946,9 - (101,06I + 0,0947) / (120946,9 - 20000) = 1,2 - 10,05343I. \tag{6}$$

$$W(f_{\Sigma 2}(g_e^{IM})) = \omega(g_e^{IM}) = 683815,1 - (355,52g_e^{IM} + 6,9137) / (683815,1 - 176139,1) = 1,285714 - 0,714286 * g_e^{IM}. \tag{7}$$

Выполненные расчеты критериев в наилучшей и наихудшей точках дают после нормализации значения, равные соответственно 1 и 0. Таким образом, мы получили приведенную область множества допустимых решений задачи управления технической эксплуатацией деталей ЦПГ крейскопфных МОД.

Естественно, следует считать наилучшим такое решение, при котором величина отклонений от оптимальных значений по каждой целевой функции $\Delta f_i(x) = f_i^{\max} - f_i(x) \forall_i = 1, k$ достигает своего минимального значения, т.е. для преобразованных функций – такое решение, при котором $\omega_i \Rightarrow \max$. Но наименьшие значения величин $\Delta f_i(x)$ или наибольшие ω_i , как правило, не достигаются одновременно ни для какого решения из D (т.е. нельзя подобрать $x \in D$, чтобы $f_i \rightarrow \min$ или $\omega_i \Rightarrow \max \forall_i = 1, k$).

Поэтому нужны какие-то дополнительные процедуры для отыскания какого-то единственного представителя из множества Парето. Существуют различные способы решения подобных задач: метод ограничений, уступок, свертывания пространства и т.д. Специфика решения таких задач состоит в том, что сам выбор такой процедуры метода нахождения окончательного решения во многом основан на предположениях ЛПР, т.е. на субъективной информации. Поскольку, как отмечалось ранее, в исходной постановке задачи у нас отсутствует приоритет на какой-либо из двух критериев, то в такой ситуации эффективным и продуктивным является метод решения, предложенный профессором Ю.К. Машуниным в работе [3], дающий гарантированный результат задачи многокритериальной векторной оптимизации.

Суть метода заключается в отыскании такого эффективного решения, для которого взвешенные относительные потери (потери в смысле разности возможного наилучшего значения целевой функции и значения этой функции для данного – компромиссного решения) минимальны и равны между собой.

Введем далее для всей области определения параметров функцию

$$\lambda_k(x) = \min(\omega_k(x)) \Big|_{k=1,2}, \tag{8}$$

которую максимизируем по $x \in D$, в результате получим максиминную задачу с нормализованными критериями:

$$\lambda^0 = \max_{x \in D} \min_{k \in D} \lambda_k(x). \tag{9}$$

Записанная выше задача (9) в соответствии с разработанным в [3] алгоритмом преобразуется в λ -задачу вида:

$$\lambda^0 = \max \lambda. \quad (10)$$

λ -задача – это стандартная задача выпуклого программирования, и для ее решения используются стандартные алгоритмы оптимизации.

В результате решения λ -задачи получаем точку оптимума $g_e^{\text{ЦМ}} = 0.908599$ г/(кВт·ч). Она является максимальным нижним уровнем для всех относительных оценок $\lambda_k(x^0) = 0.636715$, гарантированным результатом, и в соответствии с [3] полученное значение оптимально по Парето.

Техническая политика в каждой конкретной судоходной компании определяется её управляющим органом – ЛПР. При этом может быть сделан акцент на задачу максимальной экономии средств на техническую эксплуатацию СЭУ, либо, наоборот, во главу угла будет поставлено требование обеспечения максимальной надежности в работе СДВС, т.е. минимизация скорости изнашивания. Рассмотрим вопрос, как в этом случае на множестве Парето распределяются оптимальные решения для судоходной компании. Для этой цели воспользуемся методологией метода ограничений [2].

Метод ограничений предназначен для отыскания так называемого компромиссного решения путем введения весовых коэффициентов для каждого из критериев. Весовые коэффициенты выбираются ЛПР в зависимости от того, какие стратегические цели преследует судоходная компания при технической эксплуатации СЭУ.

Метод ограничений основан на теореме: если x^0 – эффективное решение для данного вектора предпочтений ρ , то ему соответствует наименьшее значение δ , при котором система равенств

$$\rho_i \omega_i(x_0) = \delta \text{ выполняется для всех } i = 1, k. \quad (11)$$

При этом под вектором предпочтений $\rho = \{\rho\}$ понимается некоторый вектор весовых коэффициентов. Как правило, на него накладываются ограничения $\rho_i \geq 0, \sum \rho_i = 1$. С помощью весовых коэффициентов задаются определенные ЛПР предпочтения целевых критериев друг перед другом, выраженные в количественной шкале.

Тогда в качестве решения задачи можно принять компромиссное решение с заданным вектором предпочтений. Очевидно, что компромиссное решение – это такое эффективное решение x^0 , которое обеспечивает одинаковые минимальные значения параметра ρ , при котором система (5) совместна.

Таким образом, компромиссное решение может быть найдено как единственное решение системы неравенств вида

$$\omega_i(x_0) \leq \delta \quad \forall i = 1, k$$

для минимального значения параметра δ , при котором эта система совместна.

Как уже говорилось, метод отыскания эффективного решения, основанный на этом положении, называется методом ограничений. Этот метод предполагает необходимость решения вспомогательной минимаксной задачи:

$$\begin{cases} \max_j \rho_i \omega_i (x) \rightarrow \min, \\ x \in D. \end{cases} \quad (12)$$

Рассмотрим решение сформулированной выше задачи (12) для различных комбинаций весовых коэффициентов в векторе предпочтений. Подобная задача является задачей нелинейного программирования, для которой разработано большое количество численных методов. Наиболее эффективно подобного рода задачи решаются в программном комплексе МАТЕМАТЕСА. В таблице сведены в месте все варианты рассматриваемой задачи оптимизации технической эксплуатации деталей ЦПГ крейцкопфных МОД:

Значения весовых коэффициентов, %		Удельный эффективный расход ЦМ, г/(кВт·ч)	Значение оптимального по Парето критерия	Расходы на ЦМ, тыс. USD	Расходы на СЗЧ и ТО, тыс. USD	Скорость изнашивания, мм/1000 ч
Расходы на ЦМ	Затраты на СЗЧ и ТО					
80	20	0,647	0,722	243,1	88,1	0,089
50	50	0,824	0,645	308	73,3	0,0694
20	80	1,606	0,815	580,1	19,6	0,02
Равнозначные критерии		0,909	0,637	337,8	65,5	0,062

Полученные результаты необходимы ЛПР для принятия грамотных научно обоснованных решений при планировании деятельности судоходной компании.

Список литературы

1. Щукин Г.С., Кучеров В.Н. Эксплуатация цилиндропоршневой группы судовых дизелей. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1985. – 60 с.
2. Машунин Ю.К., Левицкий В.Л. Методы векторной оптимизации в анализе и синтезе технических систем. – Владивосток: ДВГАЭУ, 1996. – 131 с.
3. Машунин Ю.К. Информационные технологии моделирования технических систем на базе методов векторной оптимизации // Информационные технологии. – 2001. – № 9. – С. 123-141.
4. Innovative piston rings promise improved cylinder running conditions. – Marine Propulsion & auxiliary machinery. – Vol. 20. – Issue 2. – 2007. – 65 p.

Сведения об авторах: Надежкин Андрей Вениаминович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: nadezkin@mail.ru;

Даничкин Виталий Николаевич, старший преподаватель, e-mail: nadezkin@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664

В.Д. Богданов, Ф.Б. Волотка

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ГИДРОБИОНТОВ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ СУБСТРАТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PLEUROTUS OSTREATUS*)

До сих пор существует проблема использования отходов рыбоперерабатывающих предприятий. В имеющихся научных публикациях известны статьи по использованию гидробионтов в качестве сред для культивирования микроорганизмов. Данные об использовании рыбных отходов в качестве основы субстрата для выращивания грибов отсутствуют.

Ключевые слова: *рыбные отходы, субстрат, мицелий, грибы, плодовые тела, технология, продукты.*

V.D. Bogdanov, F. B. Volotka

USE OF FISH WASTE AS THE BASIS FOR A SUBSTRATE FOR MUSHROOM CULTIVATION OYSTER MUSHROOM

Until now, there is the problem of waste fish processing enterprises. The available scientific literature known article on the use of aquatic organisms as a media for the cultivation of microorganisms. Data on the use of fish waste as the basis for a substrate for mushroom cultivation are missing.

Key words: *fish waste, substrate mycelium, mushrooms, fruiting bodies, technology, products.*

В настоящее время актуальным является разработка ресурсосберегающих биотехнологических методов, повышающих эффективность процессов переработки сельхозсырья для нужд пищевой промышленности [1].

Среди имеющихся научных публикаций известны статьи по использованию гидробионтов в качестве сред для культивирования микроорганизмов [2]. Данные об использовании отходов гидробионтов в качестве основы субстрата для выращивания грибов отсутствуют.

До сих пор существует проблема использования отходов рыбоперерабатывающих предприятий [3]. Рыбная отрасль является поставщиком широкого ассортимента пищевой и непищевой продукции. К непищевой продукции относятся кормовая мука, гидролизаты, силосы, ветеринарный и технический жир и др. [1, 4, 5, 6, 7, 8].

В новых экономических условиях в связи с изменением сырьевой базы и снижением производственных мощностей предприятий рыбной отрасли возросла роль рентабельных, рациональных технологий и технологических решений, применяемых при переработке рыбного сырья. В связи с чем актуальным является разработка и внедрение новой технологии по использованию рыбных отходов в качестве питательных сред для выращивания мицелия съедобных грибов совместно с вторичными сырьевыми ресурсами (ВСР) пищевых производств (отходами зерноперерабатывающего, сельскохозяйственного, пивоваренного производств и т.д.).

В связи с этим целью проведённых исследований являлось изучение влияния отходов гидробионтов на рост и развитие мицелия и грибных плодовых тел. В работе использовали рыбные отходы от разделки минтая и наваги и других гидробионтов.

В качестве гриба для проведения исследований была взята вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) – на сегодняшний день самый доступный из всех грибов для искусственного культивирования. Выращивание вешенки не требует значительных капиталовложений, и по технологическим особенностям ее производство менее трудозатратно. Наряду с шампиньонами этот гриб повсюду выращивается в промышленных масштабах и отличается некоторыми преимуществами по сравнению с другими видами: высокая урожайность и короткий цикл развития плодового тела.

Компоненты питательной среды приготовлены на основе пивного сусла и агар-агара. Неохмеленное сусло экстрактивностью 12 % разбавляли проточной водой до концентрации сахаров (экстракта) сусла 4 % с учетом поправочного коэффициента на температуру. На 1 л сусла брали 20 г агар-агара. Сусло наливали в металлическую ёмкость объемом 3 дм³, устанавливали на плиту и на медленном огне постепенно добавляли агар-агар, помешивая ложкой до полного растворения. Затем получившуюся желеобразную массу разливали по пробиркам (около 40 % от объёма пробирки). Пробирки с питательными средами стерилизовали в автоклаве в течение 45 мин при давлении 1,1 кгс/см² и температуре 120 °С. После застывания среды в пробирки в стерильных условиях вносили маточную культуру (мицелий гриба вешенки).

Для оптимального роста и развития мицелия вешенки пробирки поместили в тёмное помещение при температуре воздуха 24 °С и влажности воздуха 75-90 %.

В качестве субстрата для выращивания вешенки использовали измельченные до 2-8 см растительные компоненты: пшеничную солому, отходы пивоваренного производства (пивную дробину), а также рыбные отходы от разделки минтая и наваги (головы, кости, плавники, хвосты). Рыбные отходы получали при разделке мороженого минтая и наваги ГОСТ 1168-86 (Рыба морожена. Технические условия). Рыбные отходы измельчали на мясорубке с диаметром отверстий 3 мм, добавляли в субстраты.

В работе применяли пивную дробину на основе солода пивоваренного ячменного светлого производства ООО «Алейская пивоваренная компания», соответствующего требованиям нормативно-технической документации. Данный вид сырья, поступающий на завод Дальневосточной пивоваренной компании, используют в производстве светлого непастеризованного, нефильтрованного пива согласно ГОСТ Р 51174-98. Применение пивной дробины в качестве компонента субстрата для выращивания съедобного гриба вешенки обыкновенной описывается в работах А.С. Мушинского и И.А. Быковой [9].

Значение рН субстратов для роста вешенки варьировалось в пределах 5-6. Субстраты были увлажнены до уровня 70-75 %. Приготовленные субстраты набивали в банки объемом 0,5 л, плотно закрывали двойным слоем фольги и крафт-бумагой, перевязывали тонкой верёвкой. Помещали в автоклав и стерилизовали в течение 45 мин при давлении 1,1 кгс/см² и температуре 120 °С. После охлаждения субстрата до температуры 20 °С приступали к внесению грибницы из пробирок с питательной средой. Осуществляли это в стерильных условиях, в инокуляционном боксе, который оборудован бактерицидным и кварцевым облучателями. Норма внесения посевного мицелия — 3-5 %. После переноса грибницы на субстрат банки плотно закрывали крышками из фольги и крафт-бумаги. После посева всего маточного инокулюма засеянные емкости слегка встряхивали, для равномерного перемешивания маточного инокулюма с субстратом.

Состав субстратов в процентном соотношении компонентов приведен в табл. 1.

Мицелий (грибница) – вегетативное тело грибов и актиномицетов (некоторые исследователи, подчёркивая бактериальную природу актиномицетов, называют их аналог гриб-

ного мицелия тонкими нитями), состоящее из тонких (1,5-10 мкм толщиной у грибов и 0,5-1,0 мкм у актиномицетов) разветвлённых нитей, называемых гифами. Развивается в субстрате и на его поверхности. Длина мицелия грибов в естественных условиях может достигать 35 км на 1 г.

Таблица 1

Состав субстратов, %

Table 1

The composition of substrates, %

Компоненты	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Дробина	10	20	40	30	–
Солома	85	65	30	40	100
Отходы минтая	5	15	30	40	–

Рост мицелия происходит апикально (только в вершине). При этом у грибов различают неклеточный (*ценотический*) мицелий, лишенный межклеточных перегородок и представляющий собой огромную клетку с большим количеством ядер, характерен для зигомицетов, а также клеточный (*септированный*) – с наличием межклеточных перегородок (обозначаются термином *септы*) и как одного, так и многих ядер в отдельной клетке. Мицелий актиномицетов не имеет ядер и может как распадаться на отдельные клетки, так и оставаться единым.

Проведённый опыт по выращиванию мицелия грибов вешенки обыкновенной на субстрате с использованием пивной дробины, соломы и добавленных отходов от разделки минтая были смешаны в различных процентных соотношениях и помещены в стеклянные банки ёмкостью 0,5 л. В качестве контрольного образца использовали солому. Описание полученного мицелия показано в табл. 2.

Таблица 2

Описание мицелия

Table 2

Description of the mycelium

Номер образца	Кол-во отходов, %	Цвет	Запах	Примечание
1	5	Белый	Сливочный приятный	После опускания верхнего покрова мицелия появился ярко выраженный грибной запах, мицелий плотный
2	15	Белый	Сливочный, кремовый	После опускания верхнего покрова мицелия появился грибной запах
3	30	Белый	Кисловатый запах	Присутствуют капли желтоватого экссудата («грибная моча»)
4	40	Серый	Кислый, с солёной отдушкой	Присутствуют капли желтоватого экссудата («грибная моча»), на образце слизь, в нижней части субстрата мицелий не пророс
5 контр.	0	Белый	Сливочный, кремовый	Мицелий плотный, после опускания покрова мицелия появился еле заметный грибной запах

Наблюдения за ростом мицелия на субстрате показали, что на образцах № 3, 4 дробина в отдельных участках мицелия потемнела, появились капли желтоватого экссудата

(«грибная моча») и ощущается кислый запах. При дальнейшем окислении субстрата мицелий был забракован. На образце № 1 покров мицелия был выше, чем на контрольном образце № 5. Степень зарастания субстрата, цвет, запах на образце № 1 лучше, чем у других образцов, что показывает наиболее оптимальное соотношение компонентов. На образце № 2 покров мицелия немного меньше, чем на контрольном образце.

Отдельно был проведён опыт по выращиванию мицелия грибов вешенки обыкновенной на субстрате с использованием пивной дробины и добавленных к ней отходов от разделки мидий и креветок, которые были смешаны в различных процентных соотношениях и помещены в стеклянные банки ёмкостью 0,5 л. В качестве контрольного образца использовали зерно пшеницы. Описание полученного мицелия показано в табл. 3.

Таблица 3

Описание мицелия

Table 3

Description of the mycelium

Номер образца	Кол-во отходов, %	Цвет	Запах	Примечание
1	5	Белый	Сливочный приятный	После опускания верхнего покрова мицелия появился ярко выраженный грибной запах, мицелий плотный
2	10	Белый	Сливочный, кремовый	После опускания верхнего покрова мицелия появился грибной запах
3	20	Белый	Сливочный, слабо уловимый кислый запах	Густой покров мицелия без жёлтых вкраплений
4	30	Белый	Кисловатый запах	Присутствуют капли желтоватого экссудата («грибная моча»)
5	40	Белый	Сливочный, с отдушкой солёной сушёной рыбы	Присутствуют капли желтоватого экссудата («грибная моча»), мицелий плотный
6	50	Белый	Морской	Присутствуют капли желтоватого экссудата и ощущается неприятный запах, зерно ослизнено, в нижней части субстрата мицелий не пророс
7 контр.	0	Белый	Сливочный, кремовый	Мицелий плотный, после опускания покрова мицелия появился еле заметный грибной запах

Наблюдения за ростом мицелия на субстрате показали, что на образцах № 4, 5, 6 зерно (дробина) в отдельных участках мицелия потемнело, появились капли желтоватого экссудата («грибная моча») (рис. 1) и ощущается кисловатый запах. При сильном окислении зернового носителя (резкий неприятный запах, зерно ослизнено, почти оголено и легко давится пальцами) мицелий был забракован. Степень зарастания зерна, цвет, запах, наличие участков, пораженных различными заболеваниями – по этим основным параметрам определяется пригодность мицелия. На образцах № 1 и 2 скорость роста и покров мицелия был выше, чем на контрольном образце № 7. Данные субстраты можно использовать для выращивания мицелия и пересадки на другие виды субстратов (солома, опилки) и дальнейшего выращивания грибных плодовых тел.

Мицелий полностью обрастает субстрат за 12-15 дней. После того, как весь субстрат освоен мицелием вешенки, для инициации плодообразования шокового штамма воздейст-

вовали холодным шоком, для чего емкости поместили в холодильник с температурой воздуха 4-5 °С. По истечении 4 сут температуру повышали до 16 °С. В период плодоношения в помещении поддерживали температуру воздуха на уровне 15-18 °С, относительной влажности воздуха 80-90 %. Помещение ежедневно проветривалось 2 раза в день. Для чего периодически распыляли из садового пульверизатора проточную воду. Первые грибные тела появились через 29 дней после инокуляции (рис. 2).



Рис. 1. Капли желтоватого экссудата
Fig. 1. Drop yellow exudate



Рис. 2. Плодовые тела вешенки
Fig. 2. Fruit bodies of Pleurotus

Полученные плодовые тела вешенки исследовали на содержание макроэлементов Ca, K, Mg, Na по ГОСТ 26929.

Для исследований макроэлементов готовили 5 образцов, характеристика которых приведена ниже:

- № 1 – минтай (фаршевая смесь);
- № 2 – грибное плодовое тело вешенки с добавлением в субстрат 5 % отходов минтая;
- № 3 – грибное плодовое тело вешенки (контроль).

Результаты определения макроэлементов Ca, K, Mg, Na в испытуемых образцах отображены в табл. 4.

Содержание макроэлементов: Ca, K, Mg, Na

Таблица 4

The content of macroelements: Ca, K, Mg, Na

Table 4

Содержание макроэлементов, мг/кг	Номер исследуемого образца		
	1	2	3
Ca	946	988	149
K	1739	3916	8921
Na	1412	2184	1537
Mg	205	378	768

Как следует из данных табл. 4, содержание Ca в образце № 2 увеличилось в 6,6 раз и в 1,4 раза увеличилось содержание Na по сравнению с контрольным образцом. Но при этом сократилось содержание K в 2,3 раза и содержание Mg в 2 раза. Таким образом, общее содержание макроэлементов в образце № 2 увеличилось в 1,9 раз.

Общие выводы

1. Полученные плодовые тела вешенки исследовали на содержание макроэлементов Са, К, Mg, Na по ГОСТ 26929. Общее содержание макроэлементов в образце № 2 (грибное плодовое тело вешенки с добавлением в субстрат 5 % отходов минтая) увеличилось в 1,9 раз.

2. Наблюдения за ростом мицелия на субстрате показали, что при добавлении в субстрат от 20 до 50 % отходов на отдельных участках мицелий потемнел, появились капли желтоватого экссудата («грибная моча») (см. рис. 1) и ощущается кисловатый запах, что неблагоприятно влияет на рост и развитие мицелия. На образцах субстрата, в который добавляли от 5 до 10 % отходов, скорость роста и покров мицелия был выше, чем на контрольном образце и образцах с большим добавлением отходов. Данные субстраты можно использовать для выращивания мицелия и пересадки на другие виды субстратов (солома, опилки) и дальнейшего выращивания грибных плодовых тел.

3. Внедрение технологии выращивания грибов с отходами гидробионтов в качестве компонента субстрата позволит увеличить ассортимент вырабатываемой продукции, повысит культуру производства.

4. Применение отходов гидробионтов в качестве компонента субстрата для выращивания грибов открывает широкую перспективу для решения проблем охраны окружающей среды.

Список литературы

1. Палагина М.В., Волошина О.В., Набокова А.А., Приходько Ю.В., Ростовская М.Ф. Продукты функционального действия на основе вторичного сырья рыбопереработки // Рыб. пром-сть. – 2005. – № 1.

2. Нгуен Хай Иен, Новикова М.В., Калашникова Е.А., Миронова О.Ю. Белковые гидролизаты в качестве компонентов питательных сред для выращивания мицелия съедобных грибов // Рыб. пром-сть. – 2010. – № 2.

3. «SAKHALIN.RU: Сахалин и Курилы»: материалы Интернет-ресурса (<http://www.sakhalin.ru>).

4. Боева Н.П. Состояние и перспективы развития производства кормовой муки из гидробионтов // Рыб. пром-сть. – 2004. – № 3.

5. Roels O. A. Recovery of protein hydrolysate from fish and fish products. Patent of USA. 1974. № 3836686.

6. Белковые продукты из отходов переработки: ближайшие планы и долгосрочные перспективы // Рыб. пром-сть. – 2006. – № 4.

7. Мотылева Т.А. Разработка технологии утилизации жировых отходов рыбоперерабатывающих производств в смазочный компонент бурового раствора: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Мурманск, 2006. – 21с.

8. Кисиль Н.Н., Тер-Саркисян Э.М. Переработка рыбных отходов // Рыб. пром-сть. – 2007. – № 2.

9. Мушинский А.С., Быкова И.А. Применение пивной дробины в качестве компонента субстрата для выращивания базидиального гриба вешенка обыкновенная // Вест. ОГУ. – 2002. – № 3. – С. 100-103.

10. Субстрат для выращивания съедобного гриба вешенки обыкновенной: пат. Рос. Федерации. – № 2204236, 2003, № 2222179, 2004.

Сведения об авторах: Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор проректор по научной работе, e-mail: pro_ur@dalrybvvtuz.ru;
Волотка Фёдор Борисович, аспирант, e-mail: volotka@bk.ru.

УДК 637.5+664.0

Е.В. Григорьева

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

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЫНКА КОНСЕРВОВ ИЗ МЯСА ПТИЦЫ Г. ВЛАДИВОСТОКА

Для выявления ситуации на рынке консервов из мяса птицы был проанализирован ассортимент рынка мясных консервов г. Владивостока.

Ключевые слова: мясные консервы, ассортимент.

E.V. Grigorieva

THE ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE CANNED MEAT MARKET IN VLADIVOSTOK

The results of studying the assortment of canned meat sold in Vladivostok trading networks are presented.

Key words: canned meat, assortment.

Темпы роста объемов производства мяса птицы в России высокие. Однако в области переработки и реализации мяса птицы на российском рынке ситуация сложилась довольно непростая. Сегодня потребности рынка абсолютно четко регламентируют производственную деятельность любого птицекомплекса и корзину его продукции [2].

Анализируя деятельность российского рынка птицепродуктов, можно выделить следующее:

- до 40 % мяса птицы реализуется в охлажденном виде и свыше 60 % – в замороженном виде;
- объемы разделки минимальны, основной объем продаж – тушки;
- объемы собственного мясоперерабатывающего производства минимальны и составляют от 10 до 15 % в среднем;
- 10 % внутренних органов птицы реализуются в охлажденном виде и 90 % – в замороженном.

Следует отметить, что объемы потребления мяса птицы неуклонно растут. Многие производители мяса птицы просто не используют возможности, которые раскрываются при увеличении ассортимента продукции, а также в процессе наращивания объемов собственной глубокой переработки. Практически все крупные российские мясоперерабатывающие заводы работают на сырье, закупаемом за рубежом, и не имеют своего цикла выращивания.

В России ассортимент продукции глубокой переработки мяса птицы очень незначительный [3].

Современный ритм жизни среднестатистического россиянина довольно интенсивен. Уровень благосостояния населения растет. Вроде бы и созданы все предпосылки для развития рынка термообработанных мясopодуKтов, нетермообработанных мясopодуKтов и полуфабриKатов. Однако нет даже четкой тенденции развития данного сегмента рынка. По факту производится совсем незначительное количество продукции, ассортимент узок, качество невысокое. Большинство российских птицекомплексов не развивают собственного перерабатывающего производства. Объективные причины происходящего заключаются в следующем: спрос на продукцию настолько высок, что не имеет смысла дополнительно инвестировать средства в развитие собственных мясоперерабатывающих мощностей.

В данной ситуации необходимо принять к сведению, что добавочная стоимость на 1 кг термообработанных продуктов и полуфабрикатов составляет минимум 1 € за 1 кг. Дополнительно российский производитель мяса птицы должен понять, что, расширяя ассортимент, он последовательно занимает различные ниши рынка, минимизируя тем самым производственные риски и расширяя объемы продаж [1].

Характерной особенностью мясных консервов является то, что, как правило, такую продукцию можно встретить как в специализированных магазинах, так и магазинах розничной сети, на рынках.

Для выявления ситуации на рынке консервов из птицы был проанализирован ассортимент магазинов г. Владивостока: супермаркеты «Парус», «Сотка», «Сфера-маркет»; 4 магазина на придомовых территориях (№ 1 – Кирова, 6, № 2 – Окатовая, 6, № 3 – Невельского, 1, № 4 – Добровольского, 12) и торговые рынки на «Спортивной» и площади «Окатовая».

Ассортимент консервов из птицепродуктов, реализуемый в продовольственной сети г. Владивостока, представлен в таблице. В данной таблице отмечено наличие ассортимента в каждой исследуемой точке.

**Ассортимент консервов из птицепродуктов,
реализуемый в продовольственной сети г. Владивостока
Assortment of canned poultry sold by food network in Vladivostok**

Производитель	Наименование продукции	Нормативный документ	Вес единицы, г	Супермаркеты			Магазины на придомовых территориях				Торговые рынки	
				«Парус»	«Сотка»	«Сфера-маркет»	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	«Спортивная»	«Окатовая»
ООО «Деликон Продукт»	Курица подеревенски	ТУ 9216-409-00419779-02	340	+	+		+		+			
ООО «Деликон Продукт»	Мясо цыпленка в собственном соку	ГОСТ 28589	325			+						+
ООО «Деликон Продукт»	Чахохбили	ТУ 9216-512-00419779-03	325			+		+			+	
ООО «Деликон Продукт»	Желудки птичьи по-старорусски	ТУ 9216-178-23476484-04	325		+							
Агропромышленный холдинг ОВА	Индейка тушеная натуральная	ТУ-9216-007-51805188-09	340	+						+	+	
Агропромышленный холдинг ОВА	Мясо цыпленка в собственном соку	ГОСТ 28589	350	+		+					+	+
ОАО «Калининградский мясоперерабатывающий завод «Дейма»	Мясо кур в собственном соку	ГОСТ 28589	325	+			+	+				
ОАО «Калининградский мясоперерабатывающий завод «Дейма»	Мясо цыпленка в собственном соку	ГОСТ 28589	325	+	+							

Как видно из представленных данных, ассортимент консервов из птицепродуктов достаточно узок. Основными производителями консервов являются ООО «Деликон Продукт» (Приморский край, пгт. Кировский, ул. Советская, 7); Агропромышленный холдинг ОВА (ООО КМПЗ «Балтпроммясо», г. Калининград, ул. Яблочная, 44) и ОАО Калининградский мясоперерабатывающий завод «Дейма» (Калининградская обл., г. Полесск, ул. Заводская, 15). На рис. 1 представлена доля каждого производителя в торговых точках, реализующих консервы из птицепродуктов.

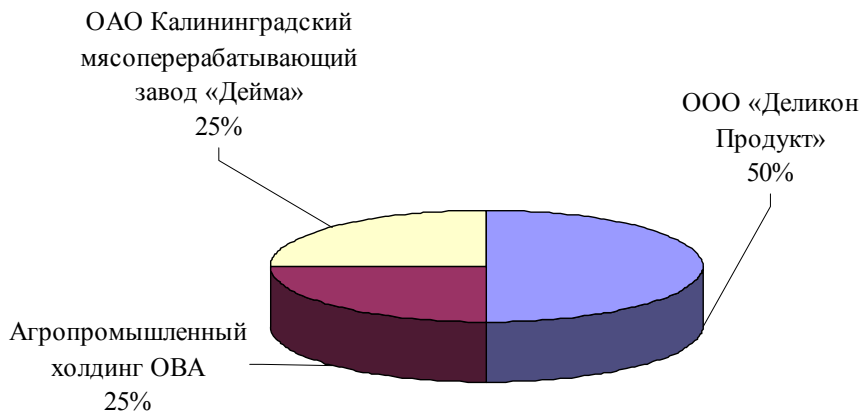


Рис. 1. Доля производителей в торговой сети г. Владивостока, реализующих консервы из птицепродуктов
Fig. 1. The Share of manufacturers in the trading network in Vladivostok, selling canned food from poultry

Компания «Деликон Продукт» представляет 50 % всего ассортимента консервов из птицепродуктов, тогда как на долю двух других производителей приходится по 25 %.

В ассортименте производителей по 2-4 наименования консервов из птицепродуктов. Основным поставщиком является ООО «Деликон Продукт» (4 вида ассортимента), продукция которого встречается во всех торговых точках, однако не в полном ассортименте (по 1-2 наименованию). Продукция остальных производителей в основном была представлена в крупных супермаркетах.

На рис. 2 представлена доля каждого вида консервов в торговом ассортименте консервов из птицепродуктов на продовольственном рынке г. Владивостока.

Анализ представленных данных позволяет утверждать, что в большей степени популярностью пользуются такие виды консервов из мяса птицы, как «Мясо цыпленка в собственном соку» (34 % от всего ассортимента) и «Мясо кур в собственном соку» (22 % от всего ассортимента). В совокупности их доля на рынке составила более половины всего ассортимента (56 %).

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность расширения ассортимента консервов из мяса птицы.

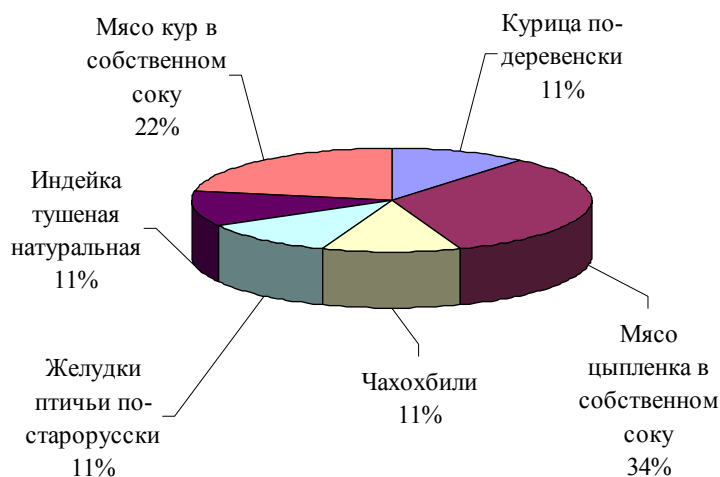


Рис. 2. Ассортимент консервов из птицепродуктов в торговой сети г. Владивостока
Fig. 2. Assortment of canned poultry in the trading network in Vladivostok

Список литературы

1. Гушин В.В. Перспективы мясного рынка России: наращивание отечественного производства мяса птицы // Птица и продукты птицепереработки. – 2007. – № 2. – С. 15-17.
2. Лисицын А.Б. Новое в развитии мясной отрасли и науки о мясе // Мясные технологии. – 2008. – № 12. – С. 20-24.
3. Ляшенко Е.П., Редко А.Г. Создание технологий производства консервов повышенной биологической ценности и лечебно-профилактического действия // Пища. Экология. Человек: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – М.: МГУПБ, 2001. – С. 48-49.

Сведения о авторе: Григорьева Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: gev132010@mail.ru.

УДК 664. 95 (07)

Н.В. Дементьева, В.Д. Богданов, Ю.А. Коровина

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

ТЕХНОЛОГИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МОЛОК ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕВЫХ

Разработана технология вареных колбасных изделий высокой пищевой ценности из молок тихоокеанских лососевых на основе белково-липидных эмульсий. Изучены и определены показатели качества и безопасности готовых вареных колбасных изделий.

Ключевые слова: *молоки тихоокеанские лососевые, вареные колбасные изделия, технология.*

N.V. Dementeva, V.D. Bogdanov, U.A. Korovina THE TECHNOLOGY OF BOILED SAUSAGE WARES FROM THE PACIFIC SALMON MILT

The technology of boiled sausage wares from the Pacific salmon milt on the basis of protein-lipid emulsions. Compositions of boiled sausage wares from the Pacific salmon milt allowed to get finished product of high nutritional value. Studied and defined quality scores and safety of finished boiled sausage wares.

Key words: *the Pacific salmon milt, boiled sausage wares, technology.*

Недостаточная обеспеченность населения белковой пищей в сочетании с сокращением запасов традиционных объектов рыбного промысла обуславливают необходимость создания и внедрения безотходных и малоотходных технологий обработки рыбного сырья, повышения доли его пищевого использования.

В Дальневосточном регионе к наиболее массовым промышленным объектам относятся тихоокеанские лососи. При их переработке образующиеся после разделки молоки направляются, как правило, на замораживание и реализацию в мороженом виде. Дальнейшее их использование – это кулинарная обработка в виде обжарки. Пищевая ценность молок невысокая, так как входящие в их состав белки неполноценны по ряду незаменимых аминокислот. В то же время молоки лососевых содержат в большом количестве нуклеопротеиды, включающие ДНК и РНК, которые проявляют биологическую активность. Наличие в липидах молок фосфолипидов, стерина, жирорастворимых витаминов, полиеновых жирных кислот делает их ценным пищевым сырьем. Поэтому разработка на основе молок новых видов продуктов, которые бы имели высокую пищевую и биологическую ценность, привлекательные органолептические характеристики, является актуальной задачей для рыбной отрасли Дальнего Востока. Ранее было установлено, что молоки лососевых обладают структурообразующими свойствами и способны образовывать стабильные белково-липидные эмульсии [1]. Это дает основание использовать их не только как структурообразующий материал, но и в качестве основного компонента пищевой продукции, в частности, при производстве вареных колбасных изделий.

Целью научно-исследовательской работы является разработка технологии вареных колбасных изделий из молок лососевых на основе белково-липидных эмульсий.

Реализация данной цели потребовала решения следующих задач:

- установление режимных параметров производства вареных колбасных изделий;
- разработка рецептур вареных колбасных изделий;
- оценка качества, пищевой и биологической ценности готовой продукции.

В качестве основного исследуемого сырья использовали молоки лососевых рыб мороженые, срок хранения не более 3 мес., которые соответствуют ТУ 15-01 261-95 «Молоки дальневосточных лососевых рыб мороженые», горбушу, треску, минтай мороженые, которые соответствуют ГОСТ 1168-86 «Рыба мороженая».

Для приготовления эмульсии использовали масло растительное рафинированное дезодорированное, соответствующее ГОСТ 1129-93 «Масло подсолнечное. Технические условия», дистиллированную воду, соответствующую ГОСТ 6709 «Дистиллированная вода», соль поваренную пищевую, соответствующую ГОСТ Р 51574-2000 «Соль поваренная пищевая. Технические условия». В качестве структурообразователей использовали крахмал, соответствующий ГОСТ 7699-78 «Крахмал картофельный. Технические условия», сухое молоко по ГОСТ Р 52791-2007 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия»; пищевые добавки – Франкфуртер комби, соответствующий ТИ по применению комплексной пищевой добавки Фибризолмикс Франкфуртер производства «БК Джюлини» (Германия) (состав пищевой добавки: пряности и экстракты пряностей, ди- и трифосфаты (Е 450, Е 451) – 35 %, глутамат натрия 1 – замещенный (Е621) – 5 %, аскорбиновая кислота (Е 300) – 3 %, сахара); изолят соевого белка «Экстрапротеин» из генетически немодифицированных соевых бобов, содержание белка не менее 90 %, изготовитель Харбинская компания по соевым продуктам «Хай-Тек»; комбинация из ди- и трифосфатов натрия (Е 450, Е 451) – BUDENHEIM KG АБАСТОЛ 305 / АВАСТОЛ 305, FN01-05, № А 99992 А, произведено в Германии; комплексная пищевая добавка «Биотон Фос К-90», соответствующая ТУ 9199-032-13531905-09.

При формировании сосисок использовали оболочку «Амипак», «Амипак ЛС», «Амипак Э», соответствующую требованиям ТУ 2290-009-27147091-2000.

В работе применяли химические, физико-химические, органолептические и микробиологические методы анализа.

Определение азота общего, содержание воды, жира, минеральных веществ, поваренной соли осуществляли по ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки (методы анализа)».

Определение состава жирных кислот проводили на хроматографе GC-2010 (Shimadzu, Япония).

Измерение разрушающего напряжения и прочности на продавливание определяли на реометре типа «Fudon» (Япония) по методике, прилагаемой к прибору.

Энергетическую ценность продукции рассчитывали по методике А.А. Покровского (1977). Органолептические показатели эмульсий и формованных продуктов определяли профильным методом, использовали методы балльной оценки и сравнения (ГОСТ 7631-85), методы Т.М. Сафроновой (1985, 1998).

Определение микробиологических показателей, отбор проб и обработку результатов микробиологических анализов проводили стандартными методами по ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ Р 50474-93, ГОСТ 10444.2-94, ГОСТ 29185-91, ГОСТ Р 50480-93, ГОСТ Р 51921-2002, МУ 5780-91, СанПиН 2.3.2. 1078-01.

При биологической оценке формованных продуктов использовали стандартные синхронизированные культуры инфузорий – вида *Tetrachimena pyriformis*.

Тихоокеанские лососи (*Oncorhynchus*) относятся к типично проходным рыбам, которые развиваются в Тихом океане, а размножаются в пресных водах. Поэтому тихоокеанские лососи в определенные периоды года появляются во многих районах дальневосточного побережья, устремляются в реки для нереста, после чего погибают. Эта особенность в биологии предопределяет закономерности глубоких изменений химического состава и технологической ценности по периодам и районам лова.

В общем объеме тихоокеанских лососей основное значение имеет горбуша (*Oncorhynchus gorbusha*) и кета (*Oncorhynchus keta*), в значительно меньших количествах добывают красную, или нерку (*Oncorhynchus nerka*), кижуча (*Oncorhynchus kisuhch*), чавычу (*Oncorhynchus tshawytscha*) и симу (*Oncorhynchus masu*) [2, 3].

В целом, говоря о пищевой и технологической ценности тихоокеанских лососевых, следует отметить, что они относятся к сырью с большим выходом съедобной части и высоким содержанием белка и липидов. В составе белков мяса лососевых присутствуют все незаменимые аминокислоты. Липиды лососевых обладают высокой биологической эффективностью, так как содержат в своем составе большое количество полиненасыщенных и эссенциальных жирных кислот. В мясе лососевых содержатся в достаточном количестве ценные макро- и микроэлементы, а также присутствуют водорастворимые витамины.

Средний размер, масса, химический состав лососевых зависят от пола, района лова, периода лова, степени выраженности брачных изменений [2,3].

С увеличением признаков нерестовых изменений происходит уменьшение выхода съедобной части, что связано с увеличением относительной части головы и внутренностей. Установлено, что с развитием нерестовых изменений увеличивается относительная масса гонад: ястыков икры у самок и молок у самцов.

В табл. 1 приведены усредненные данные по массовому составу гонад у различных тихоокеанских лососевых.

Таблица 1

Массовый состав гонад (% к массе рыбы) различных видов лососевых

Table 1

Mass composition (% to the mass of fish) of different salmon species

Вид рыбы	Ястыки икры	Молоки
Горбуша	5,0-10	2,4-6,8
Кета	3,1-5,7	1,8-3,1
Нерка	2,7-6,3	0,7-1,5

Как следует из данных табл. 1, количество молок, образующихся при разделке лососевых, хотя и несколько меньше количества икры, но все же составляет значительный объем пищевых отходов, использование которых существенно повысит эффективность переработки добываемого сырья [2, 3].

Молоки – парные половые органы у самцов рыб, имеют форму симметрично расположенных, сплюснутых с боков валиков.

Размеры молок зависят от степени развития нерестовых изменений лососевых. Молоки 1-2-й стадии (неполовозрелые) малы по размерам, на 3-4-й стадии они уже занимают половину и более брюшной полости рыбы. К окончанию нерестового периода их масса может достигать, например, у горбуши в стадии «зубатка», 14,9 % к массе целой рыбы.

Химический состав молок у различных тихоокеанских лососевых варьируется в следующих пределах (табл. 2).

Обобщая известные в литературе сведения, можно сказать, что у тихоокеанских лососей белки молок существенно отличаются от белков мяса и икры этих рыб низким содержанием незаменимых аминокислот (табл. 3).

Липиды молок отличаются от липидов мышечной ткани рыб более высоким содержанием эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот с пятью и шестью двойными связями (эйкозапентаеновая и докозагексаеновая), которые служат предшественниками эйкозаноидов (простагландинов, тромбоксанов и лейкотриенов) и являются биорегуляторами многих физиологических процессов в клетке.

Таблица 2

Химический состав молок лососевых

Table 2

Chemical composition of salmon milt

Вид рыбы	Пределы содержания, %			
	Вода	Липиды	Белок	Зола
Горбуша	81,0-81,6	0,3-1,6	13,4-16,5	1,4-2,6
Кета	77,0-83,4	0,5-2,6	13,2-14,5	1,6-2,9
Нерка	74,4-80,9	1,4-2,5	12,1-17,8	1,1-2,5

Таблица 3

Содержание аминокислот тихоокеанских лососей

Table 3

Ammon-acids content of pacific salmon

Аминокислоты	Среднее содержание в сухом белке, %		
	Мышцы	Икра	Молоки
Моноаминокислоты:			
валин	6,5	6,8	3,3
лейцин	9,0	8,6	5,7
изолейцин	4,9	6,4	3,5
треонин	5,0	5,9	2,4
Диаминокислоты:			
лизин	10,3	7,6	2,1
Сульфоаминокислоты:			
метионин	3,8	4,9	1,1
Циклические аминокислоты:			
фенилаланин	3,9	4,8	2,4
гистидин	2,5	2,5	0,7
триптофан	1,1	1,0	0,3
Всего	47,0	47,8	21,5

Липиды молок богаты фосфолипидами. Эти липидные компоненты являются составной частью клеток человеческого организма, нервных волокон и клеток мозга. Они обеспечивают процессы переноса жирорастворимых витаминов, расщепления жиров и холестерина, являются натуральными антиоксидантами. Постоянное употребление фосфолипидов улучшает функции памяти, нервной системы и печени, задерживает процессы старения клеток организма.

Главными классами фосфолипидов в сырых молоках лососевых рыб являются фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин; в меньшем количестве присутствуют фосфатидилсерин и фосфатидилинозит, тогда как лизофосфатидилхолин и лизофосфатидилэтаноламин относятся к минорным компонентам.

В состав липидов мороженых молок входят жирные кислоты с длинной углеродной цепью (C_{14} , C_{16} , C_{18} , C_{20} , C_{22}), стерины, воски, ди- и триглицериды. Относительно высокое содержание свободных жирных кислот в липидах молок объясняется активным ферментативным комплексом, обуславливающим способность лососевых к созреванию.

Гидролизат молок лососевых рыб содержит полный набор аминокислот, органические фосфаты, эйкозапентаеновую кислоту, лецитин, дезоксирибонуклеозиды, микроэлементы,

тем самым обеспечивая организм необходимыми нейромедиаторами, предшественниками биосинтеза регуляторных пептидов, гормонов, белков, нуклеиновых кислот, углеводов [4].

Нуклеиновые кислоты (в частности, ДНК, ее соль – нуклеинат натрия) широко используются в медицине в качестве иммуномодуляторов. Входящие в состав ДНК азотистые соединения (аденин и гуанин) являются структурной основой для низкомолекулярных биологически активных коферментов и кофакторов, лимитирующих биологические процессы во всех органах и тканях организма. В связи с этим они оказывают значительный и многосторонний эффект на клетки организма, увеличивая его метаболический пул без заметного увеличения потребления кислорода.

Нуклеопротеиды молок лососевых рыб обладают наиболее эффективным фармакологическим действием, так как их белок – протамин (иначе – сальмин), в отличие от белков (гистонов) других рыб и беспозвоночных, образует с ДНК более сильный биологически активный комплекс, поэтому вполне обоснованным может быть использование ДНК молок лососевых рыб для обогащения различных пищевых продуктов. Молоки лососевых содержат много витаминов группы В (γ % в г сырого вещества): В₂ – 450-490, В₆ – 110-250, В₁₂ – 30-40, РР – 4000-4600 [5, 6].

Таким образом, молоки лососевых рыб являются ценным сырьем для производства пищевых продуктов.

Предварительно установлено, что молоки лососевых способны образовывать стабильные белково-липидные эмульсии, состоящие из мышечной ткани рыб, молок лососевых, растительного масла и воды. Обоснован технологический регламент получения устойчивых эмульсионных систем на основе молок лососевых. Рациональным соотношением компонентов в белково-липидной эмульсии является мышечная ткань : молоки : масло : вода – 10 : 40 : 25 : 25. Изучено влияние различных структурорегулирующих добавок на функционально-технологические свойства и органолептические показатели белково-липидных эмульсий [7].

Ранее было установлено, что молоки лососевых обладают структурообразующими свойствами и способны образовывать стабильные белково-липидные эмульсии. Это дает основание использовать их не только как структурообразующее вещество, но и в качестве основного компонента пищевой продукции, в частности, при производстве вареных колбасных изделий – сосисок.

В Дальрыбвтузе разработана технология вареных колбасных изделий из молок тихоокеанских лососевых на основе белково-липидных эмульсий. Технологический процесс включает следующие основные операции: размораживание молок лососевых мороженых до температуры минус 2 °С; измельчение; добавление измельченной мышечной ткани рыб и ледяной воды; гомогенизация; добавление ледяной воды, растительного масла, структурообразователя и пищевых компонентов; гомогенизация; шприцевание; варка; охлаждение; упаковывание; маркирование; хранение.

Так как в молоках лососевых наблюдается дефицит таких незаменимых аминокислот, как валин, лейцин, изолейцин, лизин, можно предположить, что использование молок лососевых совместно с мышечной тканью рыб, содержащей данные аминокислоты в достаточном количестве, позволит повысить биологическую ценность готового продукта, а замена животного жира (который традиционно используется при производстве колбасных изделий) растительными маслами снизит уровень насыщенных жирных кислот в готовом продукте, а также обогатит его полиненасыщенными жирными кислотами.

При подборе компонентов пищевых композиций учитывалось их совмещение с основным сырьем и влияние на органолептические показатели готового продукта.

При изготовлении вареных колбасных изделий в их рецептуру вносили различные вкусовые компоненты (соль, черный и красный перцы, мускатный орех, укроп, петрушку,

глутаминат натрия и др.), способствующие приданию улучшенных органолептических свойств готовым колбасным изделиям. Рецептуры вареных колбасных изделий – сосисок из молок лососевых – представлены в табл. 4.

Таблица 4

Рецептуры вареных колбасных изделий из молок лососевых

Table 4

Prescription of boiled sausage wares from the salmon milt

Компонент	Количество на 100 кг основного сырья, кг				
	«Морские»	«Аппетитные»	«Дальневосточные»	«Молочные»	«Капитанские»
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
	1	2	3	4	5
Молоки лососевых	40	40	40	40	40
Мясо горбуши	10	10	10	10	10
Растительное масло	25	25	25	25	25
Вода	25	25	25	25	25
«Экстрапротеин»	3	-	-	-	-
«Франкфуртер комби»	-	0,9	-	-	-
«Фосфат Биофос»	-	-	0,3	-	-
Функциональная смесь «Биотон Фос К-90»	-	-	-	-	2
Поваренная соль	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Черный перец	0,05	-	0,05	0,05	-
Красный перец	-	0,05	-	-	-
Сухое молоко	4	3	-	6	-
Укроп	0,05	-	-	0,05	-
Глутамат натрия	-	-	1	-	-
Мускатный орех	-	-	-	-	0,1

У полученных вареных колбасных изделий определяли их структурно-механические характеристики, такие, как разрушающее напряжение (Н) и прочность на продавливание. Контролем служили вареные сосиски из молок лососевых без структурорегулирующих добавок. Результаты исследований представлены в табл. 5.

Таблица 5

Структурно-механические свойства сосисок из молок лососевых

Table 5

Structural-mechanical property of sausages from the salmon milt

Образец	Разрушающее напряжение Н, г	Прочность на продавливание Н/πr ² , г/см ²
Контроль	35	185,8
1	58	307,9
2	52,3	277,6
3	51,6	273,9
4	57	302,5
5	56	297,2

Полученные экспериментальные данные показывают, что при введении структуроформирующих добавок прочность сосисок из молок лососевых повышается, что положительно сказывается на консистенции готовых изделий. Она становится более однородной, плотной и упругой, улучшается их нарезаемость.

Вареные колбасные изделия – сосиски – представляют собой батончики цилиндрической формы, консистенция упругая, сочная; имеют приятный вкус и запах, свойственные данному виду продукции и входящих компонентов.

По органолептическим показателям кулинарные изделия должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 6.

Химический состав и энергетическая ценность сосисок из молок лососевых приведена в табл. 7.

Жирокислотный состав сосисок из молок лососевых приведен в табл. 8.

Из табл. 8 следует, что сосиски из молок лососевых, приготовленные по данной технологии, имеют высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот. Особенно высоко содержание такой незаменимой аминокислоты, как линолевая (60,78 %), что придает продукту диетические свойства.

По микробиологическим характеристикам сосиски из молок лососевых удовлетворяют гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для данного вида продукции [8].

Так, содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в сосисках из молок лососевых составляет $3 \cdot 10^2$ КОЕ / г, бактерии группы кишечной палочки (колиформы), споры сульфидоредущих клостридий, *S. Aureus* и патогенные микроорганизмы в требуемых санитарными нормами и правилами количествах для данного вида продукции отсутствуют (табл. 9).

Таблица 6

Органолептические показатели сосисок из молок лососевых

Table 6

Organoleptical rates of sausages from the salmon milt

Показатель	Характеристика и норма
Внешний вид	Батончики сосисок цилиндрической формы с чистой поверхностью, без повреждений оболочки и наплывов эмульсии
Состояние батончика на разрезе	Однородный, гладкий, поверхность ровная без пустот
Цвет продукта на разрезе	От кремового с серым оттенком до персикового
Консистенция	Плотная, упругая, сочная, однородная
Вкус и запах	Приятные, свойственные данному виду продукта, с легким ароматом пряностей

Таблица 7

Химический состав и энергетическая ценность сосисок из молок лососевых

Table 7

Chemical composition and energy value of sausages from the salmon milt

Изделие	Белок, %	Липиды, %	Углеводы, %	Вода, %	Минеральные вещества, %	Энергетическая ценность, ккал / 100 г
Сосиски из молок лососевых	16,3	20	1,2	60,7	1,8	250

Таблица 8

Жи́рноки́слотный состав сосисок из молок лососевых

Table 8

Fatty-acid composition of sausages from the salmon milt

Показатель	Процент от суммы всех ЖК
Сумма насыщенных ЖК	13,35
Сумма мононенасыщенных ЖК	23,26
Сумма полиненасыщенных ЖК	61,95
Сумма полиненасыщенных жирных ω-6 кислот	60,78
Сумма полиненасыщенных жирных ω-3 кислот	1,17
14:0 (Миристиновая)	0,2
16:0 (Пальмитиновая)	8,54
16:1 n-9,7 (Пальмитолеиновая)	0,24
17:0 (Маргариновая)	0,05
17:1 n-9	22,63
18:2 n-6 (Линолевая)	60,78
19:1	0,06
18:3 n-3 (Линоленовая)	0,09
20:0 (Арахидиновая)	0,28
20:1 n-11	0,13
20:1 n-9 (Эйкозаеновая)	0,19
20:5 n-3 (Эйкозапентаеновая)	0,33
22:0	0,1
22:1 n-11	0,07
22:5 n-3	0,17
22:6 n-3 (Докозагексаеновая)	0,58

Таблица 9

Микробиологические показатели сосисок из молок лососевых

Table 9

Microbiological rates of sausages from the salmon milt

Объект контроля	КМА-ФАнМ, КОЕ/г $1 \cdot 10^4$	БГКП (колические формы) в 0,001 г	<i>S. aureus</i> в 0,01 г	Споры сульфидоредущих клостридий в 0,01 г	Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г
Сосиски из молок лососевых 24 ч хранения	$1 \cdot 10^2$	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
48 ч хранения	$2 \cdot 10^2$	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
72 ч хранения	$3 \cdot 10^2$	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

Относительную биологическую ценность (ОБЦ) сосисок из молок лососевых рыб исследовали, используя методику А.Д. Игнатъева, путем определения процентного соотношения количества жизнеспособных клеток *Tetrahymena pyriformis* (инфузории), выращенных на молочном и на исследуемом субстрате. По величине полученного значения судили об ОБЦ исследуемого субстрата.

Проводили сравнение биологической ценности сосисок из молок лососевых, сосисок рыбных, не содержащих молок лососевых рыб и молока. Результаты исследований представлены в табл. 10, из которой следует, что биологическая ценность сосисок из молок лососевых рыб превышает ОБЦ сосисок рыбных и составляет 81,3 %.

Таблица 10

Биологическая ценность сосисок из молок лососевых

Table 10

Biological value of sausages from the salmon milt

Исследуемый продукт	Концентрация протеина, %	Синхронизируемая 3-суточная культура инфузорий, мл	Число инфузорий сразу в одном поле зрения	Время генерации, ч				Биологическая ценность, %
				224	448	772	996	
Сосиски рыбные	0,2	0,05	4	115	332	443	559	73,7
Сосиски из молок лососевых	0,2	0,05	4	115	335	449	665	81,3
Молоко	0,2	0,05	4	228	339	556	880	100

Таким образом, разработанная технология вареных колбасных изделий из молок тихоокеанских лососевых на основе белково-липидных эмульсий, с использованием структуроформирующих добавок позволяет улучшить функционально-технологические свойства готовой продукции, получить вареные колбасные изделия высокого качества и биологической ценности, с хорошими органолептическими показателями и расширить ассортимент пищевых продуктов из молок тихоокеанских лососевых. Добавление мышечной ткани рыб в эмульсионные системы позволило увеличить биологическую ценность готового продукта, а замена животного жира растительными маслами обогатило продукт полиненасыщенными жирными кислотами. Наличие в составе молок биологически активных веществ (ДНК, РНК, ПНЖК) позволяет их рекомендовать в качестве продукта функциональной направленности.

Список литературы

1. Дементьева Н.В., Богданов В.Д., Буненкова Н.А. Молоки лососевых как сырье для получения белково-липидных эмульсий // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток, Дальрыбвтуз, 2011. Ч. II. – С. 34-37.
2. Пустовалова Е.М., Богданов В.Д. Влияние брачных изменений тихоокеанских лососей на функционально-технологические свойства их мышечной ткани // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 391-399.
3. Кизеветтер И.В. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб Тихоокеанского бассейна. – Владивосток: Дальиздат, 1971. – 437 с.
4. Курихина Л.С., Соколова Л.И., Курочкина И.Н. Возможность получения пищевой продукции из молок минтая // Рыб. хоз-во. – 1998. – № 2. – С. 54.
5. Касьяненко Ю.И., Ковалева Ю.В., Эпштейн Л.М., Артюков А.А. Получение и свойства производных ДНК из молок лососевых // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 120. – С. 37-43.

6. Портнягин Н.Н., Богданов В.Д., Мандриков С.И. Сырье для получения важных для человека продуктов питания и препаратов ДНК, РНК, протаминов и гистонов на основе молок лососевых // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 6 (приложение «Сельскохозяйственные науки»). – С. 4.

7. Дементьева Н.В., Богданов В.Д. Обоснование технологических параметров получения устойчивых эмульсионных систем на основе молок лососевых // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. – Петропавловск Камчатский: Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2011. – Вып. 20. – С. 75-80.

8. СанПиН 2.3.2. 1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности сырья и пищевых продуктов. Санитарные эпидемиологические правила и нормативы. – М.:ФГУП «Интер СЭН», 2001. – 168 с.

Сведения об авторах: Дементьева Наталья Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: dnvdd@mail.ru;

Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, e-mail: pro_ur@dalrybvtuz.ru;

Коровина Юлия Алексеевна, аспирант, e-mail: uliya_6053@mail.ru.

УДК.665.937.6:66.084

В.И. ПогонецДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДИАПАЗОН
СУЩЕСТВОВАНИЯ КИПЯЩЕГО ЗАКРУЧЕННОГО СЛОЯ
ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ АГАРА ПРИ СУШКЕ**

Проведены исследования сушки частиц агара на установке со взвешенно-закрученными потоками. Получены положительные результаты сушки этого продукта и выявлены характерные особенности гидродинамики процесса, скорости витания частиц агара и коэффициенты гидравлического сопротивления слоя.

Ключевые слова: исследования, сушка, гидродинамика, инертные частицы, агар.

V.I. Pogonets**HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS AND THE RANGE OF THE EXISTENCE
OF A SWIRLING FLUIDIZED LAYER OF DISPERSED PARTICLES
OF AGAR DURING DRYING**

Studies of drying of the particles of agar at the facility of weighted swirling flows have been advanced. Positive results of drying of the product and identified characteristics of hydrodynamic of the process, speed of the soar of the particples of agar and the coefficients of hydraulic resistance of the layer have been obtained.

Key words: research, drying, boiling layer, hydrodynamics, inert particles, agar.

Гидродинамическая сущность процесса кипящего слоя, в том числе с закрученными потоками, заключается в прохождении через слой продукта, расположенного на газораспределительной решетке, потока воздуха, нагретого до требуемой температуры.

Неподвижный слой инертных пластинок фторопласта с нанесёнными на них частицами агара переходит в кипящее состояние, когда средняя по времени подъёмная сила уравновешивает вес этих пластинок с частицами:

$$f_n = m_{ч.а.} \cdot q, \quad (1)$$

где f_n – подъёмная сила, действующая на пластинку инертного материала; $m_{ч.а.} \cdot q$ – вес пластинки фторопласта с нанесённым агаром.

Процесс гидродинамики кипящего слоя определяется [4,5] характером изменения сопротивления слоя в зависимости от скорости фильтрации теплового агента и удельной нагрузки частиц с агаром на газораспределительную решётку $\Delta P = f\left(\omega, \frac{G}{F_0}\right)$ и изменением высоты кипящего слоя продукта в зависимости от скорости воздуха и высоты неподвижного слоя $H = f(\omega, H_0)$.

Высота кипящего слоя в расширенном состоянии характеризует геометрическую высоту поверхности теплообмена. Поэтому знание перечисленных параметров важно для правильной организации процесса сушки дисперсных частиц агара в кипящем слое, определения его структуры и границ существования.

В отличие от неподвижного слоя гидравлическое сопротивление кипящего слоя не зависит от скорости воздуха и определяется для аппаратов постоянного поперечного сечения равенством сил гидродинамического давления и сил противодействующих кипению частиц [1, 3], вызываемых трением потока теплового агента о стенки камеры, его движением между частицами, соударением частиц между собой, а также поддержанием слоя твердых частиц во взвешенном состоянии:

$$\Delta P = \frac{G}{F_0} = (\rho_M - \rho_0)(1 - \varepsilon_0)qH_0, \quad (2)$$

где ΔP – гидравлическое сопротивление слоя, Н/м²; ρ_M, ρ_0 – плотность материала и теплового агента, кг/м³; ε_0 – порозность неподвижного слоя; H_0 – высота неподвижного слоя, м; G – масса твёрдой фазы, кг; F_0 – площадь поперечного сечения сушильной камеры, м².

Графически процесс псевдооживления изображается зависимостью изменения гидравлического сопротивления от скорости теплового агента. Процесс перехода неподвижного слоя пластинок фторопласта с частицами агара в кипящий на кривой псевдооживления отражается наличием резкого увеличения давления и зависит от состояния поверхности твёрдых частиц, их формы и плотности слоя. Наличие пика давления ΔP_{\max} свидетельствует о том, что необходимо затратить дополнительную энергию потока на преодоление сил сцепления частиц, которая составляет для хорошо сыпучих материалов 1,5-5 % от энергетических затрат установившегося процесса кипения [1]. Ввиду того, что дополнительные затраты энергии при переходе от плотного слоя в кипящий не поддаются строгому аналитическому расчету, то учитываются они коэффициентом $R_{кр}$, который определяется опытным путём для конкретного сырья, подвергаемого сушке.

А.С. Гинзбург и др. [2] на основе опытов установили, что на величину коэффициента $R_{кр}$ оказывает влияние плотность слоя частиц, влажность материала и высота неподвижного слоя.

Нами проведены исследования гидродинамики процесса и на основании полученных данных построены графические зависимости $\Delta P = f(\omega)$.

Проведя анализ этих полученных графических зависимостей, установили, что с увеличением удельной нагрузки слоя с частицами агара на газораспределительную решётку гидравлическое сопротивление его возрастает пропорционально скорости воздуха в степени k . При достижении максимального давления, соответствующего критической скорости, слой пластинок с агаром переходит в кипящее состояние. Значения максимального давления, характеризующиеся коэффициентом $R_{кр}$, полученные нами экспериментальным путём в диапазоне исследуемых удельных нагрузок на газораспределительную решётку, колеблются в пределах 1,015-1,06. Незначительные отклонения коэффициента $R_{кр}$ от единицы, полученные для частиц агара, по сравнению с данными исследований в работе [2] для зерна пшеницы, указывают на зависимость $R_{кр}$ от свойств частиц и их гранулометрического состава. При этом для полидисперсных мелкокристаллических продуктов наблюдается постепенный переход в кипящее состояние часто без ярко выраженного пика давления.

Увеличение скорости воздуха выше критического значения приводит к увеличению высоты слоя при постоянном значении гидравлического сопротивления. Переход от режима фильтрации к кипящему состоянию сопровождается появлением в слое газовых пузы-

рей, которые барботируют через слой, приводя к колебаниям концентрации и порозности по объёму слоя. При этом гидравлическое сопротивление слоя колеблется около некоторого среднего значения, которое меньше теоретического, определяемого величиной удельной нагрузки $\frac{G}{F_0}$ на газораспределительную решётку и определяется по формуле

$$\Delta P = R_{кип.} \frac{G}{F_0}. \quad (3)$$

Коэффициент $R_{кип.}$ в уравнении (3) является характеристикой равномерности кипения, так как последняя не поддается точной количественной оценке. Совместное рассмотрение равномерности кипения пластинок фторопласта и дисперсных частиц агара с его однородностью позволило оценить качество псевдоожижения и получить уравнение для гидравлического сопротивления кипящего слоя:

$$\Delta P = (0,8 \div 0,95) \frac{G}{F_0}. \quad (4)$$

Приближение значений коэффициента $R_{кип.}$ к единице свидетельствует об улучшении равномерности кипения с увеличением удельной нагрузки агара на решетку в исследуемом интервале за счет уменьшения каналаобразования в слое.

Переход пластинок фторопласта с частицами агара в кипящее состояние происходит постепенно и характеризуется определенным интервалом скоростей подаваемого под газораспределительную решётку нагретого теплоносителя.

Кипящий слой частиц агара существует в определённом диапазоне скоростей подводящего теплоносителя. Знание этого диапазона необходимо для технологического сопровождения процесса сушки, для конструктивных расчетов сушильных аппаратов, а также для определения параметров пневмотранспортирования высушенного продукта.

Неподвижный слой дисперсных частиц агара в сушильной камере переходит в кипящее состояние при некотором значении скорости начала псевдоожижения – некоторой критической скорости $\omega_{кр.}^*$ с нижним пределом. Верхним пределом существования кипящего слоя является критическая скорость $\omega_{кр.}^{**}$. Переход слоя агара в кипящее состояние в начальный момент сопровождается кипением мелких частиц и последующим их воздействием на крупные частицы. Замечено, что увеличение количества мелких частиц в продукте приводит к увеличению сопротивления слоя из-за снижения порозности и уменьшения скорости ожижения вследствие обмена количеством движения между частицами различного размера. В связи с этим кипение полидисперсных частиц агара происходит при меньшем значении скорости теплового агента, чем при кипении его крупной фракции.

По литературным источникам известно два метода для определения скорости начала кипения, эти методы подробно изложены в монографиях, касающихся сушки материалов. Проведя их анализ по определению критической скорости начала кипения различных материалов, скорости витания частиц и диапазона существования кипящего слоя, можно утверждать, что это приемлемо для монодисперсного или узкого гранулометрического состава. Для полидисперсных продуктов процесс кипения осложняется, так как он начинается при меньшем значении скорости подаваемого теплового агента по сравнению со скоростью начала кипения слоя, состоящего из наиболее крупных его частиц.

Мы провели эксперименты по выявлению начала кипения частиц агара с различной влажностью, с различной начальной высотой слоя (50-250 мм) и соответствующих удельных нагрузок на газораспределительную решетку (350-1750 Н/м²). По результатам исследований построены графические зависимости. Анализ этих результатов свидетельствует о смещении максимального гидравлического сопротивления слоя в сторону больших значений скорости теплового агента с увеличением удельной нагрузки слоя агара на газораспределительную решётку. В связи с тем, что переход полидисперсного продукта в кипящее состояние определяется интервалом скорости, соответствующей началу переходного режима и критической скорости начала кипения продукта, происходит смещение их в сторону больших значений с увеличением удельной нагрузки.

Скорость начала кипения частиц агара определялась по кривым обратного хода процесса, полученным и построенным по экспериментальным данным. При этом её значение для каждой начальной высоты слоя имеет [1] постоянную величину, не зависящую от предшествующего состояния слоя. Постоянное уменьшение скорости теплового агента характеризуется переходом кипящего слоя в неподвижный, при этом отсутствует пик давления и кривая в зоне неподвижного слоя располагается ниже графика прямого хода.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали с использованием графического метода в логарифмической системе координат в виде зависимости изменения гидравлического сопротивления $\Delta P_{сл.}$ от скорости ω теплового агента, подаваемого под газораспределительную решётку. Это позволило установить особенности поведения слоя частиц агара – наличие режимов фильтрования, переходного и полного псевдооживления. В зависимости от начальной высоты неподвижного слоя каждый режим характеризуется определённой скоростью теплового агента, которая изменяется от скорости начала переходного режима ω_n до критической скорости начала кипения $\omega_{кр.}^*$ и зависит от величины частиц агара и их взаимодействия.

Изменение гидравлического сопротивления слоя в зависимости от изменения скорости теплоносителя в переходном режиме происходит по экспоненциальному закону. Исходя из граничных условий равенства гидравлического сопротивления слоя в точке, соответствующей значению начальной критической скорости теплового агента – $\Delta P_n = \Delta P_{кр.}^*$, оно может быть представлено зависимостью критерия Эйлера, являющегося характеристикой соотношения сил инерции и сил давления в подобных потоках, и критерия Рейнольдса, учитывающего меру сил инерции и сил трения в движущейся среде:

$$E_u = c \cdot R_e^{-k} . \tag{5}$$

Постоянная интегрирования c и показатель степени k получены при графической обработке результатов экспериментальных данных.

При обработке экспериментальных данных статистическими методами получено критериальное уравнение (6), характеризующее изменение диапазона скоростей переходного режима и начала кипения частиц агара от начальной высоты слоя от 50 до 250 мм.

$$E_u = 455 \left(\frac{H_0}{d_s} \right)^{1,034} R_e^{-1,53} , \tag{6}$$

при $R_e = 4,75 - 17$; $\frac{H_0}{d_s} = 110 - 635$.

Наряду со значениями критической скорости начала кипения важный практический интерес представляет коэффициент гидродинамического сопротивления полидисперсного слоя агара в переходной области. Его значение определено аналитическим путём по экспериментальным данным, полученным при исследовании критической скорости начала кипения продукта, и выражается обобщённым уравнением:

$$\xi = 895 \left(\frac{H_0}{d_s} \right)^{0,025} R_e^{-1,53}, \quad (7)$$

при $R_e = 4,75 - 17$; $\frac{H_0}{d_s} = 110 - 635$.

Скорость витания определяется из условия равновесия сил при свободном падении частиц агара:

$$G = R, \quad (8)$$

где G – сила тяжести частицы агара, кг; R – сила сопротивления воздуха движению частицы, кг.

При математической обработке полученных данных установлена зависимость скорости витания частиц агара от эквивалентного диаметра:

$$\omega_{\text{вит.}} = 1,8 d_s^{0,65}, \quad (9)$$

где d_s – эквивалентный диаметр частиц агара, определённый по формуле [1, с. 88].

Полученная зависимость удобна для практических целей и может применяться для определения скорости витания частиц агара полидисперсного состава, что весьма важно при расчёте конструктивных элементов сушильных аппаратов, определения условий пневмотранспорта, а также при расчёте пылеулавливающих устройств циклонов и осадительных камер.

Список литературы

1. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдооживления. – М.: Химия, 1967. – 664 с.
2. Гинзбург А.С., Резчиков В.А. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. – М.: Пищ. пром-сть, 1970. – 196 с.
3. Ким Э.Н., Лаптева Е.П., Климова Е.Ю. Исследование процесса сушки гидробионтов / Исследования Мирового океана: материалы Междунар. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – С. 616.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
5. Погонец В.И. Сушка морепродуктов во взвешенно-закрученных потоках. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2000. – 193 с.

Сведения об авторе: Погонец Владимир Ильич, доктор технических наук, доцент, профессор, e-mail: pogonetsvi@mail.ru.

УДК 664.959.5

А.С. Помоз

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

СОСТАВ И СВОЙСТВА ОТХОДОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ МАССОВЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО БАССЕЙНА

Исследован общий химический и аминокислотный состав вторичного рыбного сырья для производства кормовых продуктов – отходов переработки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна: лососевых, камбал, сайры, сельди. Определены физико-химические показатели рыбных отходов. Установлено, что вторичное рыбное сырье безопасно по микробиологическим показателям и содержанию токсичных микроэлементов, а белки полноценны по аминокислотному составу. Сумма незаменимых аминокислот варьирует от 37,6 до 41 г /100 г белка. В белках рыбных отходов отмечено высокое содержание лизина, лейцина, треонина и валина, обуславливающее высокую биологическую ценность сырья.

Ключевые слова: вторичное рыбное сырье, отходы переработки, биологическая ценность, аминокислоты.

A.S. Pomoz

THE COMPOSITION AND THE PROPERTIES OF MASS MARKETABLE FISH BY-PRODUCTS OF FAR EASTERN AREA

The general chemical and amino acidic composition of the secondary fish raw material for feedstuffs production, more exactly mass marketable fish by-products (salmonids, flatfish, saury, herring) of Far Eastern area were determined. The physicochemical characteristics were defined. The secondary fish raw material was established to be safety by microbiological indices and toxic trace minerals content, but the proteins are valuable by the amino acidic composition. The essential amino acids content is varied from 37,6 to 41 g /100 g of protein. The protein of the fish by-products contain high content of lysine, leucine, threonine and valine and provide high biological value of the raw material.

Key words: secondary fish raw material, by-products, biological value, amino acids.

Введение

Разработка безотходных технологий переработки пищевого сырья является актуальной задачей не только в России, но и за рубежом. Одним из аспектов решения данной проблемы в рыбной отрасли является обоснование направлений рационального использования вторичных ресурсов. Традиционно вторичное рыбное сырье, главным образом, отходы от разделки рыб, направляется на производство кормовой рыбной муки.

Значительное снижение производства кормовой муки в России за последние десятилетия с 580,2 тыс. т до 150,3 тыс. т резко увеличило разрыв между потребностью и объемом ее производства, возрастающим с тенденцией развития отечественного животноводства, птицеводства и рыбоводства. Кроме того, тенденция резкого сокращения производства кормовой муки в России, сформировавшаяся в 1990 г., происходит на фоне мирового роста производства этой продукции за счет таких стран, как Перу, Китай, Дания, Таиланд, Норвегия, ЮАР. Поэтому можно утверждать, что научно-исследовательские, конструкторские и производственные мероприятия по увеличению выпуска кормовой продукции приобретают сейчас особую народнохозяйственную значимость в нашей стране.

Для Дальневосточного бассейна целесообразным является организация полной переработки в кормовую продукцию отходов от разделки рыбы на судах и береговых предпри-

иях и переоснащение части крупно- и среднетоннажных судов, высвобождаемых из-за недостатка традиционных ресурсов. Вместе с тем для выбора рациональных параметров технологической обработки вторичного рыбного сырья, позволяющей получить кормовые продукты с повышенной кормовой и биологической ценностью, необходимо исследовать его состав и свойства.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение общего химического и аминокислотного состава, физико-химических свойств и показателей безопасности отходов от переработки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна как источника получения ферментированных кормовых продуктов с повышенной биологической ценностью.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились в лаборатории проблем рационального использования гидробионтов ФГУП «ТИНРО-Центр».

Объектом настоящих исследований являлось вторичное рыбное сырье – отходы от переработки массовых промысловых видов рыб Дальневосточного бассейна:

- отходы от разделки (внутренности без гонад) лососевых рыб (кеты, чавычи, кижуча, нерки) мороженые;
- отходы от разделки (головы) камбал мороженые;
- отходы от разделки мороженой сельди тихоокеанской на филе с кожей;
- отходы от разделки мороженой сайры тихоокеанской на тушку для производства консервов.

Отходы были предоставлены рыбодобывающими и рыбоперерабатывающими предприятиями Дальнего Востока: ООО «Коряк-морепродукт» (Камчатский край), ОАО «Южморрыбфлот», ООО «Зарубинская база флота», ЗАО ПРДП «Преображенский рыбокомбинат», ООО «Дальпико-рыбсервис» (Приморский край).

Подготовку проб к анализу осуществляли в соответствии с ГОСТ 8756.0-70. Определение показателей общего химического состава рыбных отходов проводили стандартными (ГОСТ 7636-85) и общепринятыми методами [1]. Определение содержания общего азота в минерализованной навеске осуществляли на приборе Kjeltac Auto 10 SO Analyzer (*Kjeltac 2300 Analyzer Unit (фирма FOSS, Швеция)*). Экстракцию липидов с последующим их количественным определением проводили по методу Блайя и Дайера [2].

Активную кислотность pH отходов определяли в водных экстрактах исследуемых объектов потенциметрическим методом на pH-метре (HANNA instruments, марка pH-210).

Содержание макро- и микроэлементов в пробах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре Nippon Jarrel Ach, модель AA-885, с использованием пламенно-ионизационного детектора. Свинец и мышьяк определяли на приборе фирмы «Hitachi», модель 170-70, с использованием графитовой кюветы в соответствии с ГОСТ 26930-86, ГОСТ 26932-86. Ртуть определяли в соответствии с ГОСТ 26927-86 беспламенным атомно-абсорбционным методом на микроанализаторе ртути Hirayama, модель Hg-1.

Подготовку проб для анализа аминокислотного состава рыбных отходов проводили путем обезвоживания и обезжиривания навески измельченных отходов (фарша) ацетоном, сушки и измельчения, солянокислым гидролизом сухой навески в ампуле при температуре 110 °С в течение 24 ч и упаривания гидролизата при 5-кратном промывании осадка дистиллированной водой на роторном испарителе под вакуумом [3, 4]. Содержание аминокислот в упаренной пробе определяли на аминокислотном анализаторе Hitachi L-8800 (Япония).

Для определения относительного содержания костной ткани использовали способ ферментного гидролиза, при котором измельченная рыбная масса разжижается до пульпы

и нерастворимых костных фрагментов и ее можно отделить путем протирания через металлическую решетку [5]. Смесь рыбных отходов тщательно измельчали, подогрели до 50 °С, добавляли раствор ферментного препарата (протосубтилин ГЗХ, протеолитическая активность 70 ед./г) в количестве 50 % с содержанием в нем сухого препарата 2 % к массе отходов и термостатировали в течение 2 ч при интенсивном перемешивании. Затем кости отцеживали от суспензии на металлическом сите с размером отверстий 2х3 мм, промывали водой.

Для определения физических свойств рыбных отходов пробу готовили в два этапа: грубое измельчение на куттере и последующее измельчение на комбайне. Напряжение сдвига и динамическую вязкость смеси рыбных отходов определяли с помощью ротационного вискозиметра Реотест-2 (Германия) с использованием цилиндрического измерительного устройства S-S1 при комнатной температуре. Плотность рассчитывали по отношению массы смеси отходов к объему, эквивалентному объему вытесненной из стакана воды. Насыпную массу исследуемых отходов вычисляли по отношению массы смеси отходов в емкости с фиксированным объемом к этому объему.

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в сырье и кормовых продуктах определяли по ГОСТ 10444.15-94, наличие патогенных микроорганизмов – по ГОСТ Р 52815-2007, ГОСТ 30726-2001, ГОСТ Р 52814-2007, ГОСТ Р 51921-2002.

Для численных данных результатов исследований рассчитывали среднее квадратичное отклонение от среднеарифметического.

Результаты и их обсуждение

Исследования массового соотношения структурных фрагментов (непищевых и условно пищевых частей тела рыбы) в отходах показали, что его характеристика зависит, главным образом, от способа разделки и направления использования пищевой части. При ручной разделке сайры на тушку для производства натуральных консервов и тихоокеанской сельди на филе (с кожей) для приготовления пресервов соотношение фрагментов тела различается. Кроме того, на массовое их распределение также влияет качество разделки, что, в свою очередь, зависит от качества поступающего на обработку неразделанного сырья. Зачастую, ввиду применения ручного способа разделки сельди и сайры на большинстве рыбоперерабатывающих предприятий Приморского края в отходы направляются фрагменты некондиционной рыбы с большим остаточным содержанием мяса.

Ввиду того, что в последнее время наметилась тенденция к максимальному использованию условно пищевых отходов от разделки лососевых для производства пищевой продукции (брюшков – в приготовлении малосоленой продукции, голов – в производстве консервов и копченых изделий, плавников с прирезами мяса – для суповых наборов), большая часть отходов от их переработки представлена внутренностями, без гонад. При производстве сушено-вяленой и копченой продукции из камбал наибольшая часть вторичного сырья представлена, главным образом, отходами от ее обезглавливания (головами).

Также стоит отметить, что на массовое соотношение непищевых фрагментов в отходах и выход пищевой части рыбы влияет сезон промысла. Поскольку соотношение непищевых частей в отходах неодинаковое, то и содержание костной ткани, не поддающейся гидролизу ферментами и менее ценной по своей пищевой и кормовой ценности, также различно (табл. 1), что следует учитывать при составлении фермент-субстратных соотношений при ферментной обработке белоксодержащего рыбного сырья.

Для теплоэнергетических расчетов машин и аппаратов технологической линии, а также подбора емкостей и конструкции бункеров для хранения вторичного рыбного сырья определяли их физические свойства (табл. 2).

По общему химическому составу отходы от разделки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна значительно различаются (табл. 3).

Таблица 1

Относительное содержание костной ткани в рыбных отходах

Table 1

The comparative content of the bony tissue in fish by-products

Источник отходов	Содержание, % отходов	
	минимальное	максимальное
Лососи тихоокеанские	0,7	1,9
Камбалы	9,1	10,1
Сельдь тихоокеанская	2,8	9,7
Сайра тихоокеанская	4,3	6,9

Таблица 2

Физические свойства рыбных отходов

Table 2

The physical properties of fish by-products

Показатель	Объект исследования			
	Лососевые т/о	Камбала	Сельдь т/о	Сайра т/о
Насыпная масса, кг/м ³	782,83	1053,28	993,80	973,45
Плотность, кг/м ³	942,3	1455,81	1373,60	1428,47
Напряжение сдвига, Па	26,88	66,72	155,80	189,04
Динамическая вязкость, Па·с	0,18	0,67	1,92	2,33

Таблица 3

Общий химический состав отходов от разделки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна

Table 3

The general chemical composition of mass marketable fish by-products of Far Eastern area

Химический компонент	Содержание в отходах, %				
	лососевых	камбалы	сельди	сайры	минтая*
Вода	64,13±0,4	78,50±0,4	71,60±0,1	67,32±0,5	79,95±1,9
Белок N _{об} ×6,25	10,63 ± 0,1	9,00 ± 0,1	16,59 ± 0,1	14,49 ± 0,7	14,40 ± 0,7
	29,63 ± 0,3	41,86 ± 0,5	58,42 ± 0,4	44,34 ± 2,1	71,82 ± 3,5
Липиды	24,17 ± 0,4	8,04 ± 0,6	9,61 ± 0,7	12,30 ± 0,6	1,70 ± 0,2
	67,38 ± 1,1	37,40 ± 2,8	33,84 ± 2,5	37,64 ± 1,8	8,48 ± 1,0
Минеральные вещества	1,14 ± 0,1	4,68 ± 0,7	2,90 ± 0,7	5,42 ± 0,4	3,58 ± 0,3
	3,18 ± 0,3	21,77 ± 3,3	10,21 ± 2,5	16,59 ± 1,2	17,86 ± 1,5
Активная кислотность pH	5,81	6,69	7,31	6,42	7,20

Примечание. В числителе – содержание (%) в пересчете на сырое вещество; в знаменателе – содержание (%) в пересчете на сухое вещество; * – [6].

По содержанию липидов исследуемые объекты, в соответствии с классификацией рыбного сырья И.П. Леванидова [7], можно отнести к среднежирному (отходы камбалы) и жирному (отходы сайры, сельди) сырью, что отличает их от тощих минтаевых отходов. Чрезвычайно высокое относительное содержание липидов обнаружено в отходах (внутренностях) лососевых пород рыб – 23,7-24,6 %. По содержанию белка камбаловые и лососевые отходы следует отнести к низкобелковому и среднебелковому сырью, отходы сайры и сельди, так же, как и минтая, – к белковому.

По содержанию минеральных веществ исследуемые виды отходов также неоднородны: у лососевых рыб – 1,14, сельди – 2,9, камбал – 4,68, сайры – 5,42 % , что связано с разным распределением в отходах мышечной, эпителиальной (кожа) и соединительной (костной) тканей. По данному показателю наиболее приближены к минтаевым отходам сайровые (17,86 и 16,59 % сухих веществ соответственно).

Важным критерием, определяющим пригодность сырья для использования в производстве пищевой и кормовой продукции, является его санитарно-гигиеническая и токсикологическая безопасность. Анализ содержания нормируемых токсичных микроэлементов в рыбных отходах (табл. 4) показал, что исследуемые виды вторичного сырья соответствуют требованиям к безопасности рыбного сырья по СанПиН 2.3.2.1078-01.

По микробиологическим показателям исследуемые рыбные отходы также безопасны для использования в производстве кормовой продукции (табл. 5).

Таблица 4

Содержание нормированных токсичных элементов в рыбных отходах, мг/кг сырого вещества

Table 4

The standardized toxic microelements content in the fish by-products, mg/kg of damp substance

Вид отходов	Токсичные элементы			
	Свинец Pb	Кадмий Cd	Ртуть Hg	Мышьяк As
Лососевые	<0,48	0,58	Н.П.О.	0,72
Камбаловые	<0,27	0,05	Н.П.О.	0,42
Сельдевые т/о	<0,35	0,07	Н.П.О.	0,11
Сайровые т/о	0,31	0,23	Н.П.О.	0,15
ПДК по СанПиН 2.3.2.1078-01	1,00	1,00	0,20	1,00

Примечание. Н.П.О. – ниже предела обнаружения.

Таблица 5

Микробиологические показатели отходов рыбопереработки

Table 5

The microbiological characteristics of the fish by-products

Вид отходов	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП в 0,1 г	Стафилококк в 1 г	Патогенные, в том числе сальмонеллы в 25 г
Лососевые	1,0 x 10 ⁴	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Сельдевые	1,1 x 10 ⁵	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Сайровые	2,0 x 10 ³	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Минтаевые	1,5x10 ⁵	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Норма	5,0 x 10⁵	Не допускается	Не допускается	Не допускается

В доступной научно-технической литературе отсутствуют конкретные сведения по аминокислотному составу рыбных отходов, в том числе отходов от переработки массовых промысловых дальневосточных рыб, ограничиваясь в основном приведением данных их общего химического состава. Аминокислотный состав обуславливает биологическую ценность сырья на разных этапах его технологической обработки и, как следствие, конечной продукции. В связи с этим было проведено исследование аминокислотного состава белков вторичного рыбного сырья (табл. 6).

Таблица 6

Аминокислотный состав белков рыбных отходов

Table 6

The amino acidic composition of the fish by-product proteins

Аминокислота	Содержание, г / 100 г белка, в отходах				
	лососевых	камбалы	сельди	сайры	минтая
Треонин	4,6	4,5	5,0	4,8	4,5
Валин	4,8	4,9	5,2	4,1	5,4
Метионин+цистеин	1,7	2,0	2,0	1,8	4,1
Изолейцин	3,9	4,1	4,1	3,2	4,4
Лейцин	7,9	8,0	9,3	7,6	7,6
Фенилаланин+тирозин	7,2	7,4	8,4	7,3	6,7
Лизин	8,4	6,7	7,0	7,6	7,3
Сумма незаменимых аминокислот	38,5	37,6	41,0	36,4	40,0
Аспарагиновая кислота	8,8	8,6	8,5	9,8	9,8
Серин	5,3	4,6	4,5	4,6	5,7
Глутаминовая кислота	14,8	16,3	15,4	14,6	15,2
Глицин	7,3	10,1	8,4	6,8	3,7
Аланин	6,4	4,2	4,0	8,2	6,2
Гистидин	3,5	3,3	3,9	5,2	2,0
Аргинин	6,7	5,4	8,7	6,1	7,3
Пролин	8,7	9,6	5,5	6,9	5,2
Сумма заменимых аминокислот	61,5	62,1	58,9	62,2	55,1

Результаты анализа свидетельствуют о том, что белки всех исследуемых видов вторичного рыбного сырья характеризуются высоким содержанием незаменимых аминокислот (от 36,4 до 41 г/100 г белка), среди которых преобладают лизин, лейцин, валин и треонин – наиболее ценные аминокислоты в кормах для сельскохозяйственных животных [8]. Лимитирующими в белках исследуемых рыбных отходов являются серосодержащие аминокислоты – метионин и цистеин (не более 2,0 г/100 г белка).

Известно, что аминокислоты, главным образом незаменимые, являются термолабильными компонентами, поэтому для их минимальных потерь в производственном процессе целесообразно использовать наиболее щадящие, низкотемпературные режимы и способы обработки. К таковым можно отнести биохимические приемы, в частности, использование ферментного гидролиза белоксодержащего сырья при температурах 40-60 °С [9], при котором можно получать различные продукты с улучшенными качественными характеристиками и лучшей усвояемостью по сравнению с продуктами, получаемыми при продолжительной высокотемпературной обработке сырья. Кроме того, при помощи ферментов можно обрабатывать жирное рыбное сырье [10] с получением рыбьего жира различного назначения.

Выводы

Таким образом, отходы от переработки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна, отличающиеся по химическому составу, являются перспективным сырьем для производства комплекса кормовых продуктов с улучшенными качественными характеристиками и повышенной биологической ценностью, при использовании щадящих, энерго-сберегающих режимов биохимической обработки сырья.

Список литературы

1. Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообработывающей промышленности. – М.: Пищепромиздат, 1976. – 518 с.
2. Bligh E.G., Dayer W.J. A rapid method of total lipid extraction // *Canad. J. Biochem Physiol.* – № 37. – P. 911-917.
3. Остерман Л.А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. – М.: Наука, 1985. – 536 с.
4. Баратова Л.А., Белянова Л.П. Определение аминокислотного состава белков // *Методы биохимического эксперимента: материалы методического семинара межфакультетской лаборатории биоорганической химии МГУ им. Ломоносова.* – М.: Изд-во МГУ, 1974. – С. 3-36.
5. Черногорцев А.П., Дулатова Р.Г. Технология приготовления кулинарных и колбасных изделий из мелкой рыбы на основе ее ферментирования // *Рыб. хоз-во.* – 1967. – № 8. – С. 63-66.
6. Кузнецов Ю.Н. Обоснование биотехнологической модификации отходов от разделки минтая: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток, 2002. – 139 с.
7. Леванидов И.П. Классификация рыб по содержанию в их мясе жира и белков // *Рыб. хоз-во.* – 1968. – № 9. – С. 50-51; № 10. – С. 64-66.
8. Вакула В.Л. Биотехнология: что это такое? – М.: Молодая гвардия, 1989. – 301 с.
9. Биопрепараты сегодняшнего и завтрашнего дня. Рекламный проспект НПО «Фермент». – Вильнюс: Изд-во экспериментального художественно-конструкторского бюро, 1985. – 48 с.
10. Кузнецов Ю.Н. Ферментативные технологии для получения кормовой муки и жира из рыбного сырья: материалы науч.-практ. конф. «Приморье – край рыбацкий». – Владивосток, 2002. – С. 112-116.

Сведения об авторе: Помоз Алексей Сергеевич, аспирант, e-mail: plerik@mail.ru.

УДК 664. 95

Д.Ю. Проскура, Е.В. Паевская

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМ-ТЕХНОЛОГИЙ В РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Содержатся материалы о применении ЭМ-технологий в традиционных областях (растениеводстве, животноводстве, экологии). Анализируется спектр применения и способы воздействия ЭМ-препаратов. Приведены рекомендации по возможностям и перспективам применения ЭМ-технологий в рыбной промышленности с использованием как на береговых предприятиях, так и в судовых условиях.

Ключевые слова: ЭМ-технологии, ЭМ-препараты, рыбопереработка, оптимизация, процесс.

D.Y. Proskura, E.V. Payevskaya

NEAR-TERM OUTLOOK OF EFFECTIVE MICRO-ORGANISM APPLICATION IN FISHERY

This article involves materials about application of effective micro-organism technologies in traditional fields (plant-growing, stock-raising, ecology).

Range of application and methods of effects of effective micro-organism agents are examined in the article. Recommendations for opportunities and near-term outlook of effective micro-organism technologies in fishery with application ashore and under ship conditions are quoted herein.

Key words: effective micro-organism technologies, effective micro-organism agents, fish processing, optimization, process.

Эффективные микроорганизмы, или ЭМ-технологии, являются новой, относительно молодой, но уже общепризнанной областью знаний. Поэтому в этой области постоянно ведутся серьезные научные исследования, проводятся многочисленные опыты, в результате которых открываются все новые возможности по практическому применению ЭМ-технологий. Микроорганизмы – это мельчайшие живые существа, размеры которых измеряются миллионными долями миллиметра. История жизни на Земле началась с микроорганизмов. Микроорганизмы являются неотъемлемой составной частью макроорганизмов, таких, как растения, животные или человек, которые, в свою очередь, выступают в качестве микрофлоры или макрофауны более сложного макроорганизма, каковым можно представить нашу планету.

Цель ЭМ-технологии заключается в создании оптимальных условий для развития полезной микрофлоры, приводящей к оздоровлению объекта (почвы, растений и т.д.).

Задача ЭМ-технологий состоит и в том, чтобы обеспечить равновесие между полезными и патогенными микроорганизмами в точке золотого сечения, когда примерно 2/3 полезных микроорганизмов достаточно, чтобы обеспечить здоровье биологического объекта и сбалансировать по составу микро-, макроэлементов, органических соединений. Как в среде животных, так и в среде патогенных микроорганизмов около 5 % видов являются ведущими. Остальные, будучи изначально либо более регенеративными, чем дегенеративными, либо, наоборот, могут в значительной степени поменять свою исходную ориентацию, но только в ту сторону, где больше лидерства.

В итоге получилось, что если в объекте больше микроорганизмов, являющихся регенеративными лидерами, то такой является и сама среда, а потому и биообъекты в такой среде

процветают, представляя одновременно благополучное развитие и исключительное здоровье. Если же преобладают патогенные лидеры, то наблюдается слабое развитие и болезни.

Область применения ЭМ-технологий весьма широка – это и растениеводство, животная жизнь и вообще любая биологическая среда, так как все биологические объекты имеют, по сути, единую микробиологическую структуру. ЭМ-технологии играют исключительную продуктивную животворную роль при внесении их в любую биологическую среду, будь то почва, организм человека или животного, естественные отходы или любая другая требующая биологической очистки среда.

Рождение ЭМ-технологий имело мировой резонанс. Ее внедрение стало частью национальной политики многих деятелей государств, от США, Германии, Франции до Таиланда и Парагвая. Например, в Великобритании государственные субсидии фермерам, полностью переходящим на ЭМ-технологии, составляют 40 фунтов на гектар.

Главной причиной исключительной многофункциональности ЭМ-препарата является широчайший диапазон действия входящих в его состав микроорганизмов. Вот лишь наиболее крупные группы входящих в ЭМ-препараты микроорганизмов и основные выполняемые ими функции:

Фотосинтезирующие бактерии – независимые самоподдерживающиеся микроорганизмы. Эти бактерии синтезируют полезные вещества из корневых выделений растений, органических веществ и ядовитых газов (например, сероводорода), используя солнечный свет и тепло почвы как источники энергии. Полезные вещества включают в себя аминокислоты, нуклеиновые кислоты, другие биологически активные вещества и сахара. Эти вещества поглощаются растениями непосредственно и также выступают в качестве пищи для развивающихся бактерий. Так, в ответ на увеличение числа фотосинтезирующих бактерий растет содержание других эффективных микроорганизмов. Например, содержание микоризных грибов увеличивается из-за доступности азотных соединений (аминокислот), используемых как субстрат, который выделяется фотосинтезирующими бактериями.

Молочнокислые бактерии вырабатывают молочную кислоту из сахара и других углеводов, произведенных фотосинтезирующими бактериями и дрожжами. Напитки типа йогурта и рассолов производят с использованием молочнокислых бактерий уже давно. Молочная кислота – сильный стерилизатор. Она подавляет вредные микроорганизмы и ускоряет разложение органического вещества. Кроме того, молочнокислые бактерии способствуют разложению лигнинов и целлюлозы и ферментируют эти вещества.

Молочнокислые бактерии способны подавить распространение вредного микроорганизма *Fusarium*, вызывающего болезни. Увеличение численности *Fusarium* вызывает развитие других болезней и часто заканчивается вспышкой нематод. Численность нематод падает постепенно, по мере того, как бактерии молочной кислоты подавляют распространение *Fusarium*.

Дрожжи синтезируют антибиотические и полезные вещества из аминокислот и сахаров, продуцируемых фотосинтезирующими бактериями, органическими веществами и корнями растений.

Биологически активные вещества типа гормонов и ферментов, произведенные дрожжами, стимулируют точку роста и, соответственно, рост корня. Они секретируют (выделяют) полезные субстраты для эффективных микроорганизмов типа молочнокислых бактерий и актиномицетов.

Актиномицеты, которые по своему строению занимают промежуточное положение между бактериями и грибами, производят антибиотические вещества из аминокислот, выделяемых фотосинтезирующими бактериями и органическим веществом. Эти антибиотики подавляют рост вредных грибов и бактерий.

Актиномицеты могут сосуществовать с фотосинтезирующими бактериями. Таким образом, обе группы улучшают состояние почвы.

Ферментирующие грибы. Грибы типа *Aspergillus* и *Penicillium* быстро разлагают органические вещества, производя этиловый спирт, сложные эфиры и антибиотики. Они подавляют запахи и предотвращают заражение объекта вредными насекомыми и их личинками.

Каждая разновидность эффективных микроорганизмов (фотосинтезирующие бактерии, молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты, грибы) имеют собственную важную функцию, но при этом, с одной стороны, поддерживают других микроорганизмов, с другой – используют вещества, произведенные этими микроорганизмами. Это явление и есть симбиоз.

Из вышесказанного можно понять, что ЭМ-технологии распространяются по области применения очень широко и быстро. Исследования по возможностям ЭМ-технологий не прекращаются и дают все новые и новые результаты. Мы обратили внимание на то, что ЭМ-технологии пока не затронули такой важной отрасли, как рыбная промышленность. А это очень мощная в товарном исчислении промышленность, охватывающая не только все морские акватории страны, но и внутренние реки и озера. На сегодняшний день ЭМ-технологии применяются только в некоторых рыбопроизводных хозяйствах, и то только для того, чтобы улучшить качество воды, уменьшив с помощью ЭМ-технологий количество патогенных бактерий в стоячей воде водоемов, что хорошо отражается и на обитателях таких водоемов.

Предлагаем расширить спектр применения ЭМ-технологий в рыбной промышленности. Используя свойства ЭМ-технологий, преобразовывать органические отходы в удобрения или просто разлагать их до безопасного для здоровья и экологии состояния. Возможно их использование на рыбозаводах, сезонных рыбозаготовительных цехах, малых предприятиях, специализирующихся на производстве рыбопродукции. Рыбозаводы и рыбные цеха для утилизации отходов используют дорогостоящие очистные сооружения для жидких отходов и специальные свалки для твердых. А сезонные заготовительные цеха вообще сбрасывают отходы рядом с цехами, не имея возможности не переработать их, не вывезти в специальные места, что, в свою очередь, наносит непоправимый вред экологии этих мест.

Используя ЭМ-технологии, можно на таких предприятиях создать специальные пункты по утилизации органических отходов. Для этого понадобятся закрытые емкости определенного объема, зависящего от производительности предприятия, с подачей в них отходов из цеха и отводом переработанного продукта. Емкость заполняется органическими отходами, и по расчетным таблицам добавляется ЭМ-препарат. В зависимости от надобности отходы либо становятся удобрением, либо совершенно безвредными, так как все патогенные микроорганизмы погибли (рис. 1).

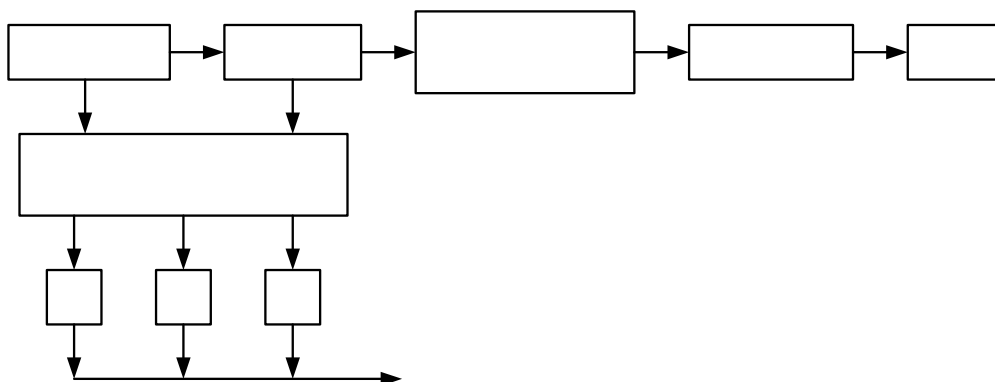


Рис. 1. Технологическая схема переработки отходов рыбной промышленности в удобрения
Fig. 1. The technological scheme of progressing of waste of fishing industry in fertilizers

Рыбоперерабатывающие предприятия (береговые), как правило, имеют сезонный цикл работы. Пик загруженности мощностей приходится на время путины (лососевой, минтаевой, сайровой, сельдевой и т.д.). Пик выброса отходов также привязан к путине.

На примере Корсаковского района Сахалинской области можно рассмотреть проблемы с отходами рыбопереработки. Только на лососевой путине береговые (сезонные) предприятия выбрасывают до 8 тыс. т отходов, нанося непоправимый вред экологии из года в год.

Вопросы переработки отходов в рыбную муку упираются в высокую энергоемкость процесса, это делает его нерентабельным, а другой альтернативы нет.

Способ, предложенный нами на данном этапе, является единственным невысокозатратным, с выходом товарной продукции. Для рыбоперерабатывающих предприятий с суточным выходом отходов 5 т (около 15 %) от переработанного сырья (лососевые виды рыбы) потребуется для утилизации (переработки в удобрения) 10-12 специально оборудованных бункеров (бетонное обрамление стен и дна); теплоизоляционная крышка (для поддержания стабильной температуры в бункере); вентиляционные окна для подачи кислорода.

Такая конфигурация позволит непрерывно перерабатывать отходы производства (последний бункер загружается, первый освобождается от готового удобрения).

Проведя лабораторные исследования с препаратом марки «Байкал ЭМ-1» на отходах: сельдь, навага, камбала (внутренности, плавники, хвосты, головы), при контрольных навесах 1 кг отходов при нормальной температуре 20-22 °С (в помещении), – мы получили разные результаты при разных концентрациях препарата (рис. 2).

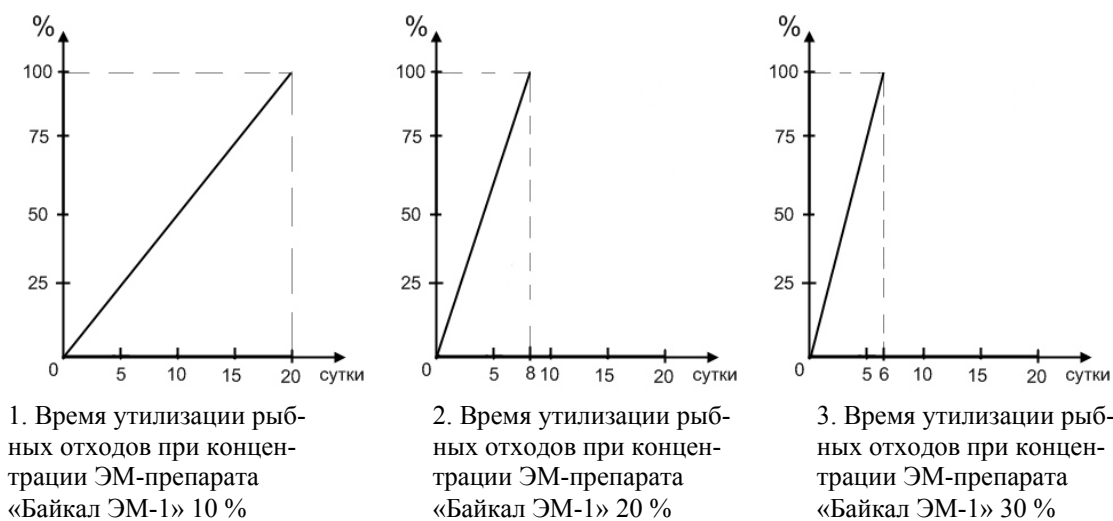


Рис. 2. Сравнительные графики утилизации рыбных отходов при разной концентрации препарата «Байкал ЭМ-1»

Fig. 2. The comparative schemes of fish offal's unitization at different concentration of «Baikal EM-1» agent

Из вышеприведенных графиков видно, что чем выше концентрация ЭМ-препарата, тем интенсивнее идет процесс переработки отходов. Использование препарата концентрацией выше 20 % (водный раствор) становится экономически не выгодно. Расход препарата становится очень высоким, что делает производство удобрений дороже (закупка, доставка, хранение). Возможность изготовления ЭМ-препарата на месте требует специально подготовленной лаборатории, что не рентабельно в условиях сезонных заводов. Это позволительно только для всесезонных рыбозаводов. Для приготовления ЭМ-растворов существует стандартная таблица, исходя из которой и готовился раствор для эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

Приготовление ЭМ-растворов необходимой концентрации из ЭМ-препарата

Table 1

Preparation of EM – solution of necessary concentration from EM agents

Концентрация в пропорции П : В (препарат : вода)	Концентрация, % П / В (препарат / вода)	Количество ЭМ-препарата, необходимое для приготовления раствора заданной концентрации						
		Вода 1 л	Вода 2 л	Вода 3 л	Вода 5 л	Вода 10 л	Вода 100 л	Вода 1000 л
1:10	10	100 мл	200 мл	300 мл	500 мл	1 л	10 л	100 л
1:100	1	10 мл	20 мл	30 мл	50 мл	100 мл	1 л	10 л
1:500	0,2	2 мл	4 мл	6 мл	10 мл	20 мл	200 мл	2 л
1:1000	0,1	1 мл	2 мл	3 мл	5 мл	10 мл	100 мл	1 л
1:2000	0,05	0,5 мл	1 мл	1,5 мл	2,5 мл	5 мл	50 мл	500 мл

Следует отметить, что время переработки разных видов отходов (рыбные, двустворчатые моллюски, головоногие моллюски) также разное. Проведенные в одинаковых условиях лабораторные исследования разных видов отходов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Время переработки разных видов отходов

Table 2

Time of different fish offal's processing

Вид отходов	Концентрация ЭМ-препарата, %		
	10	20	30
Рыбные	15 сут	8 сут	6 сут
Двустворчатые моллюски (без раковины)	11 сут	6 сут	4 сут
Головоногие моллюски	10 сут	5 сут	3 сут
Крабы, креветки (с дробленным панцирем)	10 сут	6 сут	4 сут

Примечания. 1. В естественных условиях (специальных бункерах для переработки) время утилизации будет отличаться от лабораторных исследований вследствие колебаний суточных температур.

2. Исследования смешанных видов отходов не проводилось.

То же самое можно использовать и на рыболовецких судах с цехами по переработке сырья на месте. Все органические отходы должны собираться в специальные емкости и сдаваться на берегу. Используя ЭМ-технологии, можно перерабатывать отходы в море и сбрасывать в море без ущерба для экологии (рис. 3).

Такое применение ЭМ-технологий дает хороший экономический эффект, поможет сохранить экологию, а в случае изготовления удобрений может принести и прибыль предприятию. Также актуально применение ЭМ-технологий в хранении и транспортировке сырья в теплое время года без специального оборудования (холодильников, пересыпкой чешуйчатым льдом), но только не длительное время. Объективно это будет от 2 до 8 ч в зависимости от сырья и температуры окружающего воздуха.

Не секрет, что суда прибрежного лова, такие, как МРСы, мотоботы, рыбацкие шхуны, не имеют на борту охлажденных помещений и трюмов, поэтому добытое сырье необходимо быстро доставить на берег для заморозки или переработки, что не всегда удается из-за удаленности лова, погодных условий или задачи рейса. Для таких случаев на судне необходимо

иметь запас ЭМ-препаратов. При незапланированной задержке судна в море надо согласно правилам (разрабатываются специально под вид сырья – рыба, крабы, креветка и т.д.) оросить сырье ЭМ-препаратом нужной концентрации. ЭМ-препарат предотвратит или уничтожит, если они уже размножились, патогенные бактерии, что позволит сохранить сырье в свежем виде (рис. 4).

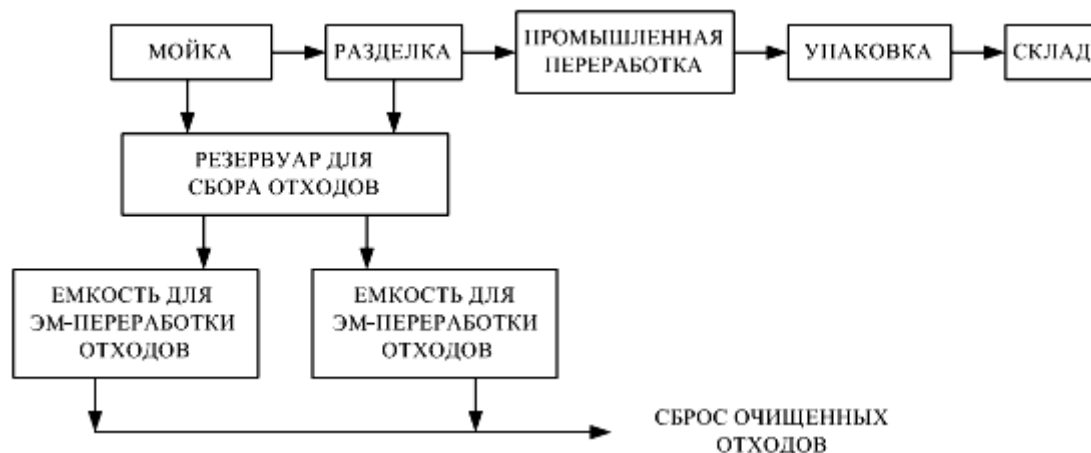


Рис. 3. Технологическая схема переработки отходов в судовых условиях
 Fig. 3. The technological scheme of progressing of waste in ship conditions

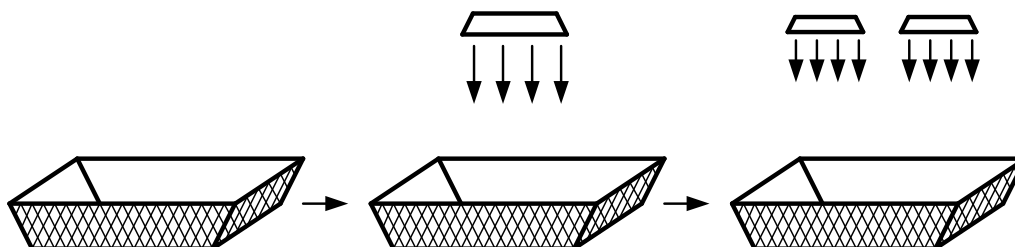


Рис. 4. Схема использования ЭМ-препарата при краткосрочном хранении или транспортировке рыбного сырья без охлаждения и заморозки
 Fig. 4. The scheme of use of the EM-preparation at short-term storage or transportation of fish raw materials wish out cooling and frosts

Приведенная выше схема очень актуальна для применения на небольших рыболовных судах, работающих в прибрежных водах, не оборудованных холодильниками. В летние месяцы отдельные виды сырья (краб, креветка, ракушка) может храниться без специальных условий не более 2-4 ч. Зависимость от времени хранения выловленного сырья часто заставляет рыбаков возвращаться раньше запланированного времени на базу, невзирая на удачные условия рыбалки, чтобы спасти уже добытое сырье. Что далеко не всегда экономически выгодно.

Применение ЭМ-препарата дает возможность увеличить сроки хранения сырья в 1,5-2 раза без значительных затрат (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная таблица хранения сырья разных видов без применения ЭМ-раствора и с применением ЭМ-раствора при температуре 23-25 °С

Table 3

The comparative table of different fish raw materials storade without EM-solution and with EM-solution application at temperature 23-25 °С

Вид сырья	Время хранения, ч	
	без раствора	с ЭМ-раствором
Рыба свежевывловленная (минтай, камбала, сельдь, треска)	12-14	20-22
Краб, креветка	2-4	8-10
Гребешок	6-8	8-12

Применение: лабораторные микробиологические исследования пока не проводились (планируются на летний сезон 2012 г.). Результаты получены по органолептическим свойствам.

Неудобство может доставить только необходимость перед обработкой сырье промыть пресной водой. Такой способ можно использовать и при аномально высоких летних температурах.

Приступая к практическому использованию ЭМ-технологий, необходимо остановиться на некоторых моментах, которые нужно иметь в виду:

- ЭМ-технология – наука творческая, что обусловлено абсолютной уникальностью и универсальностью ЭМ. До сих пор открываются новые возможности, специфика использования. Неожиданностью стало то, что ЭМ эффективно разлагают до безопасного для человека состояния соли тяжелых металлов;

- приступать к использованию ЭМ-технологий можно в любой момент времени;

- нельзя забывать, что эффективность ЭМ в первую очередь зависит от соблюдения элементарных постулатов ЭМ-технологии.

Список литературы

1. Халтурин Е.В. Чудо-технология. Теория и практика применения препарата «Байкал ЭМ-1». – М., 2010.
2. Ольшанский А.А. ЭМ-технология – земледелие Века. – М., 2007.
3. Информационный бюллетень EMRO Newsletters. – 2009. – № 8.
4. Информационный бюллетень EMRO Newsletters. – 2010. – № 12.
5. Вопросы и ответы ЭМ-технологий. Приложения к журналу «Надежда планеты». – 2004.

Сведения об авторах: Проскура Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель, e-mail: dim.proskura@mail.ru;

Паевская Евгения Владимировна, студентка, e-mail: jesik.08@list.ru.

УДК 576.8:664.951

Л.В. Тринько¹, Л.Ю. Лаженцева¹, Л.В. Шульгина²¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4**ТЕХНОЛОГИЯ НОВЫХ ВИДОВ КОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ
ИЗ ГОЛОВОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ**

Разработана технология новых видов консервированных продуктов из головоногих моллюсков, морской капусты и растительного сырья. Готовые консервы на основе головоногих моллюсков и растительного сырья имели высокие потребительские свойства и биологическую ценность. Высокая усвояемость разработанных продуктов и полноценность их белков обусловлена рациональным комбинированием их рецептур. Разработаны и утверждены режим стерилизации консервов и технические документы. Новая технология внедрена в рыбоконсервное производство.

Ключевые слова: кальмар, осьминог, растительные компоненты, стерилизация, консервы, биологическая ценность.

L.V. Trinko, L.YU. Lazhentseva, L.V. Shulgina**TECHNOLOGY OF NEW SPECIES OF CANNED PRODUCTS FROM CEPHALOPODS**

The technology of new types of canned products from cephalopods, sea kale and plant materials. Ready-made canned food, based on cephalopods and plant materials have high consumer properties and biological value. High digestibility of the developed products, and usefulness of their proteins is due to a rational combination of their recipes. Developed and approved mode of sterilization of canned food and technical documents. New technology introduced in the fish-canning industry.

Key words: squid, octopus, vegetable components, sterilization, canned food, biological value.

Введение

Одним из важнейших путей решения проблемы питания и здоровья населения является широкое использование водных биологических ресурсов, которые являются источниками высокоусвояемых полноценных белков, некоторых незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, редко встречающихся микроэлементов и других ценных для организма человека биологически активных соединений. Особенности химического состава морских объектов и большое разнообразие обуславливает преимущество их перед наземными животными как источников ценных соединений. Известно, что в составе рациона питания населения стран с высокой продолжительностью жизни преобладают продукты из объектов морского и океанического промысла, так как они препятствуют снижению активности физиологических процессов в организме человека [1].

Проведенные маркетинговые исследования по анализу рынка продукции из морского нерыбного сырья и ее востребованности показали, что высокой популярностью в последние годы пользуются поликомпонентные продукты, готовые для непосредственного употребления, в частности, консервы [2, 3, 4]. Производство консервов из биоресурсов имеет значительные преимущества перед другими способами технологической обработки. Консервированные продукты непосредственно готовы к употреблению, что немаловажно для потребителя, имеют хорошие вкусовые качества, срок хранения их значительно больше, чем у любых других продуктов из аналогичного сырья. В стерилизованные консервы не

требуется добавлять консерванты или другие добавки, имеющие по концентрации ограничение и не несущие пищевой ценности или влияющие отрицательно на организм. Консервы из гидробионтов содержат многие биологически активные вещества, которые после стерилизации в герметичной упаковке практически не претерпевают изменений при длительном хранении [5, 6].

Обоснование и разработка поликомпонентных пищевых продуктов в настоящее время является предметом перспективных научных исследований. Специалисты в области питания рекомендуют использование продуктов из сырья, в котором белки и другие нутриенты находятся в естественных соотношениях [7, 8]. Известно, например, что преобладание в рационе питания продуктов растительного происхождения формирует в аминокислотном балансе человека дефицит трех аминокислот (лизина, треонина и метионина), который невозможно снизить обогащением продукции синтетическими препаратами или биологически активными добавками к пище [9]. Поликомпонентность продуктов обуславливает их высокие органолептические показатели, заданный состав или сбалансированность по основным нутриентам, что позволяет обогатить пищевой рацион человека и обеспечить поступление в организм необходимых соединений.

Целью настоящей работы явилось разработка рецептур и технологии новых видов поликомпонентных консервов на основе головоногих моллюсков и растительного сырья.

Объекты и методы исследований

Для изготовления консервов в качестве основных компонентов были использованы осьминог и кальмар.

Осьминог и кальмар являются белковыми объектами [10]. Азотсодержащий компонент в тканях моллюсков представлен в большом количестве небелковой формой (пептиды и свободные аминокислоты), доля которого в общей сумме азотсодержащих веществ достигает 33 %. Это обеспечивает высокую доступность белкового компонента продукта для организма человека, так как пептиды и свободные аминокислоты значительно быстрее втягиваются в анаболические процессы, минуя этап расщепления белков под действием протеолитических ферментов. Кроме того, мягкие ткани моллюсков содержат такие биологически активные азотсодержащие вещества, как таурин, карнозин, его гомолог – ансерин, активный пептид – ганглин и другие, что определило использование моллюсков для получения биологически активных добавок к пище различного назначения [11]. Содержание углеводов в этих моллюсках составляет не более 5 %, но представлены они моносахаридами, гликогеном и находятся в связанном с белками состоянии в виде протеогликанов и гликопротеинов, обладающих положительным действием на иммунную и кровеносную системы человека.

Дополнительными компонентами для введения в состав консервов являлись морская капуста и наземное растительное сырье – морковь, лук и бобовые. Введение в рецептуру овощей и морской капусты обеспечивает снижение себестоимости продукта и обогащение его дополнительными пищевыми веществами (пищевыми волокнами, ди- и моносахаридами, минеральными элементами и др.).

Определение органолептических и физических показателей, а также общего химического состава сырья и консервов проводили по общепринятым методикам [12-14]. Микробиологические показатели безопасности определяли в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01. Аминокислотный состав белков консервов определяли после кислотного гидролиза навески каждого образца [15] на аминокислотном анализаторе фирмы Hitachi «L-8800» (Япония).

Разработку режимов стерилизации многокомпонентных консервов и проверку их надежности проводили согласно «Инструкции по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов» [16].

Определение относительной биологической ценности (ОБЦ) консервов проводили экспресс-методом с использованием инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в соответствии с рекомендациями Ю.П. Шульгина с соавторами [17]. Равнозначность методов биологической оценки качества белков с использованием инфузорий и животных доказана отечественными и иностранными исследователями [18-20]. Показатель ОБЦ является интегральным показателем физиологического воздействия пищевых продуктов и выражается в процентах по отношению к стандартному белку – казеину.

Результаты и их обсуждение

Разработанная технология консервов включала подготовку основного сырья и вспомогательных материалов, изготовление смеси, подготовку тары, фасование в банки, закатывание и мойку герметически укупоренных банок, их стерилизацию и охлаждение.

Подготовку головоногих моллюсков и морской капусты осуществляли по технологическим инструкциям «Сборника технологических инструкций по производству консервов и пресервов», часть 2, утвержденных приказом Минрыбхоза СССР № 591 от 28.12.88 (1989), после чего их нарезали на кусочки размером не более 20×40 мм.

Бобовые (фасоль или сою) инспектировали, удаляли некондиционные части и примеси, замачивали в массовом соотношении 1:3 при температуре 50-70 °С в течение 2 ч. Воду меняли 2-3 раза, после чего бобы фасоли или сои бланшировали, охлаждали водой температурой не более 20 °С до температуры 35-40 °С.

Лук и морковь после тщательной очистки и мойки шинковали и пассеровали в растительном масле.

Для ароматизации растительного масла использовали молотые пряности, которые смешивали с нагретым до температуры 100-110 °С маслом в объемном соотношении 1:100 (содержание корицы – 0,4, душистого перца – 0,3, красного или черного перца) и выдерживали в течение 2 ч.

Из подготовленных материалов составляли смесь для консервов согласно рецептуре (табл. 1), в которой количество отдельных составляющих и их соотношение определялось как содержанием основных нутриентов, так и вкусовыми особенностями.

Рецептуры смеси на 1000 учетных банок консервов, кг

Таблица 1

Compounding the mixture to 1000 accounts cans, kg

Table 1

Компонент	Варианты рецептур			
	1	2	3	4
Тихоокеанский кальмар	130,8	130,8	-	-
Осьминог	-	-	130,8	130,8
Капуста морская	80,4	80,4	80,4	80,4
Морковь	40,5	40,5	40,5	40,5
Лук	39,3	39,3	39,3	39,3
Фасоль	35,7	-	35,7	-
Соя	-	35,7	-	35,7
Соль	3,5	3,5	3,5	3,5
Масло	26,8	26,8	26,8	26,8
Выход смеси с учетом 2 % потерь	357,0			

После перемешивания подготовленную смесь фасовали в банки № 6, масса нетто составляла 250 г.

Стерилизацию консервов осуществляли в автоклаве АВ-2 паром, охлаждение – водой с противодавлением. Предварительно проводили ряд микробиологических и теплофизических исследований, в результате которых были установлены основные параметры стерилизации консервов с учетом рассчитанной величины нормативного стерилизующего эффекта, необходимого для обеспечения промышленной стерильности и высоких товароведных характеристик продукта. Наиболее приемлемой оказалась температура стерилизации 115 °С, при которой растительные компоненты и морепродукты в большей степени сохраняли цвет и консистенцию.

Анализ полученных результатов теплофизических и микробиологических исследований позволил подобрать режим стерилизации, который имел следующую формулу:

$$\frac{5-15-70-20}{115\text{ °С}} 0,18\text{ МПа, } F = 6,5\text{ усл. мин.}$$

Надежность разработанного режима стерилизации поликомпонентных консервов в соответствии с «Инструкцией по разработке режимов стерилизации...» [16] была определена лабораторной проверкой методом искусственного заражения банок спорами *Cl. sporogenes* – 25. Режим стерилизации обеспечивал промышленную стерильность консервов и стабильность их в процессе хранения.

Готовые стерилизованные поликомпонентные консервы на основе головоногих моллюсков и растительного сырья имели хороший внешний вид, сочную и нежную консистенцию, приятный вкус и запах.

Пищевая и энергетическая ценность консервов приведена в табл. 2.

Показатели пищевой и энергетической ценности консервов

Таблица 2

Table 2

Indicators of food and energy value of canned

Компонент	Массовая доля (г/100 г продукта) в консервах вариантов			
	1	2	3	4
Вода	72,7	67,8	73,5	68,7
Белок	10,5	11,8	9,77	11,0
Липиды	8,8	9,9	8,9	10,0
Углеводы	6,2	8,4	6,2	8,4
Минеральные вещества	1,8	2,1	1,7	1,9
Энергетическая ценность, ккал/100 г	146	170	144	168

Одним из показателей преимущества разработанных консервов поликомпонентного состава как продуктов питания является их высокая биологическая ценность.

В табл. 3 и 4 приведены результаты исследований аминокислотного состава консервов. Показано, что консервы содержат весь набор аминокислот, сумма которых в 100 г продуктов составляет от 8609 мг до 10304 мг. Несмотря на то, что в рецептуру консервов входят растительные компоненты, обедненные незаменимыми аминокислотами [21], количество последних в готовых стерилизованных продуктах в зависимости от ассортимента составляет от 30,25 (вариант 3) до 42,2 % (вариант 1) от общей суммы аминокислот.

Таблица 3

Содержание аминокислот в консервах, мг в 100 г

Table 3

Amino acid content in canned, mg per 100 g

Аминокислота	Варианты консервов			
	1	2	3	4
Валин	436	515	193	290
Изолейцин	256	334	337	415
Лейцин	923	1016	642	735
Лизин	900	950	355	505
Метионин + цистеин	216	244	239	266
Треонин	1001	353	443	495
Триптофан	141	162	88	107
Фенилаланин + тирозин	236	284	308	356
Сумма незаменимых аминокислот	4109	3858	2605	3079
Аланин	546	607	399	459
Аргинин	721	843	606	727
Аспарагиновая кислота	1026	1162	1166	1299
Гистидин	183	136	218	170
Глицин	224	282	302	360
Глутаминовая кислота	1515	1807	1542	1833
Пролин	625	654	656	684
Серин	462	547	451	534
Тирозин	193	236	294	337
Цистин	136	172	370	406
Сумма заменимых аминокислот	5631	6446	6004	6809
Общее количество аминокислот	9740	10304	8609	9888

По количеству и соотношению незаменимых аминокислот (аминокислотный скор) их белковый компонент соответствует физиологически оптимальным значениям – шкале ВОЗ/ФАО (табл. 4). Полноценность белка в разработанных продуктах обусловлена рациональным комбинированием их рецептур.

Таблица 4

Аминокислотный скор белков разработанных видов консервов

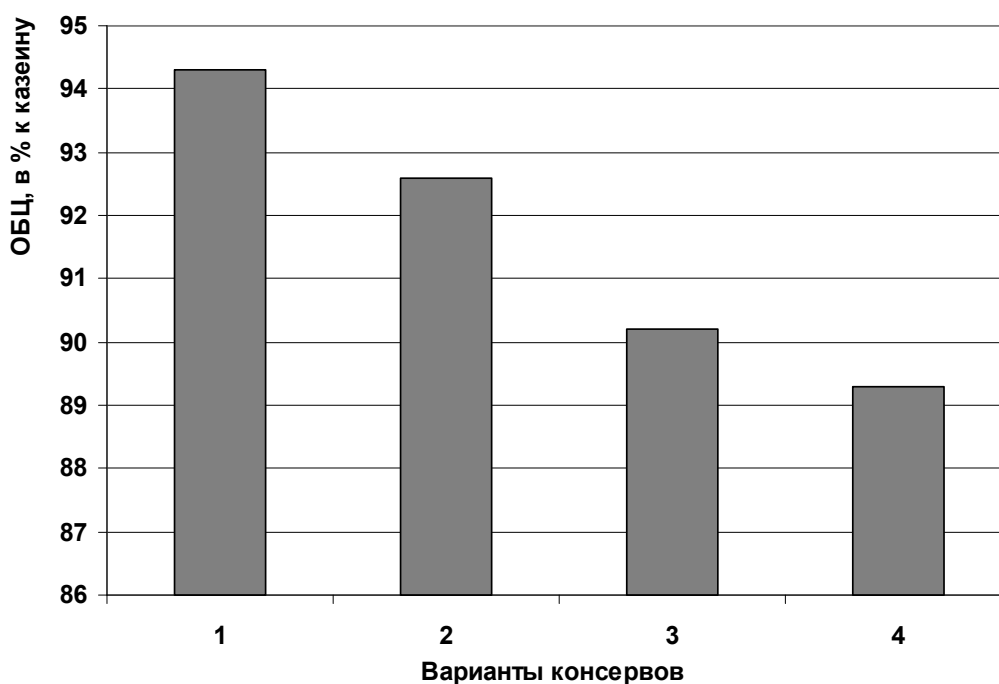
Table 4

Amino acid fast proteins developed kinds of canned

Аминокислота	Шкала ВОЗ/ФАО	Варианты консервов							
		1		2		3		4	
		А	С	А	С	А	С	А	С
Валин	5	4,9	98	5,1	102	6,7	134	7,6	152
Изолейцин	4	4,1	102	4,2	105	4,7	117	4,9	122
Лейцин	7	8,8	125	9,1	130	7,3	104	7,5	107
Лизин	5,5	8,5	154	9,0	163	5,3	96	5,8	105
Метионин + цистеин	3,5	3,8	108	4,0	114	3,6	102	3,5	100
Треонин	4	3,9	97	4,4	110	4,1	102	5,0	125
Триптофан	1	2,1	210	2,9	290	3,4	340	3,7	370
Фенилаланин + тирозин	6	5,7	95	6,1	101	6,7	111	6,9	115

Примечание. А – количество аминокислоты, г/100 г белка; С – значение сора, %.

Методом биотестирования готовых консервов было установлено (рисунок), что их фактическая биологическая ценность выше, чем у натуральных консервов из одноименных объектов. Например, у разработанных нами консервов, включающих кальмар, сою и растительные компоненты, показатель ОБЦ составляет 92,7 %. У натуральных консервов из тихоокеанского кальмара его значение ниже – 85,3 %, из стерилизованной сои – 70,6 % [22]. Следовательно, повышению усвояемости белков разработанных консервов индикаторным организмом способствуют входящие в состав продуктов растительные компоненты, в частности, морская капуста и овощи. Они содержат пищевые волокна и витамины [21], которые способствуют интенсификации белкового обмена и анаболических процессов в живом организме.



Значения фактической биологической ценности разработанных вариантов поликомпонентных консервов
The values of the actual biological value of the options developed multicomponent canned

На основе результатов проведённых исследований разработана и утверждена техническая документация (ТУ и ТИ) на производство консервов из головоногих моллюсков, морской капусты и растительного сырья. Разработанная технология новых видов консервов из головоногих моллюсков внедрена в производство ОАО «АПК Славянский – 2000».

Список литературы

1. Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г. Комплексное использование морских организмов. – М.: Пищ. пром-сть, 1980. – 280 с.
2. Доценко С.М., Скрипко О.В. Новые технологии рыбных паштетов // Рыб. пром-сть. – 2005. – № 2. – С. 22-23.
3. Липатов Н.Н., Рогов И.А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности // Изв. вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9-15.
4. Студенцова Н.А. Функциональные продукты питания из гидробионтов // Пищ. пром-сть. – 2003. – № 11. – С. 80.

5. Серпунина Л.Г. Исследования по созданию консервированных продуктов целевого назначения из гидробионтов // Сб. науч. тр. КГТУ. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1997. – С. 131-145.

6. Шульгина Л. В., Долбнина Н.В., Швидкая З.П., Давлетшина Т.А., Солодова Е.А., Загородная Г.И. Новые виды консервов на основе кукумарии японской // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 3. – С. 50-55.

7. Нечаев А.П. Пищевая химия. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 540 с.

8. Робертсон С. Пищевые продукты, питание и здоровье в Российской Федерации // Вопр. питания. – 2000. – № 3. – С. 31-35.

9. Тутельян В.А. Гигиена питания: Современные приоритеты, проблемы и пути их решения // Гигиена и санитария. – 1997. – № 6. – С. 27-28.

10. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / под ред. В.П. Быкова. – М.: ВНИРО, 1999. – 262 с.

11. Аюшин Н.Б., Петрова И.Ю., Эпштейн Л.М. Таурин и карнозин в тканях тихоокеанских моллюсков // Вопр. питания. – 1997. – № 7. – С. 6-8.

12. ГОСТ 26664-85. Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Методы определения органолептических показателей, массы нетто и массовой доли составных частей. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 7 с.

13. ГОСТ 7631-2008. Рыба и нерыбные объекты. Методы определения органолептических и физических показателей. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 15 с.

14. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 133 с.

15. Северин С.Е., Соловьёва Г.А. Практикум по биохимии. – М.: Московский университет, 1989. – С. 125.

16. Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов. – М.: Комитет РФ по рыболовству, 1996. – 46 с.

17. Шульгин Ю.П., Шульгина Л.В., Петров В.А. Ускоренная биотическая оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2006. – 123 с.

18. Долгов В.А. Методические аспекты и практическое применение ускоренной биологической оценки кормов, продуктов животноводства и других объектов ветеринарно-санитарного и экологического контроля: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М.: ВНИИВСГЭ, 1992. – 41 с.

19. Игнатъев А.Д., Исаев М.К., Долгов В.А. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории тетрахимена пириформис // Вопр. питания. – 1980. – № 1. – С. 70-71.

20. Evans E., Carruthers S. Comparisons of methods used for estimating the growth of *Tetrahymena pyriformis* // J. Sci. Food and Agr. – 1978. – Vol. 29, № 8. – P. 703-707.

21. Скурихин И.М., Шатерников В.А. Химический состав пищевых продуктов – М.: Агропромиздат, 1984. – 348 с.

22. Шульгин Ю.П. Гигиеническое обоснование стратегии повышения качества продуктов из водных объектов и оптимизации технологии их производства для индивидуального питания здорового и больного человека: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2006. – 40 с.

Сведения об авторах: Тринько Лариса Владимировна, e-mail: larisa.trinko@yandex.ru; Лаженцева Любовь Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: lagenceva@mail.ru;

Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией, e-mail: lvshulgina@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 637: 664

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

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

РАСЧЕТ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ПРИВОДА ПРОСЕИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Получена сила, действующая на эксцентрик кривошипно-ползунный механизм со стороны просеивающей поверхности. Произведено сравнение с одноименным центральным механизмом.

Ключевые слова: эксцентрик кривошипно-ползунный механизм, просеивающая поверхность.

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

CALCULATION OF THE DRIVE SCREENING SURFACE

Submitted force acting, on the eccentric crank-slide mechanism of the screening surface. A comparison with the same central mechanism.

Key words: eccentric crank-slide mechanism, the screening surface.

Огромное количество продуктов дробления и сыпучих материалов разделяют на фракции в различных отраслях промышленности и называют это классификацией материалов. Классификацию производят в пищевой, энергетической, химической, парфюмерной и других отраслях. В пищевой промышленности это называют просеиванием, сортированием, сепарацией, а в строительной – грохочением.

Основными рабочими органами машин для классификации материалов являются решетки из колосников, решетки из металлических листов со штампованными отверстиями и плетеные или тканые сита.

Приводной механизм или привод сообщает просеивающим поверхностям колебательное движение. Нами был рассмотрен самый простой в изготовлении и обслуживании привод – центральный кривошипно-ползунный механизм, преобразующий вращательное в поступательное движение просеивающей поверхности [1].

Однако центральный механизм не является совершенным. Его использование приводит к интенсивному износу шарнирных соединений звеньев, неравномерности вращения ротора двигателя, вибрации станин и т.п. Поэтому чаще всего в качестве привода используется эксцентрик кривошипно-ползунный механизм – эксцентрик.

Пусть эксцентрик приводится во вращение моментом M , его угловая скорость ω постоянна. Эксцентриситет $CO = e$, длина шатуна $AB = L$. Рассмотрим самый простой для математических расчетов случай, когда длина кривошипа OA равна эксцентриситету e (рис. 1).

Кривошипно-ползунный механизм приводит в колебательное движение просеивающую поверхность. Поверхность подвешена к потолку на длинных тягах под некоторым углом к горизонту. Она совершает поступательное движение, поэтому движение всей поверхности вполне определяется движением одной ее точки – точки прикрепления тяги к сити. Эта же точка соединена с ползуном B механизма.

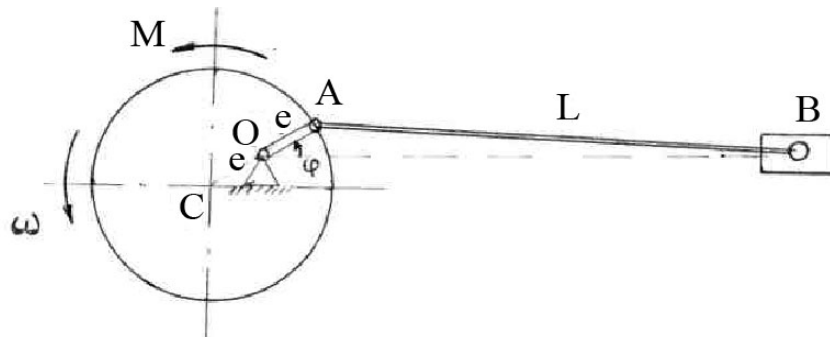


Рис. 1. Кривошипно-ползунный механизм
Fig. 1. Crank-slide mechanism

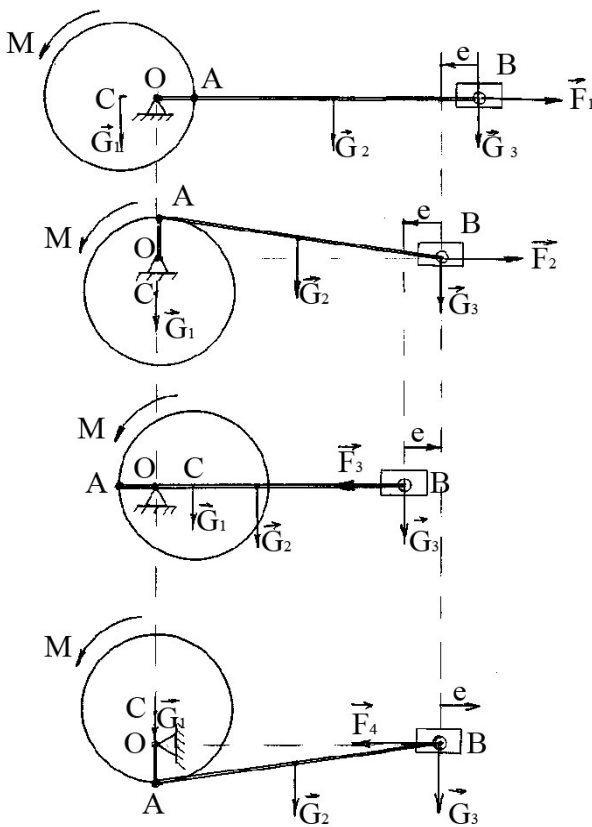


Рис. 2. Силы, действующие на эксцентрик
Fig. 2. Forces, acting on the eccentric

Определим перемещение, скорость и ускорение ползуна В в момент времени, когда угол φ наклона кривошипа ОА к горизонтали равен $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$ (рис. 2).

Перемещение ползуна В (просеивающей поверхности) определим из соображения, что когда угол φ изменится на $\frac{\pi}{2}$, ползун В переместится на расстояние $OA = e$. Скорость и ускорение ползуна В определим, проведя кинематический анализ движения плоского механизма, учитывая к тому же малость отношения $\frac{e}{L}$. В мертвых точках при $\varphi = 0, \pi$, $V_B = 0$, $\alpha_B \approx e\omega^2$; при $\varphi = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}$ $V_B = e\omega$, $\alpha_B \approx 0$.

Силу, действующую со стороны просеивающей поверхности, найдем по теореме об изменении кинетической энергии механической системы [2]. На рис. 2 показаны все внешние силы. Это вращающий момент двигателя М; силы тяжести $\vec{G}_1, \vec{G}_2, \vec{G}_3$ соответ-

ственно эксцентрика ОА, шатуна АВ, ползуна В; сила \vec{F} от просеивающей поверхности; реакция опоры О. Массы звеньев обозначим m_1, m_2, m_3 .

После соответствующих вычислений получим значения силы \vec{F} по модулю:

в I четверти $F_1 = M \frac{\pi}{2e} + g(m_1 - \frac{1}{2} m_2) - e\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$;

во II четверти $F_2 = M \frac{\pi}{2e} - g(m_1 - \frac{1}{2} m_2) + e\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$;

в III четверти, $F_3 = M \frac{\pi}{2e} - g(m_1 - \frac{1}{2} m_2) - e\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$;

в IV четверти, $F_4 = M \frac{\pi}{2e} + g(m_1 - \frac{1}{2} m_2) + e\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$.

Приведем для сравнения значения силы F , полученные для центрального кривошипно-ползунного механизма [1]:

в I четверти $F_1 = M \frac{\pi}{2r} - \frac{1}{2} g(m_1 + m_2) - r\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$;

во II четверти $F_2 = M \frac{\pi}{2r} + \frac{1}{2} g(m_1 + m_2) + r\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$;

в III четверти $F_3 = M \frac{\pi}{2r} + \frac{1}{2} g(m_1 + m_2) - r\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$;

в IV четверти $F_4 = M \frac{\pi}{2r} - \frac{1}{2} g(m_1 + m_2) + r\omega^2 (\frac{m_2}{3} + \frac{m_3}{2})$.

Согласно принципу действия и противодействия сила, действующая со стороны механизма, будет равна по модулю приведенной выше силе и противоположна по направлению (рис. 3) [2].

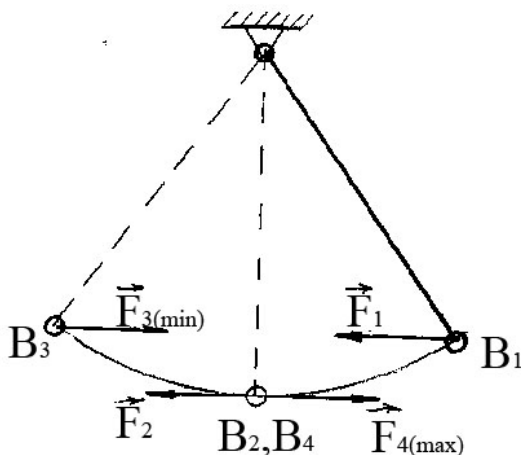


Рис. 3. Направление силы, действующей на сито со стороны механизма
Fig. 3. Direction of the force, action on the screen by the eccentric

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

- эксцентрик способствует увеличению силы, действующей на просеивающую поверхность, так как $M \frac{\pi}{2e} > M \frac{\pi}{2r}$ в 2 раза;

- ускорение просеивающей поверхности в мертвых точках уменьшается в 2 раза, так как $e = \frac{r}{2}$. Поэтому процесс просеивания протекает плавно;

- начало движения (выставка механизма) нужно производить, когда $F = F_4 = \max$;

- если положить $m_1 - \frac{1}{2} m_2 = 0$ в значениях силы, то $m_1 = \frac{1}{2} m_2$. Это указывает на то, что массу эксцентрика нужно брать равной половине массы шатуна. Тогда масса эксцентрика не будет оказывать влияния на величину действующей силы \vec{F} . Просеивающая поверхность на величину силы \vec{F} будет влиять только половиной своей массы;

- проведя несложные преобразования соотношения $\frac{r}{L} \geq \frac{1}{50}$; $\frac{2e}{L} \geq \frac{1}{50}$; $\frac{e}{L/2} \geq \frac{1}{50}$, приходим к выводу, что, применяя эксцентрик, длину шатуна L можно уменьшить в 2 раза, если эксцентриситет $e = \frac{r}{2}$;

- эксцентрик поменял \max и \min действия силы \vec{F} . Если в случае центрального механизма \min приходился на первую четверть, а \max – на вторую, то в случае эксцентрика \min оказался в третьей, а \max – в четвертой четвертях;

- применение эксцентрика ведет к уменьшению амплитуды колебаний просеивающей поверхности в 2 раза в случае $e = \frac{r}{2}$.

Список литературы

1. Григорьева С.П., Юрченко Л.К., Бобылев Б.К., Пищулина И.В. Расчет привода грохота // Материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Владивосток, 2011. – С. 179-182.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.

Сведения об авторах: Григорьева Светлана Петровна, главный специалист ИЗО;
Юрченко Лилия Константиновна, доцент;
Бобылев Борис Константинович, кандидат технических наук, доцент;
Пищулина Ирина Валентиновна, старший преподаватель, e-mail: stepka_53@mail.ru.

УДК 531.01+639.2.61.065

Н.П. Кадочникова

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

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРАЛОВОЙ ЛЕБЕДКИ

Теоретическая механика, используя упрощенные модели, позволяет решать инженерные задачи, как в случае расчета траловой лебедки.

Ключевые слова: работа, сила, механическая система, кинетическая энергия.

N.P. Kadochnikova

DYNAMIC CALCULATION OF TRAWL WINCH

Theoretical mechanics using simpler models allows to solve engineering problems, such as, for example, calculation of trawl winch.

Key words: work, power, mechanical system, kinetic energy.

Теоретическая механика как одна из важнейших дисциплин играет существенную роль в подготовке инженеров любых специальностей.

Круг проблем, рассматриваемых в механике, очень велик, и с развитием этой науки в ней появляется целый ряд самостоятельных областей: теории упругости, гидромеханики, газовой динамики, – и ряд разделов так называемой прикладной механики, в частности, сопротивление материалов, теория механизмов и машин и многие специальные инженерные дисциплины. Однако во всех областях наряду со специфическими для каждой из них закономерностями и методами исследования опираются на ряд основных законов и принципов и используют многие понятия и методы, общие для всех областей механики. Рассмотрение этих общих понятий, законов и методов и составляет предмет так называемой теоретической (или общей) механики.

В нижеизложенной задаче произведено исследование работы траловой лебедки при подъеме, опускании груза на судах типа СТР-503 с использованием основных положений, теорем, законов теоретической механики.

Груз 4, массой m , поднимается с помощью электрической лебедки, состоящей из зубчатых колес 1, 2, массами m_1, m_2 , радиусами r_1, r_2 и барабана 3 массой m_3 , диаметра D . Колесо 1 приводится во вращение электродвигателем, создающим постоянный вращающий момент. Номинальная мощность электродвигателя P , момент инерции ротора относительно оси вращения J_y , угловая скорость n , об/мин (рис. 1).

Определить:

- перемещение S груза, считая, что движение началось из состояния покоя;
- угловое ускорение ϵ электромотора;
- ускорение a груза;
- натяжение T в ветвях троса;
- окружное (касательное) усилие F_r .

Дано: $m = 100$ кг, $m_1 = 40$ кг, $m_2 = 50$ кг, $m_3 = 50$ кг, $r_1 = 10$ см, $r_2 = 20$ см, $D = 10$ см, $P = 20$ кВт, $n = 1200$ об/мин, $J_y = 0,8$ кг/м².

Определить: S, ϵ, a, T, F_r .

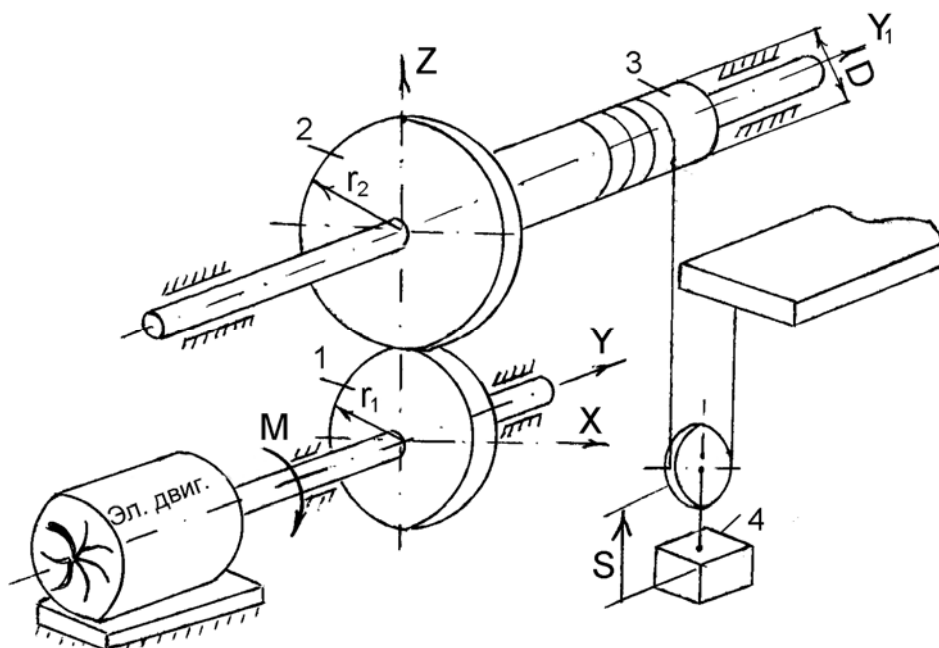


Рис. 1. Схема механизма
Fig. 1. Scheme of mechanism

Определим перемещение груза S

Применим теорему об изменении кинетической энергии системы [1]:

$$T - T_0 = \sum A_k^e + \sum A_k^i, \quad (1)$$

где T_0, T – кинетическая энергия системы в начальном и конечном положениях; $\sum A_k^e$ – сумма работ внешних сил, приложенных к системе, на перемещении системы из начального положения в конечное; $\sum A_k^i$ – сумма работ внутренних сил на том же перемещении.

Для рассматриваемой системы, состоящей из абсолютно твердых тел, соединенных нерастяжимыми тросами $\sum A_k^i = 0$.

Так как в начальном положении система находилась в покое, то $T_0 = 0$.

Уравнение (1) примет вид:

$$T = \sum A_k^e. \quad (2)$$

Вычислим кинетическую энергию системы в конечном положении, когда груз переместится на расстояние S , как сумму кинетических энергий тел, входящих в систему.

Система состоит из ротора, зубчатых колес 1, 2, барабана 3, вращающихся вокруг осей и груза, движущегося поступательно (см. рис. 1), [2]:

$$T = T_p + T_1 + T_2 + T_3 + T_{гр}.$$

Кинетическая энергия ротора электродвигателя, вращающегося вокруг оси y :

$$T_p = \frac{J_y \omega^2}{2},$$

где J_y – момент инерции ротора.

Кинетическая энергия колеса 1, вращающегося вокруг оси y :

$$T_1 = \frac{J_y \omega_1^2}{2},$$

где $J_y = \frac{m_1 r_1^2}{2}$, $\omega_1 = \omega$ – колесо 1 и электродвигатель на одном валу; ω – угловая скорость электродвигателя:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1200}{60} = 125,6 \text{ с}^{-1}.$$

$$T_1 = \frac{m_1 r_1^2}{4} \omega^2. \quad (3)$$

Кинетическая энергия колеса 2, вращающегося вокруг оси y_1 :

$$T_2 = \frac{J_{y1} \cdot \omega_2^2}{2}, \quad (4)$$

где

$$J_{y1} = \frac{m_2 r_2^2}{2}, \quad (5)$$

для точки E зацепления колес имеем (рис. 2):

$$\begin{aligned} V_E &= \omega_2 r_2 = \omega_1 \cdot r_1, \\ \omega_2 &= \frac{\omega_1 \cdot r_1}{r_2} = \frac{\omega \cdot r_1}{r_2}, \end{aligned} \quad (6)$$

учтя соотношения (5,6) и подставив в (4), получим:

$$T_2 = \frac{m_2 r_2^2}{2 \cdot 2} \cdot \frac{\omega^2 r_1^2}{r_2^2} = \frac{m_2 r_1^2}{4} \omega^2. \quad (7)$$

Кинетическая энергия барабана 3, вращающегося вокруг оси y_1 :

$$T_3 = \frac{J_{y1} \omega_3^2}{2},$$

где
$$J_{y1} = \frac{m_3 r_3^2}{2} = \frac{m_3 \cdot D^2}{8},$$

$r_3 = \frac{D}{2}$, где D – диаметр барабана, $\omega_3 = \omega_2$ – угловая скорость барабана 3 совпадает с угловой скоростью колеса 2, так как они расположены на одном валу (рис. 2):

$$\omega_3 = \omega_2 = \frac{\omega \cdot r_1}{r_2},$$

учтя соотношения, получим:

$$T_3 = \frac{m_3 D^2 \omega^2 r_1^2}{2 \cdot 8 r_2^2} = \frac{m_3 D^2 r_1^2}{16 r_2^2} \omega^2. \tag{8}$$

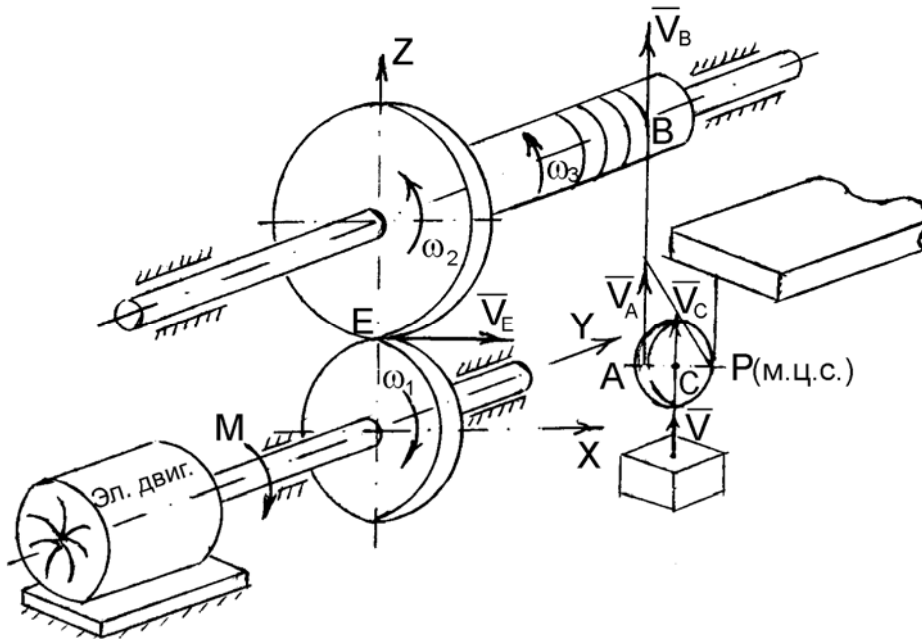


Рис. 2. Кинематическая схема
Fig. 2. Kinematic scheme

Кинетическая энергия груза, движущегося поступательно:

$$T_{гр} = \frac{mV^2}{2}, \tag{9}$$

где $V = V_C = \frac{V_A}{2} = \frac{V_B}{2} = \frac{\omega_3 r_3}{2} = \frac{\omega \cdot r_1 \cdot D}{2 \cdot 2 \cdot r_2}$, $V = \frac{125 \cdot 0,1 \cdot 0,1}{4 \cdot 0,2} = 1,57 \text{ м/с.}$

Точка P – мгновенный центр скоростей колеса 4, совершающего плоское движение (см. рис. 2).

Учтя соотношение, получим:

$$T_{гр} = \frac{m \cdot r_1^2 D^2}{2 \cdot 16r_2^2} \omega^2. \quad (10)$$

Кинетическая энергия системы: электродвигателя, зубчатых колес 1, 2, барабана 3, груза – имеет вид:

$$T = \frac{J_y \omega^2}{2} + \frac{m_1 r_1^2}{4} \omega^2 + \frac{m_2 r_1^2}{4} \omega^2 + \frac{m_3 D^2 r_1^2}{16 r_2^2} \omega^2 + \frac{m r_1^2 D^2}{32 r_2^2} \omega^2, \quad (11)$$

$$T = 0,64 \omega^2 = 10,1 \text{ кНм}.$$

Определим сумму работ внешних сил, действующих на систему (рис. 3).

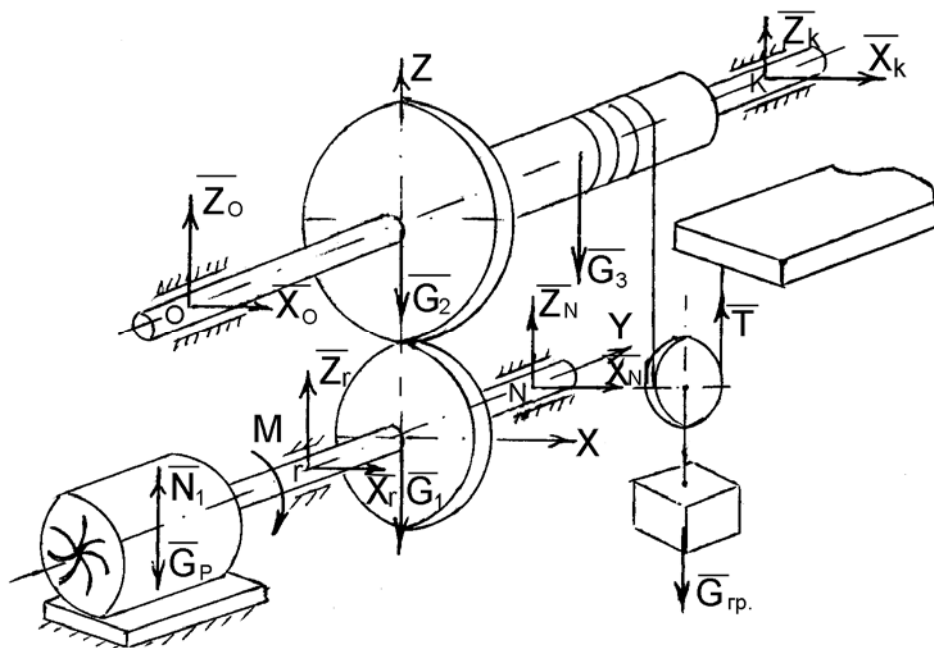


Рис. 3. Силы, действующие на систему

Fig. 3. Forces which operate on system

На систему действуют следующие силы:

- $\vec{G}_p, \vec{G}_1, \vec{G}_2, \vec{G}_3, \vec{G}_{гр}$ – силы тяжести: электродвигателя, колес 1, 2, барабана 3, груза, реакции опор: $\vec{X}_0, \vec{Z}_0, \vec{X}_k, \vec{Z}_k, \vec{X}_N, \vec{Z}_N, \vec{X}_r, \vec{Z}_r$;
- \vec{T} – реакция троса, \vec{N}_1 – реакция поверхности, $\vec{N}_1 \perp$ поверхности;
- M – постоянный вращающий момент электродвигателя, который вычисляется по формуле

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{30P}{\pi n} = \frac{30 \cdot 20 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1200} = 159,23 \text{ нм} = 0,159 \text{ кНм},$$

где P – мощность электродвигателя, кВт; $\omega = \frac{2\pi}{60} = \frac{\pi n}{30} = 125,6\text{с}^{-1}$ – угловая скорость электродвигателя.

Работа силы $\vec{G}_{\text{гр}}$:

$$A(\vec{G}_{\text{гр}}) = -G_{\text{гр}} \cdot S = -mg \cdot S, \quad (12)$$

груз поднимается, работа отрицательна.

Работа сил $(\vec{G}_p, \vec{G}_1, \vec{G}_2, \vec{G}_3, \vec{X}_0, \vec{Z}_0, \vec{X}_k, \vec{Z}_k, \vec{X}_N, \vec{Z}_N, \vec{X}_r, \vec{Z}_r, \vec{N}_1)$ равна нулю, так как точки приложения сил не перемещаются.

$A(\vec{T})=0$ – точка приложения силы \vec{T} совпадает с мгновенным центром скоростей.

Работа вращающего момента M электродвигателя:

$$A(M) = M \cdot \varphi, \quad (13)$$

где φ – угол поворота ротора электродвигателя.

Определим φ из выражения угловой скорости путем ее интегрирования:

$$V = \frac{\omega r_1 \cdot D}{4r_2}, \quad \omega = \frac{4r_2 V}{r_1 D}, \quad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{4r_2}{r_1 D} \frac{ds}{dt}, \quad \varphi = \frac{4r_2 \cdot S}{r_1 D}. \quad (14)$$

Учтя соотношение (14) и подставив в (13), получим:

$$A(M) = M \cdot \frac{4r_2 S}{r_1 D}. \quad (15)$$

Сумма работ внешних сил определяется сложением работ, определяемым по формулам (12), (15):

$$\sum A_k^e = M \frac{4r_2 S}{r_1 D} - mgS = S \left(\frac{M4r_2}{r_1 D} - mg \right).$$

$$\sum A_k^e = 11,74S.$$

Приравнявая значения T и $\sum A_k^e$, определим перемещение груза S :

$$0,64\omega^2 = 11,74S. \quad 10,1 = 11,74S. \quad S = 0,9 \text{ м.}$$

Воспользовавшись теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме, определим угловое ускорение электродвигателя.

Ускорение груза определим из скорости груза путем дифференцирования.

Напряжение в тросе определим, разрезав трос и рассмотрев равновесие блока с грузом, воспользовавшись основным уравнением динамики.

Воспользовавшись теоремой об изменении кинетического момента системы, определим окружное (касательное) усилие в зубчатом зацеплении, рассмотрев колесо 1 с электродвигателем.

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, изд. 15-е, стер. – М.: Интеграл-Пресс, 2006. – 384 с.
3. Габрюк В.И., Кокорин Н.В., Осипов Е.В., Чернецов В.В. Механика орудий лова. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2006. – 304 с.

Сведения об авторе: Кадочникова Нина Павловна, доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	3
<i>Казаченко В.Н., Самотылова Н.Н.</i> Практическое значение паразитических копепод рыб.....	3
<i>Кучеренко Л.В., Юрченко О.С.</i> Показатели удельной активности радионуклидов в морской воде побережья Приморского края.....	8
<i>Пахомова Н.Ю., Дорошенко М.А.</i> Проведение контрольных мероприятий по охране водных биоресурсов и среды их обитания.....	11
<i>Пушников Г.М., Рыбникова И.Г.</i> О зараженности тихоокеанской сельди заливов северо-восточного Сахалина личинками нематод.....	19
<i>Беляев В.И.</i> Использование геометрической прогрессии y'_i/x_i для оценки половых различий во внешнем облике животных (на примере рыб).....	23
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА	36
Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Компьютерное моделирование и анализ излучения цилиндрических гидроакустических антенн.....	36
<i>Габрюк В.И., Мазур Е.Е.</i> Исследование устойчивости движения траловых досок при пелагическом тралении.....	50
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	58
Ганнесен В.В. О роли мультимедийных технологий в процессе подготовки моряков к выживанию на море.....	58
<i>Капран Л.К., Маницын В.В., Старовойтова З.П.</i> Оптимизация мощности и расхода топлива главного дизеля 5ДКРН 70/125.....	61
<i>Коростелев И.Ф.</i> Столкновение судов и их причины.....	69
<i>Лебедева Н.Г., Митричева С.Н.</i> Планирование маршрута доставки груза в смешанном сообщении на основе сетевого графика.....	75
<i>Надежкин А.В., Даничкин В.Н.</i> Управление безопасной и экономичной технической эксплуатацией цилиндропоршневой группы судовых крейцкопфных дизелей.....	83
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	91
Богданов В.Д., Волотка Ф.Б. Использование отходов гидробионтов в качестве основы субстрата для выращивания грибов вешенки обыкновенной (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	91
Григорьева Е.В. Анализ состояния рынка консервов из мяса птицы г. Владивостока.....	97
<i>Дементьева Н.В., Богданов В.Д., Коровина Ю.А.</i> Технология вареных колбасных изделий из молок тихоокеанских лососевых.....	101

<i>Погонец В.И.</i> Гидродинамические характеристики и диапазон существования кипящего закрученного слоя дисперсных частиц агара при сушке.....	111
<i>Помоз А.С.</i> Состав и свойства отходов от переработки массовых промысловых рыб Дальневосточного бассейна	116
<i>Проскура Д.Ю., Паевская Е.В.</i> Перспективы применения ЭМ-технологий в рыбной промышленности	123
<i>Тринько Л.В., Лаженцева Л.Ю., Шульгина Л.В.</i> Технология новых видов консервированных продуктов из головоногих моллюсков	130

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ** 137

<i>Григорьева С.П., Юрченко Л.К., Бобылев Б.К., Пищулина И.В.</i> Расчет эксцентрикового привода просеивающей поверхности	137
<i>Кадочникова Н.П.</i> Динамический расчет траловой лебедки.....	141

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	3
<i>Kazachenko V.N., Samotylova N.N.</i> Practical importance of fishes' parasitic copepods	3
<i>Kucherenko L.V., Urchenko O.S.</i> Indicators of the specific activity of radionuclides in seawater of Primorsky Krai	8
<i>Pahomova N.Y., Doroshenko M.A.</i> Implementation of control measures protection water bioresources and their habitats	11
<i>Pushnikova G.M., Rybnikova I.G.</i> Concerning the larvae nematode infestation of Pacific herring in the bays of north-eastern Sakhalin	19
<i>Belyaev V.I.</i> The use of geometric progression for estimation of sexual differences in the animal exteriors (with special reference to fishes)	23
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	36
<i>Balabaev S.M., Ivina N.F.</i> Computer simulation and analysis of radiation of cylindrical hydroacoustic antennae	36
<i>Gabruk V.I., Mazur E.E.</i> Researching stability of trawl doors motion for pelagic trawling	50
SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES	58
<i>Gannesen V.V.</i> Multimedia technology in seamen education for survival at sea	58
<i>Kapran L.K., Manyisyn V.V., Starovoytova Z.P.</i> Optimization of power and fuel consumption for reefer main engine 5DKRN 70/125	61
<i>Korostelev I.F.</i> Ships collisions and their causes	69
<i>Lebedeva N.G., Mitricheva S.N.</i> Route planning of cargo delivery by different means of transport on the basis of the network schedule	75
<i>Nadezkin A.V., Danichkin V.N.</i> Control of safe and economic technical operation tsilindro-piston groups ship crosshead diesel engines	83
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	91
<i>Bogdanov V.D., Volotka F.B.</i> Use of fish waste as the basis for a substrate for mushroom cultivation oyster mushroom	91
<i>Grigorieva E.V.</i> The analysis of the condition of the canned meat market in Vladivostok	97
<i>Dementeva N.V., Bogdanov V.D., Korovina U.A.</i> The technology of boiled sausage wares from the Pacific salmon milt	101
<i>Pogonets V.I.</i> Hydrodynamic characteristics and the range of the existence of a swirling fluidized layer of dispersed particles of agar during drying	111

<i>Pomoz A.S.</i> The composition and the properties of mass marketable fish by-products of Far Eastern area.....	116
<i>Proskura D.Y.; Payevskaya E.V.</i> Near-term outlook of effective micro-organism application in fishery.....	123
<i>Trinko L.V., Lazhentseva L.Yu., Shulgina L.V.</i> Technology of new species of canned products from cephalopods	130

TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT OF FISHERIES..... 137

<i>Grigoreva S.P., Iurchenko L.K., Bobylev B.K., Pishchulina I.V.</i> Calculation of the drive screening surface.....	137
<i>Kadochnikova N.P.</i> Dynamic calculation of trawl winch	141

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 25

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

Подписано в печать 18.01.12. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 18,13. Уч.-изд. л. 15,00. Заказ 0391. Тираж 400 экз.

Отпечатано: издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 25