



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

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 33

Том

33

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

Телефон/факс: (4232)44-11-76

e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

2014

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 597-169 (265.5)

Н.Л. Асеева¹, А.А. Смирнов^{2,3}

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

²Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
685000, г. Магадан, ул. Портовая, 36/10

³Северо-Восточный государственный университет,
685000, г. Магадан, ул. Портовая, 13

ЗАРАЖЕННОСТЬ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ (*CLUPEA PALLASII*) СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В северо-западной части Охотского моря в 2011–2012 гг. исследована паразитофауна тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*. Обнаружено 20 видов паразитов: *Coccidia* (1), *Myxozoa* (3), *Trematoda* (5), *Cestoda* (2), *Acanthocephala* (5), *Nematoda* (4). Показано, что в зимний период отмечены более низкие показатели инвазии пищеварительной системы сельди (желудка, пилорических придатков и кишечника), чем в летние месяцы.

Ключевые слова: зараженность, сельдь, паразитофауна, инвазия, экосистема, Охотское море.

N.L. Aseeva, A.A. Smirnov PARASITIC FAUNA OF PACIFIC HERRING IN THE NORTHERN OKHOTSK SEA IN WINTER

Parasitic fauna of pacific herring is investigated on the samples collected in the northern Okhotsk Sea in 2011-2012, 20 species of parasites are founded: *Coccidia* (1), *Myxozoa* (3), *Trematoda* (5), *Cestoda* (2), *Acanthocephala* (5), and *Nematoda* (4). It is shown that in winter herring has the lower indexes of invasion of digestive system (stomach, pyloric caeces and intestine) than in summer.

Key words: parasitic fauna, pacific herring, infection, ecosystem, Okhotsk sea.

Введение

Тихоокеанская сельдь была и остается одним из основных промысловых объектов среди пелагических рыб дальневосточных морей. Только за XX в. ее вылов российскими рыбаками превысил 18 млн т [1, 2].

Одним из важнейших факторов, влияющих на биологическое состояние популяций рыб, является их зараженность паразитами. У тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в пределах ареала в настоящее время зарегистрировано 27 видов паразитов [3]. Некоторые из них, например, личинки нематод семейства *Anisakidae*, опасны как для своего хозяина, так и для человека [4]. С увеличением размеров рыб показатели экстенсивности и интенсивности инвазии возрастают [4].

Количество паразитов у сельди варьирует в зависимости от района обитания [3] и сезона года. По мнению Т.Ф. Качиной [5, 6], малое количество паразитов в зимний период может быть следствием невысокой интенсивности питания сельди в этот сезон.

С целью проверки этого предположения в данной работе мы изучили особенности заражения паразитами тихоокеанской сельди, обитающей в северной части Охотского моря, в зимний период.

Объекты и методы исследований

Материалом для работы послужили сборы паразитов тихоокеанской сельди из северной части Охотского моря, полученные в осенне-зимний период (с октября по январь) 2011–2012 гг. на НИС «Профессор Кагановский». Кроме того, в ТИНРО были доставлены образцы сельди, собранные в зимний период на промысловых судах ООО «Магаданрыба» «Майронис» (55°49' с.ш. 149°05' в.д. и 55°56' с.ш. 142°43' в.д.) и «Простор» (12 декабря 2011 г.), которые были проанализированы в камеральных условиях.

Всего было исследовано 353 экз. сельди, из них 306 экз. – методом неполных вскрытий (обследовалась только полость тела и мускулатура) и 47 экз. – методом полных вскрытий (таблица).

Рыбы в пробах были представлены особями длиной (по Смитту АС) от 11,5 до 33,5 см.

Объем материала, собранного в северной части Охотского моря в различные годы The volume of the material collected in northern part of the Sea of Okhotsk in various years

Период исследований	Количество вскрытых рыб		
	Полных	Неполных	Всего
2010 г. декабрь	25	100	125
2011 г. декабрь	12	54	66
2012 г. декабрь-январь	10	152	162
Всего	47	306	353

Сбор, фиксация, обработка материалов проведена по общепринятым в отечественной гельминтологии методикам, разработанным рядом авторов [7, 8].

Препараты изучали с использованием бинокля МБС-10 и микроскопов Olympus, Эргаваль, Биолам-13 и Биолам-211.

Результаты и их обсуждение

Всего фауна паразитов тихоокеанской сельди насчитывает 27 видов [2, 9]. Из них 9 составляют трематоды – это наиболее многочисленная группа. Меньшим числом видов представлены (по мере убывания) нематоды (5 видов), цестоды (4 вида), микроспоридии (3 вида), скребни (3 вида), моногенеи (2 вида), кокцидии (1 вид). Все обнаруженные нами виды входят в этот перечень.

В наших сборах у тихоокеанской сельди было обнаружено 20 видов паразитов, среди которых доминировали трематоды и скребни. В количественном отношении преобладали нематоды *Anisakis simplex l.* и трематоды *Brachyphallus crenatus*.

Во всех исследованных рыбах обнаружены личинки нематод *Anisakis simplex l.* Показатели инвазии составили следующие величины: экстенсивность – 1,9 %, интенсивность – 1,0, индекс обилия – 0,02.

Полученные показатели экстенсивности несколько превышают величину, полученную при обобщенных исследованиях мускулатуры сельди в северо-западной части Тихого океана (0,7 %). В то же время общая зараженность личинками анизакисов преднерестовой сельди была чуть меньше (49,1 %). В результате анализа результатов полных вскрытий установлено, что общая зараженность составила 82,0 % (39 из 47 рыб), интенсивность – 1–42 экз., индекс обилия – 5,5.

Гельминты локализовались в органах пищеварительной системы (желудок, пилорические придатки, кишечник, печень), а также в мускулатуре, полости тела и на гонадах.

Цестодами – личинками из отряда *Pseudophyllidea* (7) – и половозрелым экземпляром *Eubothrium* sp. (1) были заражены 8 особей (14,5 %) с интенсивностью 1–5 экз. Индекс обилия составил 0,27. Местом локализации цестод служили органы желудочно-кишечного тракта. По 1 разу гельминты обнаружены в желудке и пилорических придатках, наиболее часто поражен кишечник (у 7 рыб).

Трематоды представлены одним видом – *Brachyphalus crenatus*, который локализовался исключительно в желудке. Среди молоди сельди были заражены 2 особи из 10, из 45 взрослых рыб поражено 24 экз. Общая зараженность трематодами составила 47,3 % при интенсивности 1–37, индекс обилия – 4,13.

Единственный экземпляр скребня *Echinorhynchus gadi* обнаружен в кишечнике самца длиной 19,5 см (экстенсивность инвазии – 1,8 %, интенсивность – 1,0, индекс обилия – 0,02).

Нематоды представлены одним видом – *Anisakis simplex* l. Они зарегистрированы во всех органах и тканях, перечисленных выше. Общая экстенсивность инвазии личинками нематод (по полным вскрытиям) составила 49,1 %, интенсивность – 1–7, индекс обилия – 2,3.

Показатели зараженности различных органов сельди были следующими: у 12 из 55 рыб на гонадах отмечены личинки нематод *A. simplex*. Экстенсивность инвазии – 21,8 %, интенсивность – 1–2 экз., индекс обилия – 0,29.

Желудок заражен у 29 особей из 55. Экстенсивность инвазии – 52,7 %, интенсивность – 1–37 экз., индекс обилия – 4,32. В желудке чаще регистрировались трематоды (26 раз), нематоды (6) и цестоды (1).

Пилорические придатки: заражено 11 особей из 55. Экстенсивность инвазии – 20 %, интенсивность – 1–2, индекс обилия – 0,24. Цестоды обнаружены у 1 рыбы, у остальных зарегистрированы нематоды.

В кишечнике гельминты обнаружены у 10 рыб из 55. Экстенсивность инвазии – 18,2 %, интенсивность – 1–2 экз., индекс обилия – 0,25. В кишечнике присутствовали представители 3 из 4 групп гельминтов – цестоды (у 7 рыб), нематоды (у 2 рыб) и скребни (у 1 рыбы).

В печени единственной рыбы (самки длиной 33,5 см) обнаружен 1 экз. нематоды *A. simplex* l. В результате расчетов получены следующие показатели инвазии: экстенсивность – 1,8 %, интенсивность – 1,0, индекс обилия – 0,02.

Полость тела: заражено 8 рыб из 55. Зарегистрированы только личинки нематод *A. simplex*. Экстенсивность инвазии составила 14,5 %, интенсивность – 1–6, индекс обилия – 0,4.

Зараженность самцов и самок имела некоторые отличия: по экстенсивности сильнее были заражены самки – 87,5 и 76,2 % соответственно, а индекс обилия, наоборот, почти в два раза был выше у самцов – 8,95 и 4,58 % соответственно.

Если сравнивать зараженность паразитами сельди, исследованной в весенний и летний периоды, как показано нами ранее [3], то такие показатели, как экстенсивность и интенсивность инвазии были значительно ниже зимой, в зимний период у сельди меньше заражен желудок и пилорические придатки.

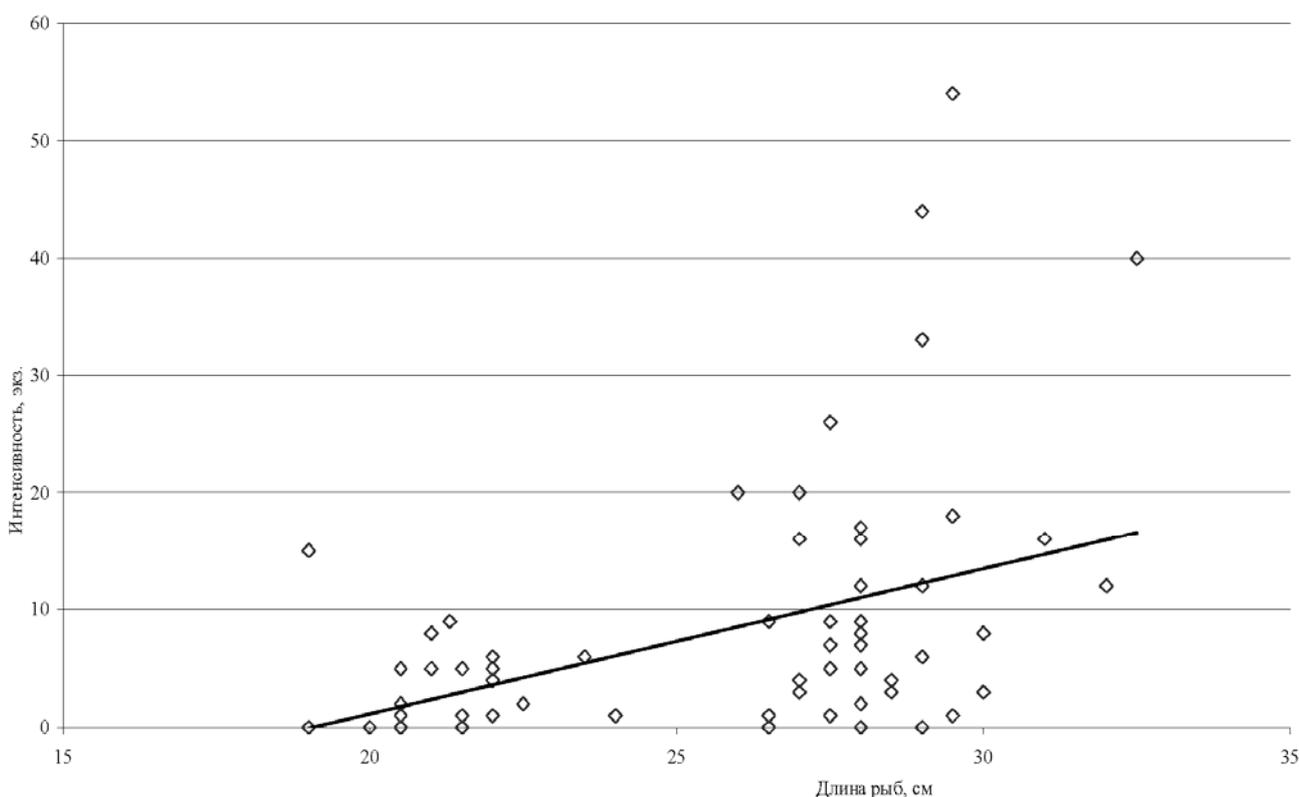
Малое количество обнаруженных в сельди видов гельминтов, скорее всего, является следствием неравномерного и слабоинтенсивного питания в зимний период [5].

В целом, паразитофауна сельди была представлена широко распространенными поликсенными видами. Большинство из них, имея довольно высокие показатели инвазии, не имеют большой практической значимости, не представляют опасности для здоровья человека. К таким видам относятся трематоды и скребни. Более важными в данном аспекте являются представители цестод и нематод. Последние к тому же поражают такие органы, как гонады (экстенсивность – 28,8 %, индекс обилия – 0,28) и мышцы сельди (экстенсивность – 1,5 %, индекс обилия – 0,02). В связи с этим употребление сырой и не подвернутой тщательной тепловой обработке рыбы в пищу не рекомендуется. При нарушении условий хранения свежей рыбы зараженность мышц и гонад может увеличиваться за счет миграции личинок нематод

из полости тела в мускулатуру (экстенсивность инвазии – 14,5 % и индекс обилия – 0,4). Рост общей инвазии практически не повлиял на межразмерные изменения зараженности сельди (рисунок). Коэффициент корреляции незначительно снизился по сравнению с данными, полученными нами в 2002 г. [3], с 0,468 до 0,421.

Увеличение показателей инвазии с длиной тела связано с особенностями питания сельди, поскольку интенсивность и пищевой спектр различается у разновозрастных рыб, а также с накоплением некоторых видов гельминтов в теле сельди как резервуарного хозяина этих паразитов.

Для мускулатуры и печени отмечается рост показателей инвазии с увеличением длины рыб. В отношении показателей зараженности мускулатуры необходимо отметить их небольшое повышение по сравнению с данными рейсов в 2004 и 2008 гг. [3]. Определенная корреляция отмечается и между числом личинок анизакисов в полости тела сельди и ее длиной.



Зависимость между длиной сельди и количеством гельминтов
Dependence between length of a herring and amount of helminthes

Выводы

- У тихоокеанской сельди, собранной в зимний период 2011–2012 гг., обнаружено 20 видов паразитов, среди которых доминировали трематоды и скребни. В количественном отношении чаще всего встречались нематоды *Anisakis simplex* и трематоды *Brachyphallus crenatus*.

- Работы проводились в зимний период, в результате отмечены более низкие показатели инвазии пищеварительной системы (желудка, пилорических придатков и кишечника) по сравнению с летним периодом, что подтверждает данные о снижении интенсивности и сужении пищевого спектра сельди зимой.

- Для мускулатуры и печени отмечен рост показателей зараженности сельди с увеличением размеров рыб.

Список литературы

1. Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. – 330 с.
2. Смирнов А.А. Гижигинско-камчатская сельдь. – Магадан: МагаданНИРО, 2009. – 149 с.
3. Асеева Н.Л., Мотора З.И., Лобода С.В. Паразитофауна тихоокеанской сельди северной части Охотского моря // Вопр. рыболовства. – 2013. – Т. 14, № 1 (53) – С. 130–136.
4. Беспрозванных В.В., Ермоленко А.В. Природно-очаговые гельминтозы человека в Приморском крае. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 120 с.
5. Качина Т.Ф. Тихоокеанская сельдь // Биологические ресурсы Тихого океана. – М.: Наука, 1986. – С. 146–156.
6. Пушникова Г.М, Пушников В.В. Зараженность сельди личинками нематод в водах Сахалина // Биол. моря. – 1981. – № 5. – С. 71–73.
7. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 120 с.
8. Донец З.С., Шульман С.С. О методах исследования *Myxosporidia* (*Protozoa, Cnidosporidia*) // Паразитология. – 1973. – Т. 7. – Вып. 2. – С. 191–193.
9. Паразитические черви рыб дальневосточных морей и сопредельных акваторий Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 1999. – 123 с.

Сведения об авторах: Асеева Надежда Леонидовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: aseeva_n@hotmail.com;
Смирнов Андрей Анатольевич, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: andrsmir@mail.ru.

УДК 591.69-7

В.Н. Казаченко¹, Н.В. Фещенко², Н.В. На³¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б²ДВГУПС, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47³Institute of Ecology and Biological Resources, VAST, Hanoi, Vietnam**ПАЗАРИТИЧЕСКИЕ КОПЕПОДЫ (COPEPODA: CRUSTACEA) РЫБ РОДА
MUGIL (PISCES: MUGILIFORMES) В ПРЕСНЫХ И МОРСКИХ ВОДОЕМАХ
ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

Ergasilus lizae, *Nipergasilus bora*, *Caligus orientalis* and *Lernanthropsis mugili* – эктопаразиты рыб *Mugil soiyu* and *M. cephalus* в водах Приморского края. *E. lisa* заражает обоих хозяев. *C. orientalis* – эндемик северо-восточной части Тихого океана.

Ключевые слова: паразитические копеподы, паразиты, хозяева, заражение.

**V.N. Kazachenko, N.V. Feshchenko, N.V. Na
PARASITIC COPEPODS (COPEPODA: CRUSTACEA) FISH OF THE GENUS
MUGIL (PISCES: MUGILIFORMES) IN FRESH AND MARINE WATERS
OF PRIMORSKY REGION**

Ergasilus lizae, *Nipergasilus bora*, *Caligus orientalis* and *Lernanthropsis mugili* are parasite of *Mugil soiyu* and *M. cephalus* in the waters of Primorsky Region. *E. lisa* infects both hosts. *C. orientalis* is endemic of the north-east Pacific.

Key words: Parasitic copepods, parasite, hosts, infection.

Введение

Количество паразитических копепод рыб исчисляется 1200–1500 видов [1, 2], они паразитируют на морских и пресноводных рыбах. Паразитические копеподы имеют большое экономическое значение [3], это проявляется особенно при искусственном разведении рыб, так как способны вызывать повреждения, эпизоотии и гибель рыб [4, 5].

Работ по паразитическим копеподам рыб рода *Mugil* дальневосточных морей мало, в основном это фаунистические статьи [6, 7, 8], но специальных исследований по изучению этой группы паразитов нет. В дальневосточных морях у рыб рода *Mugil* зарегистрировано 2 вида копепод (табл. 1).

Таблица 1

Список паразитических копепод рыб рода *Mugil* дальневосточных морей

Table 1

List of parasitic copepods fish of the genus *Mugil* Far Eastern Seas

Копепода	Хозяин	Автор находки
<i>Caligus orientalis</i>	<i>Mugil soiyu</i>	6
<i>Lernanthropsis mugilii</i>	<i>Mugil soiyu</i>	6

Материал и методы

Материалом для статьи послужили сборы паразитических копепод с рыб рода в дальневосточных морях в 2004–2005 гг. У побережья пос. Посыет, в реках Артемовка, Раздольная и Киевка. Всего обследовано 257 экз. рыб, заражено 50 (19,5 %) (табл. 2). Сбор и обработка материала проводились общепринятыми методами [9].

Таблица 2

Количество обследованных и зараженных рыб

Table 2

Number of examined and infected fish

Хозяин	Район	Время обследования	Количество рыб, экз.		% заражения
			обследовано	заражено	
<i>Mugil soiyu</i>	Посъет	V–VI 2004	17	-	-
		XII 2004	30	1	3,3
		XI 2005	30	1	3,3
	Р. Раздольная	VI 2004	30	5	16,7
		X 2004	30	10	33,3
		VI 2005	30	-	-
Р. Артемовка	IV–VI 2005	30	7	23,3	
<i>Mugil cephalus</i>	Р. Киевка	VI 2004	30	11	36,7
		VI 2005	30	15	50,0
ИТОГО			257	50	19,5

Результаты

Подотряд Роецилостоматоида Thorell, 1859

Семейство Ergasilidae Burmeister, 1835

Род *Ergasilus* Nordmann, 1832

Ergasilus lizae Krøyer, 1863 (рисунок, 1)

Син.: *Ergasilus australiensis* Roubal, 1981; *E. nana* Causey, 1953; *E. nanus* van Beneden, 1871.

На жаберных лепестках 22 экз. *M. soiyu*, интенсивность инвазии 1–16 экз. в реках Артемовка и Раздольная в июне–июле, октябре–декабре 2004 г., январе, апреле–июне, сентябре 2005 г.; на жаберных лепестках 3 экз. *M. cephalus*, интенсивность инвазии 1–2 экз. в р. Киевке в июне, августе 2004 г., июне 2005 г.

Самка. Форма тела циклопоидная. Абдомен 3-сегментный, каудальная фурка вооружена тремя щетинками, внутренняя щетинка длинная, превышает длину генитального комплекса и абдомена. Первая антенна 6-члениковая, вторая антенна длинная 4-члениковая. Ветви первой-четвертой пар ног 3-члениковые кроме 2-членикового экзоподита четвертой ноги. Пятая пара плавательных ног 1-ветвистая. Первый и второй членики эндоподита первой ноги каждый несут по одной неоперенной щетинке, остальные щетинки первой-четвертой ноги оперены. Длина тела (без каудальных щетинок) 0,90–1,13 мм (измерено 17 экз.).

Копепода *E. lizae* распространена вдоль северного, восточного и южного побережья Австралии, европейского побережья Атлантики, Тасмании, восточного побережья США, Чили, в Средиземном, Черном и Азовском морях, Мексиканском заливе, в пресных водах; зарегистрирована на *Acanthopagrus berda*, *A. butcheri*, *A. australis*, *Argyrops butcheri*, *Anguilla anguilla*, *Chelon labrosus*, *Dicentrarchus labrax*, *D. punctatus*, *Floridichthys carpio*, *Fundulus diafanus*, *F. heteroclitus*, *F. similis*, *Leiostomus xanthurus*, *Liza aurata*, *L. ramada*, *L. saliens*, *Mugil brasiliensis*, *M. capito*, *M. cephalus*, *M. curema*, *M. peruanus*, *M. petardi*, *M. trichodon*, *Sparus australis*, *Tilapia zillii*, *T. galilae*, *Toxotes chatareus* [7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Род *Nipergasilus* Yin, 1949

Nipergasilus bora (Yamaguti, 1939) (рисунок, 2)

Син.: *Ergasiloides bora* Yamaguti, 1939; *Yamagutia bora* (Yamaguti, 1939).

На жаберных лепестках 2 экз. *M. cephalus*, интенсивность инвазии 7–10 экз. в реках Раздольная в июне 2003 г. и Киевка июне 2004 г.

Самка. Форма тела циклопоидная. Первый грудной сегмент обособлен от головы, границы между первым–четвертым сегментами хорошо выражены, четвертый и пятый грудные сегменты слиты. Первая антенна 6-члениковая, вторая антенна 5-члениковая. Ветви первой–третьей пар ног 3-члениковые, четвертой пары – 2-члениковые. Пятая пара ног одноветвистая. Генитальный комплекс маленький, округлый, брюшко 3-сегментное. Ветви каудальной фурки короткие. Яйцевые мешки цилиндрические.

Длина тела (без каудальных щетинок) 1,20–1,63, максимальная ширина 0,25–0,37 мм (измерено 10 экз.).

Самец не известен.

Копепода *N. bora* распространена в Японии, Китае, Израиле, Европе, Средиземном и Японском морях; зарегистрирована на *Chelon labrosus*, *Dicentrarchus labrax*, *D. punctatus*, *Liza aurata*, *L. ramada*, *Mugil auratus*, *M. cephalus* [7, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26].

Подотряд Siphonostomatoidea Latreille, 1829

Семейство Caligidae Burmeister, 1835

Род *Caligus* Muller, 1785

Caligus orientalis Gussev, 1951 (рисунок, 3, 4)

Син.: *C. japonicus* Gussev in Isakova-Keo, 1952; *C. communis* Shen, 1957; *C. laticarpus* Shen, 1957.

На поверхности головы, в жаберной полости, на жабрах 5 экз. *M. soiuy*, интенсивность инвазии 1–4 экз. в р. Раздольная в июне–августе, октябре, декабре 2004 г.; на жабрах 1 *M. soiuy*, интенсивность инвазии 4 экз. в Посъете в ноябре 2005 г.

Самка. Форма тела калигоидная (рисунок, 3). Головогрудь округлая; генитальный комплекс меньше головогруды, боковые края его слабо выпуклы, задние углы закруглены и выдаются назад; брюшко маленькое односегментное, длина его равна ширине; каудальные ветви имеют типичное строение; шип среднего членика ног IV значительно не достигает основания внешнего шипа дистального членика. Длина тела (без каудальных щетинок) 3,1–4,00 мм, карапакс (без полей) 2,05–2,60×2,12–2,45 мм, четвертый грудной сегмент 0,15–0,35×0,30–0,55 мм, генитальный комплекс 0,55–0,80×0,55–1,05 мм, abdomen 0,30×0,35–0,45 мм, каудальные ветви 0,05×0,10 мм (измерено два экземпляра).

Самец. Форма тела калигоидная (рисунок, 4). Головогрудь округлая; генитальный комплекс короче головогруды; брюшко 2-сегментное, первый сегмент меньше второго. Дистальный коготь антенн II оканчивается 4 коготками. Максиллипеды с мощным основным члеником, внутренний край его с неровным вздутием по середине. Остальные конечности как у самки. Длина тела 3,65 мм, карапакс 2,40×2,25 мм, четвертый грудной сегмент 0,30×0,55 мм, генитальный комплекс 0,60×0,85 мм, abdomen 0,35×0,50 мм, каудальные ветви 0,10 мм (измерен один экземпляр).

Халимус. Длина тела 1,60–2,05 мм, карапакс 1,20–1,63×1,15–1,38 мм, четвертый грудной сегмент 0,08–0,10×0,30–0,32 мм, генитальный комплекс 0,20–0,25×0,35–0,45 мм, abdomen 0,08–0,35×0,18–0,30 мм, каудальные ветви 0,05 мм (измерено два экземпляра).

Предвзрослая стадия. Длина тела 1,15–2,95 мм, карапакс 1,80–1,85×1,75 мм, четвертый грудной сегмент 0,20×0,55–0,60 мм, генитальный комплекс 0,50–0,55×0,73–0,75 мм, abdomen 0,15–0,25×0,33–0,35 мм, каудальные ветви 0,08–0,10 мм (измерено два экземпляра).

Копепода *C. orientalis* – эндемик северо-восточной части Тихого океана (известен также из эстуарных и пресных вод); зарегистрирована на рыбах *Acanthopagrus latus*, *A. schlegeli*, *Chanos chanos*, *Cyprinus carpio*, *Epinephelus malabaricus*, *Hexagrammos octogrammus*, *Hucho perryi*, *Hypomesus transpacificus*, *Hyporhamphus sajori*, *Lates calcarifer*, *Leuciscus brandti*, *Litanda aspera*, *Liza akame*, *L. haematocheila*, *L. macrolepis*, *Mugil cephalus*, *M. soiuy*, *Oncorhynchus keta*, *O. mykiss*, *Oreochromis mossambicus*, *Salmo mykiss*, *Sarotherodon mossambicus*, *Se-*

bastes taczanowskii, *Tilapia mossambica*, *Tribolodon brandti*, *T. hakuensis*, на кальмаре *Todarodes pacificus*, спорадически на человеке *Homo sapiens* и в составе планктона [6, 7, 8, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34].

Семейство Lernanthropidae Milne Edwards, 1840

Род *Lernanthropsis* Do, 1985

Lernanthropsis mugilii (Shishido, 1898) (рисунок, 5, 6)

Син.: *Lernanthrohus mugilii* Shishido, 1898; *L. shishidoi* Shiino, 1955; *L. nudus* Bassett-Smith, 1898.

На жаберных лепестках 23 экз. *M. cephalus*, интенсивность инвазии 1–5 экз. в реках Раздольная и Киевка в июне 2003 г., июне, сентябре 2004 г., мае–августе 2005 г.

Самка. Форма тела лернантропоидная (рисунок, 5). Головогрудь с округлыми углами, расширена кзади. Туловище продолговатое, имеет небольшую перетяжку посредине и пару небольших дорсальных отростков, которые достигают основания яйцевых мешков. Брюшко сужается к дистальному концу. Каудальные ветви на дистальном конце несут по 2 шипа и у основания ветви по щетинке. Первая антенна неясно члениковая; вторая антенна состоит из 2 члеников, основной членик толстый; терминальный членик в виде когтя, на его вогнутой поверхности находится маленький слегка изогнутый шип. Мандибулы имеют 7 зубцов. Первая максилла двуветвистая, внешняя ветвь больше внутренней и на дистальном конце имеет 3 шипа; внутренняя ветвь на вершине имеет 1 шип. Дистальный членик второй максиллы короче базального, с коротким когтем на вершине. Максиллипед 2-члениковый, базальный членик толстый, на его внутреннем крае имеется участок, покрытый мелкими шипиками; дистальный сегмент в виде когтя с коротким шипом на вогнутой стороне. Эндоподиты первой–второй ног на вершинах имеют мелкие шипики, экзоподиты на дистальных концах имеют по 5 коротких шипов. Первая нога имеет щетинку, расположенную с внутренней стороны у основания эндоподита. Третья нога одноветвистая. Четвертая нога двуветвистая, ветви цилиндрические, дистальные концы ветвей округлены. Пятая нога в виде бугорка, расположена у основания яйцевых нитей. Длина тела (без каудальных щетинок) 4,00–5,75 мм, головогрудь 1,25–1,60×1,10–1,55 мм, туловище с задними отростками 2,20–3,55×1,35–2,30 мм, генитоабдомен 0,60–1,00×0,45–1,20 мм, четвертая нога: экзоподит 3,25–5,25 мм и эндоподит 3,00–5,25 мм, ветви каудальной фурки 0,15–0,25 мм, яйцевые мешки 8,00–11,50×0,25 (измерено восемнадцать экземпляров).

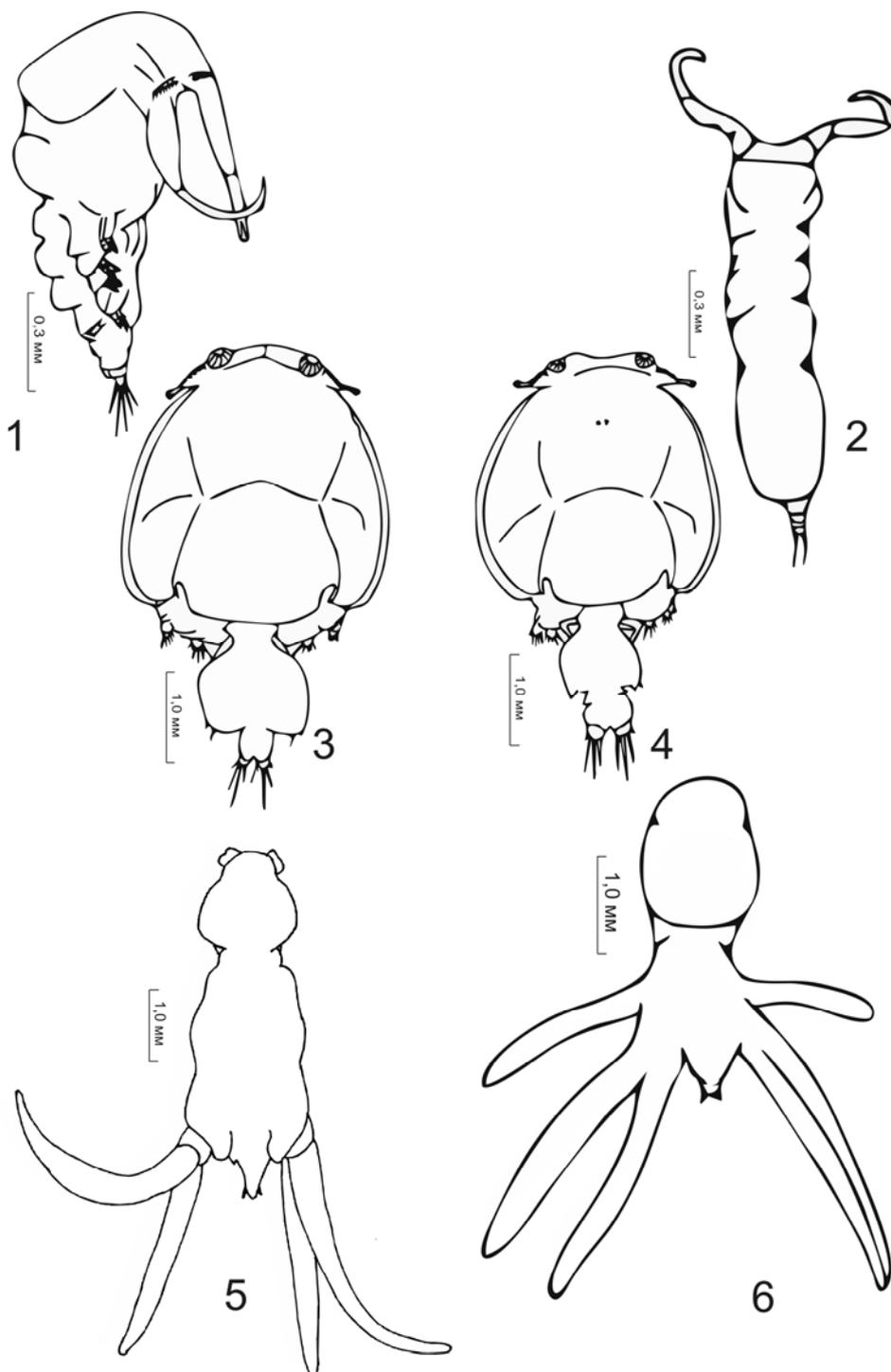
Самец. Форма тела лернантропоидная (рисунок, 6). Головогрудь более округлая, чем у самки. Первая–вторая ноги как у самки. Третья нога покрыта небольшими папиллами и видна с дорсальной стороны. Длина тела (без каудальных щетинок) 3,00–3,45 мм, головогрудь 1,25–1,50×1,10–1,43 мм, туловище с задними отростками 1,25–1,75×0,75–1,05 мм, генитоабдомен 0,04–0,25×0,15–0,55 мм, четвертая нога: экзоподит 1,60–3,00 мм и эндоподит 1,60–3,00 мм, ветви каудальной фурки 0,10–0,15 мм (измерено семь экземпляров).

Копепода *L. mugilii* – эндемик Индо-Вост. Пацифики (найден у берегов Японии, Шри-Ланки, Индии, Австралии, в Аденском заливе); зарегистрирована на *Apogon lineatus*, *Chaeturichthys hexanema*, *Choerodon albigena*, *Mugil cephalus*, *M. soiuy*, *Mugil* sp. [6, 7, 18, 25, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47].

Обсуждение

В водах Приморья на представителях семейства Mugilidae (*M. cephalus* и *M. soiuy*) зарегистрировано 4 вида (*E. lizae*, *N. bora*, *C. orientalis* и *L. mugili*) 4 родов (*Ergasilus*, *Nipergasilus*, *Caligus* и *Lernanthropsis*) 3 семейств (*Ergasilidae*, *Caligidae* и *Lernanthropidae*) копепод. На *M. cephalus* в Приморье паразитируют *E. lizae* и *C. orientalis*, на *M. cephalus* – *E. lizae*, *N. bora* и *L. mugili*. Копепода *E. lizae* отмечена на обоих хозяевах. 4 вида копепод, зарегистрированных нами в Приморье, паразитируют в Мировом океане и пресных водах на

56 видах рыб. Копепода *C. orientalis* – эндемик северо-восточной части Тихого океана (известен также из эстуарных и пресных вод). Кроме того, *Caligus orientalis* известен как паразит кальмара (*Todarodes pacificus*) и спорадически – человека (*Homo sapiens*).



1 – *Ergasilus lizae* (латерально); 2 – *Nipergasilus bora* (дорсально);
 3 – *Caligus orientalis* (самка дорсально); 4 – *C. orientalis* (самец дорсально);
 5 – *Lernanthropsis mugilii* (самка дорсально); 6 – *L. mugilii* (самец дорсально)
 1 – *Ergasilus lizae* (lateral); 2 – *Nipergasilus bora* (dorsal); 3 – *Caligus orientalis* (female dorsal);
 4 – *C. orientalis* (male dorsal); 5 – *Lernanthropsis mugilii* (female dorsal); 6 – *L. mugilii* (male dorsal)

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность Л.С. Швецовой, канд. биол. наук, зав. сектором прибрежных исследований ФГУП «ТИНРО-Центр» за представленный материал. Работа выполнена при частичной поддержке фонда INTAS, Ref. № 03-51-5998.

Список литературы

1. Казаченко В.Н. Определитель семейств и родов паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) рыб. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001. – Ч. 1. – 161 с. – Ч. 2. – 253 с.
2. Boxshall G.A., Halsey S.H. An introduction to copepod diversity. – London: The Ray Society. – 2004. P. 1–2. – 966 p.
3. Ho J.-s., Kim I.-h., Cruz-Lacierda E.R., Nagasawa K. Dea lice (Copepoda, Caligida) parasitic on marine cultured and wild fishes of the Philippines // Journal of the Fisheries Society of Taiwan – 2004. – Vol. 31, № 4. – P. 235–249.
4. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda), вызывающие снижение качества рыбной продукции // Пища. Экология. Человек: докл. Второй Междунар. науч.-техн. конф. – Ростов н/Д, 1997. – М., 1997. – С. 99.
5. Bondad-Reantaso M.G., Subasinghe R.P., Arthur J.R., Ogawa K., Chinabut S., Adlard R., Tan Z., Shariff M. Disease and health management in Asia aquaculture // Veterinary Parasitology. – 2005. – Vol. 132. – P. 249–272.
6. Гусев А.В. Паразитические копеподы (Copepoda) с некоторых морских рыб // Паразитол. сб. – 1951. – Т. 13. – С. 394–463.
7. Маркевич А.П. Паразитические веслоногие рыб СССР. – Киев: Изд-во АН УССР. – 1956. – 246 с.
8. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda) рыб залива Петра Великого (Японское море) // ТИНРО-Центр, 1995. – 60 с. Деп. в ВНИЭРХ 07.08.95. – № 1281-рх95.
9. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 121 с.
10. Bere R. Parasitic copepods from Gulf of Mexico fish // Am. Midl. Nat. – 1936. – Vol. 17, № 3. – P. 577–625, pls. 1–12.
11. Pearse A.S. Parasitic Crustacea from the Texas coast // Publs Inst. mar. Sci. Univ. Tex. – 1952. – Vol. 2. – P. 5–42.
12. Маркевич А.П. Тип членистоногие – Arthropoda // Определитель паразитов позвоночных Черного и Азовского морей. – Киев, 1975. – С. 465–489.
13. Roberts L.S. *Ergasilus* (Copepoda: Cyclopoida): revision and key to species in North America // Trans. Amer. Microsc. Soc. – 1970. – Vol. 89, № 1. – P. 134–161.
14. Paperna I. Parasites and diseases of the Grey mullet (Mugilidae) with special reference to the seas of the Near East // Aquaculture. – 1975. – Vol. 5. – P. 65–80.
15. Raibaut A., Ben Hassine O.K. Les copépodes parasites des muges en Méditerranée // Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, ser. 3. Zool. – 1977. – Vol. 329. – P. 833–848.
16. Kabata Z. Parasitic Copepoda of British fishes // Ray. Soc. – 1979. – № 152. – 468 p.
17. Byrnes T. Some ergasilids (Copepoda) Parasitic on four species of Australian brem, *Acanthopagrus* spp. // Austral. J. Mar. a. Freshwater Res. – 1986. – Vol. 37, № 1. – P. 81–93.
18. Kim I.-H. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea // Cirripedia, symbiotic Copepoda, Pycnogonida. – 1998. – Vol. 38. – 1038 p.
19. Yamaguti S. Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 4. Cyclopoida, II // Vol. Jub. Yoshida, 1939. – Vol. 2. – P. 391–415.

20. Yin W.Y. Studies on the Ergasilidae (Parasitic Copepoda) from the fresh-water fishes of China // *Acta Hydrobiol. Sinica*. – 1956. – № 2. – P. 209-270, pls. 1–18.
21. Fryer G. A report on the parasitic Copepoda and Branchiura of the fishes of Lake Nyasa // *Proc. zool. Soc. Lond.* – 1956. – Vol. 127, pt. 3. – P. 293–344.
22. Paperna I. Copepod infections in fish in euryhaline environments // *Wiad. Parazytol.* – 1977. – Vol. 23, № 1–3. – P. 183–188.
23. Paperna I., Lahav M. New records and further data on fish parasites in Israel // *Bamidgeh.* – 1971. – Vol. 23. – P. 43–52.
24. Ho J.-s., Do T.T. Two species of Ergasilidae (Copepoda: Poecilostomatoida) parasitic on the gills of *Mugil cephalus* Linnaeus (Pisces: Teleostei), with proposition of a new genus *Dermoergasilus* // *Hydrobiologia*. – 1982. – Vol. 89. – P. 247–252.
25. Гусев А.В. Тип Членистоногие – Arthropoda. Класс Ракообразные – Crustacea // *Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР*. – Л.: Наука, 1987. – Т. 3. – С. 378–524.
26. Radujković B.M., Raibaut A. Copepodes parasites des poissons des cotes du Montenegro (Adriatic Sud) // *Acta Adriat.* – 1987. – Vol. 28 (1–2). – P. 121–142.
27. Исакова-Кео М.М. Паразитофауна угая (*Leuciscus brandti*) и ее особенности // *Уч. зап. ЛГУ*. – 1952. – Т. 141, сер. биол., 28. – С. 231–237.
28. Shen C.-J. Parasitic copepods from fishes of China. Part 2. Caligoida, Caligidae (1) // *Acta Zool. Sinica*. – 1957. – Vol. 9, № 4. – P. 351–377.
29. Hwa T.-K. Studies on the life history of a fish-louse (*Caligus orientalis* Gussev) // *Acta Zool. Sin.* – 1965. – Vol. 17. – P. 48–58.
30. Курочкин Ю.В., Казаченко В.Н. О случаях прикрепления морских паразитических калигид и аргулид к коже человека при погружении в воду // *Изв. ТИПРО*. – 1975. – Т. 98. – С. 257–258.
31. Urawa S., Muroga K., Izawa K. *Caligus orientalis* Gussev (Copepoda) parasitic on akame (*Liza akame*) // *Fish. Pathol.* – 1979. – Vol. 13, № 3. – P. 139–146.
32. Matumoto T. *Caligus orientalis* parasitism on cultured carp // *Fish. Pathology*. – 1980. – Vol. 14, № 3. – P. 143–144.
33. Urawa S., Kato T. Heavy infections of *Caligus orientalis* (Copepoda: Caligidae) on caged rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in Brackish Water // *Fish Pathol.* – 1991. – Vol. 26, № 3. – P. 161–162.
34. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы рыб (Crustacea: Copepoda) в составе планктона // *Науч. тр. Дальрыбвтуза*, 1999. – Вып. 12. – С. 126–137.
35. Bassett-Smith P.W. Some new or rare parasitic copepods found on fish in the Indo-tropical Region // *Ann. Mag. Nat. Hist.* – 1898. – Ser.7, Vol. 2. – P. 357–383.
36. Shishido I. Parasitic copepods, *Lernanthropus* (in Japanese) // *Zool. Mag. (Dobutsugaku-Zasshi)*. – 1898. – Vol. 10. – P. 82–87, 120–125, 148–151, 215–218, 254–256, 337–340, pls. 5.
37. Wilson C.B. North American parasitic copepods belonging to the family Dichelesthidae // *Proc. U. S. nat. Mus.* – 1922. – Vol. 60. – P. 1–100.
38. Yamaguti S. Parasitic copepods from fishes of Japan. Part 3. Caligoida, II // *Publ. by author*. – 1936. – P. 1–21, pls. 1–9.
39. Gnanamuthu C.P. *Lernanthropus sciaenae* sp. nov., a copepod parasitic on the gill of the fish *Sciaena glauca* from Madras // *Rec. Indian Mus.* – 1949. – Vol. 45 (4). – P. 291–298.
40. Shiino S.M. Copepods parasitic on Japanese fishes. 8. The Anthosomidae // *Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie.* – 1955. – Vol. 2, № 1. – P. 50–69.
41. Ichihara A., Kamegai S., Kato K., Kamegai H., Nonobe H., Sacata T., Machida M. On the parasites of fishes and shell-fishes in the Bay of Tokio (№ 3). Parasites of *Mugil cephalus*, *Apogon lineatus*, *Chaeturichthys hexanoma* // *Monthly Rep. Meguro Parasitol. Mus.* – 1963. – № 52. – P. 2–5.

42. Kirtisinghe P. A review of the parasitic copepods of fish recorded from Ceylon, with description of additional forms // Bull. Fish. Res. Stn. Ceylon. – 1964. – Vol. 17. – P. 45–132.
43. Pillai N.K. Copepods parasitic on south indian fishes: family Anthosomidae – 2 // J. Bombay Nat. Hist. Soc. – 1964. – Vol. 61 (1). – P. 46–59.
44. Song D., Chen G. Some parasitic copepods from marine fishes of China // Acta Zool. Sin. – 1976. – Vol. 22, № 4. – P. 406–424.
45. Kabata Z. Parasitic Copepoda of australian fishes, X. Family Lernanthropidae // Crustaceana. – 1979. – Vol. 37, № 2. – P. 198–213.
46. Ho J.-s., Do T.T. Copepods of the family Lernanthropidae parasitic on japanese marine fishes, with a phylogenetic analysis of the lernanthropid genera // Rept Sado Mar. Biol. Stat., Niigata Univ. – 1985. – № 15. – P. 31–76.
47. Казаченко В.Н. К фауне паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) рыб залива Петра Великого (Японское море) // 9 Всесоюз. совещание по паразитам и болезням рыб, Петрозаводск, март 1991. – Петрозаводск, 1991. – С. 54–55.

Сведения об авторах: Казаченко Василий Никитич, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vaskaz@hotmail.ru;
Фещенко Николай Васильевич, кандидат экономических наук, доцент;
Nguyen Vu Ha, IEBR, Hanoi, Vietnam.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 551.463.21

Е.Н. Бакланов¹, Е.П. Стародубцев², П.А. Стародубцев²

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

²Военный учебно-научный центр Военно-Морского флота «Военно-морская академия
имени адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» (филиал, г. Владивосток),
690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕТОДА ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СФОРМИРОВАННЫХ РЫБНЫХ КОСЯКОВ

Рассматривается возможность применения низкочастотного просветного метода для дальнего обнаружения рыбных скоплений. Анализируется теоретическое предположение о характере взаимодействия слабого низкочастотного просветного сигнала с неоднородностями среды вокруг рыбного косяка, в результате которого возникает фазовая модуляция принимаемого сигнала, являющаяся информационным признаком.

***Ключевые слова:** просветный метод, рыбное скопление, фазовая модуляция, нелинейное взаимодействие, дальнее обнаружение.*

E.N. Baklanov, E.P. Starodubtcev, P.A. Starodubtcev

PHYSICAL MODEL OF LONG-RANGE DETECTION OF FORMED FISH SCHOOLS

The possibility of using low-frequency transmission-range method for detection of fish schools considered. We analyze the theoretical assumption about the nature of the interaction of a weak low-frequency signal with environment irregularities around a fish school, as a result of which there is a phase modulation of the received signal as an information sign.

***Key words:** transmissive method, fish aggregation, phase modulation, nonlinear interaction, distant detection.*

Физический принцип формирования низкочастотного просветного метода основан на подсветке (накачке) всей контролируемой среды (или рубежа) одним низкочастотным просветным сигналом, что отличает его от классических параметрических устройств и обеспечивает возможность получения дополнительных положительных эффектов. Несмотря на существенные различия классических устройств от такой просветной низкочастотной системы, в ней остаются общими закономерности параметрического преобразования малой интенсивности низкочастотных просветных сигналов на возмущениях, созданных перемещением рыбного косяка (РК) в направленное низкочастотное излучение, и, наоборот, преобразование низкочастотной сигнальной волны в просветный сигнал на приемниках [1].

Физическая сущность нелинейного взаимодействия низкочастотного просветного сигнала и возмущений от РК, формирования составляющих комбинационных волн суммарной и разностной частот при их совместном распространении в нелинейной среде заключается во взаимной модуляции фронта одной волны другой, в результате чего фазовая скорость их распространения в среде взаимно преобразуется. Это приводит к фазовой модуляции принимаемого низкочастотного просветного сигнала, которая является информационным признаком полезного сигнала с дальнейшим выделением его в трактах обработки приемной системы [2].

Данное теоретическое предположение можно объяснить на примере сигналов, получаемых в результате взаимодействия низкочастотного просветного акустического гармонического колебания $P_{нес} = P_0 \cos(\omega t + \varphi)$ и $s(t)$ (низкочастотных составляющих спектра РК), изменяющих фазу просветного сигнала φ . Амплитуда P_0 в дальнейших рассуждениях как бы остается неизменной, хотя при взаимодействии просветного сигнала и высокочастотных составляющих спектра РК присутствуют все виды модуляции: амплитудная, частотная и фазовая [3–4].

Так как аргумент гармонического колебания $\psi(t) = \omega t + \varphi$ называется полной фазой и определяет текущее значение фазового угла, такие сигналы получили название сигналов с угловой или фазовой модуляцией. Предположим вначале, что полная фаза $\psi(t)$ связана с сигналом $s(t)$ зависимостью

$$\psi(t) = \omega_0 t + m_G \cdot s(t), \quad (1)$$

где ω_0 – значение частоты в отсутствии полезного сигнала; m_G – некоторый коэффициент пропорциональности.

Фазовая модуляция описывается выражением [5]

$$P_{\Phi M}(t) = P_0 \cos[\omega_0 t + m_G s(t)]. \quad (2)$$

Если сигнал $s(t) = 0$, то ΦM -колебание является простым гармоническим колебанием. С увеличением значений сигнала $s(t)$ полная фаза растет во времени быстрее, чем по линейному закону. При уменьшении значений модулирующего сигнала происходит спад скорости роста $\psi(t)$ во времени. В моменты времени, когда сигнал $s(t)$ достигает экстремальных значений, абсолютный фазовый сдвиг между ΦM -сигналом и немодулированным гармоническим колебанием оказывается наибольшим. Предельное значение этого фазового сдвига называют девиацией фазы $\Delta\psi$. В общем случае, когда сигнал $s(t)$ изменяет знак, принято различать девиацию фазы вверх $\Delta\psi_u = m_G S_{\max}$ и девиацию фазы вниз $\Delta\psi_d = m_G S_{\min}$.

На векторной диаграмме, изображающей вектор постоянной длины, он будет совершать вращение с непостоянной угловой скоростью. Мгновенная частота $\omega(t)$ сигнала с угловой модуляцией определяется как первая производная от полной фазы по времени:

$$\omega(t) = \frac{d\psi}{dt}. \quad (3)$$

Так что

$$\psi(t) = \int_{-\infty}^t \omega(\tau) d\tau + const. \quad (4)$$

Аналитическая форма записи однотонального ΦM -сигнала представляется формулой [6]

$$P_{\Phi M}(t) = P_0 \cos[\omega_0 t + m \sin \Omega(t)], \quad (5)$$

где

$$m = \Delta\omega / \Omega \quad (6)$$

– индекс однотональной фазовой модуляции, представляющий собой девиацию фазы сигнала, выраженную в радианах, или коэффициент модуляции основных спектральных состав-

ляющих низкочастотного просветного акустического сигнала (ω) высокочастотными составляющими возмущений от РК [7].

При фазовой модуляции индекс m пропорционален амплитуде высокочастотного сигнала независимо от его частоты. Как следствие этого, девиация частоты при фазовой модуляции в соответствии с формулой (6) линейно увеличивается с ростом частоты. Задачу о представлении ФМ-сигналов с фазовой модуляцией посредством суммы гармонических колебаний не сложно решить в случае, когда $m \ll 1$. Колебания, характеризуемые условием $m \ll 1$, принято называть узкополосными. Для этого преобразуем формулу (3) следующим образом [8]:

$$P(t) = P_0[\cos \omega_0 t + m \sin \Omega(t)] = P_0 \cos(m \sin \Omega t) - P_0 \sin(m \sin \Omega t) \sin \omega_0 t. \quad (7)$$

Поскольку индекс угловой модуляции мал, воспользуемся приближенными равенствами $\cos(m \sin \Omega t) \approx 1$; $\sin(m \sin \Omega t) \approx m \sin \Omega t$. На основании этого из равенства (3) получаем:

$$P(t) \approx P_0 \cos \omega_0 t + \frac{mP_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t - \frac{mP_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t. \quad (8)$$

Таким образом, показано, что при $m \ll 1$ в спектре сигнала с фазовой модуляцией содержатся несущее колебание и две боковые составляющие (верхняя и нижняя) на частотах $\omega_0 + \Omega$ и $\omega_0 - \Omega$. Индекс m играет здесь такую же роль, как коэффициент амплитудной модуляции M_A . Для спектрограммы, построенной по формуле (3), характерно то, что нижнее боковое колебание имеет дополнительный фазовый сдвиг на 180° . Как следствие этого, сумма векторов, отображающих оба боковых колебания, всегда перпендикулярна вектору \bar{P}_{HEC} . С течением времени вектор \bar{P}_Σ будет «качаться» вокруг центрального положения. Незначительные изменения длины этого вектора обусловлены приближенным характером анализа, и при очень малых m ими можно пренебречь.

Можно уточнить полученный результат, воспользовавшись двумя членами ряда в разложении гармонических функций малого аргумента. При этом формула (6) будет выглядеть так [9]:

$$P(t) \approx P_0 (1 - \frac{1}{2} m^2 \sin^2 \Omega t) \cos \omega_0 t - P_0 (m \sin \Omega t - \frac{1}{6} m^3 \sin^3 \Omega t) \sin \omega_0 t. \quad (9)$$

Несложные тригонометрические преобразования приводят к результату:

$$P(t) = P_0 (1 - \frac{m^2}{4}) \cos \omega_0 t + U_m m (1 - \frac{m^2}{8}) \times \begin{bmatrix} \cos(\omega_0 + \Omega)t - \\ \cos(\omega_0 - \Omega)t \end{bmatrix} + P_0 (\frac{m^2}{8}) \times \quad (10) \\ \times [\cos(\omega_0 + 2\Omega)t + \cos(\omega_0 - 2\Omega)t] + P_0 (\frac{m^3}{48}) \begin{bmatrix} \cos(\omega_0 + 3\Omega)t - \\ \cos(\omega_0 - 3\Omega)t \end{bmatrix}.$$

Формула (10) свидетельствует о том, что в спектре низкочастотного просветного сигнала помимо известных составляющих содержатся также верхние и нижние боковые колебания, соответствующие гармоникам фазовой модуляции от возмущений РК [10].

Возникновение новых спектральных составляющих приводит к перераспределению энергии по спектру. Так, из формулы (10) видно, что с ростом m амплитуда боковых состав-

ляющих увеличивается, в то время как амплитуда несущей просветного сигнала уменьшается пропорционально множителю $(1 - m^2/4)$. Для простейшего случая однотонового ФМ просветного сигнала можно найти общее выражение спектра, справедливое при любом значении индекса модуляции m . В разделе математики, посвященном специальным функциям, доказывается, что экспонента $\exp(jm \sin x)$ с мнимым показателем специального вида, периодическая на отрезке $-\pi \leq x \leq \pi$, разлагается в комплексный ряд Фурье [11]:

$$e^{jm \sin x} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} J_k(m) e^{jkx}, \quad (11)$$

где m – любое вещественное число; $J_k(m)$ – функция Бесселя k -го индекса от аргумента m .

Сравнивая формулы (8) и (9), а также подставляя $x = \Omega t$, перепишем последнюю из указанных формул так:

$$P(t) = P_0 \operatorname{Re}(e^{j\omega_0 t} e^{jm \sin \Omega t}) = P_0 \operatorname{Re}(e^{j\omega_0 t} \sum_{k=-\infty}^{\infty} J_k(m) e^{jk\Omega t}). \quad (12)$$

Отсюда получаем следующую математическую модель ФМ-сигнала с любым значением индекса модуляции:

$$P(t) = P_0 \sum_{k=-\infty}^{\infty} J_k(m) \cos(\omega_0 + k\Omega)t. \quad (13)$$

Спектр ФМ низкочастотного просветного сигнала в общем случае будет содержать бесконечное число составляющих, частоты которых равны $\omega_0 \pm k\Omega$; амплитуды этих составляющих пропорциональны значениям $J_k(m)$. В теории функций Бесселя доказывается, что функции с положительными и отрицательными индексами связаны между собой: $J_{-k}(m) = (-1)^k J_k(m)$. Поэтому начальные фазы боковых колебаний с частотами $\omega_0 + k\Omega$ и $\omega_0 - k\Omega$ и совпадают, если k – четное число, и отличаются на 180° , если k – нечетное число. Для детального анализа и построения спектральных диаграмм необходимо знать поведение функций Бесселя $J_k(m)$ при различных значениях m в зависимости от k . Можно отметить следующее: чем больше индекс функции Бесселя, тем протяженнее область аргументов, при которых эта функция очень мала. Этот факт позволяет построить типичные спектральные диаграммы ФМ просветного сигнала при не слишком больших значениях индекса m . Важно отметить, что с ростом индекса модуляции расширяется полоса частот, занимаемая просветным сигналом. Большая широкополосность ФМ просветных сигналов обуславливает их применимость для целей акустического мониторинга и обнаружения возмущений морской среды, потому что именно широкополосность приводит к гораздо большей помехоустойчивости ФМ просветных сигналов. Чем шире полоса сигнала, тем уже спектр.

Интересная особенность колебаний с фазовой модуляцией проявляется в случае, когда модулирующий сигнал не является гармоническим, что будет особенно характерно при взаимодействии малой интенсивности низкочастотного просветного сигнала с возмущений от РК. Сам процесс с точки зрения математических законов очень сложный, поэтому рассмотрим для простоты сигнал, промодулированный лишь двумя частотами возмущений РК:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= P_0 \cos(\omega_0 t + m_1 \sin \Omega_1 t + m_2 \sin \Omega_2 t) = \\
 &= P_0 \cos(m_1 \sin \Omega_1 t + m_2 \sin \Omega_2 t) \cos \omega_0 t - P_0 \sin(m_1 \sin \Omega_1 t + m_2 \sin \Omega_2 t) \sin \omega_0 t.
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Положим, что парциальные индексы модуляции m_1 и m_2 малы настолько, что можно пользоваться приближенными выражениями для косинуса и синуса: $\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}$; $\sin x \approx x$. Выполним несколько громоздкие, но вполне элементарные тригонометрические преобразования, и представим исходный сигнал в виде суммы:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= P_0 \left[1 - \frac{(m_1^2 + m_2^2)}{4} \right] \cos \omega_0 t + \frac{1}{2} m_1 P_0 [\cos(\omega_0 + \Omega_1)t - \cos(\omega_0 - \Omega_1)t] + \\
 &+ \frac{1}{2} m_2 P_0 [\cos(\omega_0 + \Omega_2)t - \cos(\omega_0 - \Omega_2)t] + \frac{1}{8} m_1^2 P_0 [\cos(\omega_0 + 2\Omega_2)t + \cos(\omega_0 - 2\Omega_2)t] + \\
 &+ \frac{1}{2} m_1 m_2 P_0 \left[\begin{aligned} &\cos(\omega_0 + \Omega_1 - \Omega_2)t + \cos(\omega_0 - \Omega_1 + \Omega_2)t - \\ &-\cos(\omega_0 + \Omega_1 + \Omega_2)t - \cos(\omega_0 - \Omega_1 - \Omega_2)t \end{aligned} \right].
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Следует обратить внимание на то, что в спектре рассматриваемого просветного сигнала, помимо ранее отмеченных комбинационных частот $\omega_0 \pm \Omega_1$, $\omega_0 \pm \Omega_2$ [12], присутствуют частоты $\omega_0 \pm \Omega_1 \pm \Omega_2$ с четырьмя возможными знаками. Можно показать, что в общем случае, когда фазовая модуляция осуществляется группой высокочастотных колебаний возмущений от РК с частотами $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N$ соответственно, спектральное представление просветного сигнала в однородной безграничной среде таково:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= P_0(t) \sum_{k_1=-\infty}^{\infty} \sum_{k_2=-\infty}^{\infty} \dots \sum_{k_N=-\infty}^{\infty} J_{k_1}(m_1) J_{k_2}(m_2) \dots \\
 &J_{k_N}(m_N) \times \cos(\omega_0 + k_1 \Omega_1 + k_2 \Omega_2 + \dots + k_N \Omega_N)t.
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Так как в процессе взаимодействия малой интенсивности низкочастотного просветного сигнала и возмущений от РК достаточно сложно отделить процесс фазовой модуляции от параметрического взаимодействия данных сигналов, то промодулированный одной волной возмущений от РК просветный сигнал представляет фазомодулированную волну, давление в которой с учетом условий распространения сигнала может быть определено по формуле (12) [1, 12] (первая половина формулы – проявление модуляционных эффектов, вторая половина – параметрических):

$$P_S \left(\frac{L_n}{c_0}, \theta_{N, m_i} \right) = \left[P_0 \cdot \left(\sum_{k=1}^4 J_k(m_i) \right) \cdot \cos \omega_0 \cdot \left(t_N - \frac{L_n}{c_0} \right) + k \Omega_N (1 - \cos \theta_N) t_N \cdot m_i \right] \pm P_{\pm S}, \tag{17}$$

где t_N – суммарное время распространения низкочастотного просветного сигнала от излучателя к приемнику с учетом водной среды; $\frac{L_n}{c_0}$ – время модуляционного (параметрического) взаимодействия просветного сигнала с возмущениями от РК; k – любое вещественное число; m_i – индекс фазовой модуляции,

$$m_i = \left[\frac{(\gamma - 1 + \cos \theta_N) \cdot P_o(t)}{2\rho_0(c_0)^3 \cdot P_\Omega(\Omega_N, L_n)} \cdot \frac{\sin \left[\pi \frac{L_n}{\Omega_N} (1 - \cos \theta_N) \right]}{\pi \frac{L_n}{\Omega_N} (1 - \cos \theta_n)} \right] \cdot \frac{\Delta\omega}{\Omega_N}; \quad (18)$$

$J_k(m_i)$ – функция Бесселя k -го индекса от аргумента m_i , показывающая зависимость коэффициента модуляции от амплитуды модулирующего сигнала; ω_0 – несущая частота просветного сигнала; $\Delta\omega$ – изменение частоты просветного сигнала; Ω_N – колебания возмущений от РК с частотами $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N$ соответственно; P_0 – звуковое давление в просветном сигнале; L_n – проекция плоскости сечения области взаимодействия (в том числе и параметрического с появлением комбинационных волн разностной и суммарной частот) просветного сигнала с составляющими от РК на линию, соединяющую излучатель и приемник; θ_N – угол между взаимодействующими сигналами; γ – параметр нелинейности среды, для морской воды равен 3,5 (РК он может достигать величин 10–15 единиц); $\pm P_{\pm S}$ – давление волн комбинационных частот суммарной и разностной частот.

Если $\sum_{k=-\infty}^{\infty} J_k(m_i) \cdot \cos \omega_0 \cdot \left(t_N - \frac{L_n}{c_0} \right) + k\Omega_N(1 - \cos \theta_N)t_N \cdot m_i = \Psi_{PF}$ назвать коэффициентом

пространственно-фазового взаимодействия низкочастотного просветного сигнала с гармоническими составляющими возмущений от РК, то с учетом поправок, рассчитанных на объем, взаимодействия и расстояние от места области взаимодействия до точки приема измененного просветного сигнала формулу (8) можно представить в следующем виде [4, 11]:

$$P_{\Sigma S} \left(\frac{L_n}{c_0}, \theta_N, m_i, V_g \right) = P_0 \cdot \int_{n_i=1}^{m_j} \Psi_{PF} \cdot \frac{V_g}{c_0 \cdot R_S^2} \pm P_{\pm S}(N), \quad (19)$$

где V_g – объем среды взаимодействия волн, в том числе и параметрического; R_S – расстояние от области взаимодействия до точки приема просветного сигнала в френелевских пределах физического луча; i, j – номера мод, возбужденные излучателем и областью взаимодействия соответственно.

Как видно из приведенных выражений, давление волн и индекс фазовой модуляции в этом случае аналогичны классической зависимости. Общий набег фазы по физическому лучу может быть рассчитан с учетом общего времени распространения. Основным недостатком формулы (19) является то, что она не дает в полной мере возможность оценить влияние параметрических эффектов на суммарный сигнал, принятый приемником, ввиду низкой эффективности чисто параметрического преобразования просветного сигнала и возмущений от РК, особенно суммарной частоты. Экспериментально наблюдались ситуации, когда отдельные волны уменьшали или увеличивали суммарное давление принятого на приемнике просветного сигнала: увеличивали обычно волны разностной частоты, уменьшали – суммарной.

Общий эффект усиления нелинейного взаимодействия при реализации низкочастотного просветного метода следующий: фазовая модуляция и образования комбинационных волн в этом случае может достигать порядка 7 и 1 % соответственно.

На основании этого можно сделать следующий вывод: физическая модель метода дальнего обнаружения сформированных РК основывается на следующих явлениях:

- фазовой модуляции с появлением в спектре просветного сигнала, помимо комбинационных частот $\omega_0 \pm \Omega_1$, $\omega_0 \pm \Omega_2$, $\omega_0 \pm 2\Omega_1$, $\omega_0 \pm 2\Omega_2$, частот $\omega_0 \pm \Omega_1 \pm \Omega_2$ с четырьмя возможными знаками; увеличением амплитуды боковых составляющих, уменьшением амплитуды несущего колебания пропорционально множителю $(1 - \frac{m_i^2}{4})$ с увеличением m_i ;

- параметрическом взаимодействии просветного сигнала с наиболее интенсивными составляющими возмущений от РК.

В качестве основного вывода можно отметить следующее. Механизм взаимодействия слабых низкочастотных просветных сигналов с возмущениями от РК выражается в их нелинейном взаимодействии с образованием в модуляционных боковых полосах просветного сигнала большого количества дополнительных гармоник.

Наличие крупномасштабных турбулентных температурных неоднородностей совместно с пузырьковой областью РК приводит к интенсивному рассеиванию просветных сигналов и позволяет применять при их обнаружении низкочастотную подсветку среды. При этом за счет рефракции и рассеяния лучей можно получить высокую эффективность искажения просветных сигналов пузырьковой областью РК [12].

Список литературы

1. Шевченко Е.В. Процесс формирования установившихся биологических скоплений: Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2006. – Вып. 16. – С. 25–28.

2. Стародубцев П.А., Мироненко М.В. Исторический процесс теоретического становления метода гидролокации на просвет на Дальнем Востоке // История науки и техники. – 2003. – № 5. – С. 9–14.

3. Стародубцев П.А. Способ обнаружения малозумных подводных объектов с низкой гидролокационной заметностью // Проблемы транспорта Дальнего Востока: сб. материалов 5-й Междунар. науч.-практ. конф. 1-3 октября 2003 г. – Владивосток: Дальневосточное отделение Российской академии транспорта; администрация Приморского края; Морской гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2003. – С. 303–311.

4. Стародубцев П.А. Измерительные технологии акустического «просветного» метода гидролокации в решении задач мониторинга и освоения морских акваторий // Вестн. Бурятского гос. ун-та. Сер. 9. Физика и техника. – Улан-Удэ, 2003. – Вып. 3. – С. 16–24.

5. Стародубцев, П.А. Метод низкочастотной гидроакустической томографии и измерительная система контроля морских акваторий / П.А. Стародубцев, М.В. Мироненко // Вестн. ДВО РАН. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – № 1. – С. 36–41.

6. Стародубцев, П.А. Метод согласованной невзаимности в низкочастотной акустической томографии / П.А. Стародубцев, А.М. Василенко // Сб. тр. XIII сессии РАО (политематической), посвященной 250-летию Моск. гос. ун-та им. М. В. Ломоносова, 70-летию физического факультета МГУ и 50-летию Акустического института им. акад. Н.Н. Андреева. – М.: ГЕОС, 2003. – С. 708–709.

7. Стародубцев, П.А. Дальнее обнаружение косяков рыбы и скоплений морских организмов «быстроразворачиваемыми» просветными системами / П.А. Стародубцев, М.В. Мироненко, Н.Ф. Поляков // Региональная конф. по судовой радиоэлектронике: сб. стат. – Владивосток: ДВГМА, 1997. – Ч.2. – С. 111–117.

8. Стародубцев П.А. Применение просветных акустических сигналов для обнаружения морских биологических объектов // Проблемы транспорта Дальнего Востока: сб. пленарных докладов 5-й Междунар. науч.-практ. конф. 1–3 октября 2003 г. – Владивосток: Дальневосточ-

ное отделение Российской академии транспорта; администрация Приморского края; Морской гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2003. – С. 113–124.

9. Стародубцев П.А. Низкочастотный просветный метод в решении задач освоения биологических запасов и мониторинга морских акваторий // Проблемы транспорта Дальнего Востока: сб. мат. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. 1–3 октября 2003 г. – Владивосток: Дальневосточное отделение Российской академии транспорта; администрация Приморского края; Морской гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2003. – С. 78–80.

10. Стародубцев П.А. Измерительные технологии акустического просветного метода гидролокации в решении задач мониторинга и освоения запасов морских акваторий // Инновации в рыбопереработке: сб. докл. регион. науч. конф. 27 июня 2003 г. – Владивосток: Дальневосточное инновационное агентство; Дальневосточная гос. академия экономики и управления; администрация Приморского края; 2003. – С. 15–22.

11. Стародубцев П.А. Измерительная система контроля морских акваторий на основе низкочастотной гидроакустической томографии // Инновации. Раздел «Биржа технологий и контактов». – СПб., 2003. – № 1. – С. 89–91.

12. Стародубцев П.А. К вопросу возможности применения просветных акустических сигналов для обнаружения морских биологических объектов // Изв. ТИНРО. – Владивосток, 2004. – Т.136. – С. 339–350.

Сведения об авторах: Бакланов Евгений Николаевич, доцент,
e-mail: baklanoven@mail.ru;
Стародубцев Евгений Павлович, e-mail: spa1958@mail.ru;
Стародубцев Павел Анатольевич, доктор технических наук, профессор,
e-mail: spa1958@mail.ru.

УДК 551.463.21

А.П. Шевченко¹, П.А. Стародубцев¹, Е.Н. Бакланов²¹Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова,
690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ МУЛЬТИСТАТИЧЕСКАЯ СХЕМА
ДАЛЬНОГО ПРИЕМА СИГНАЛОВ «МАЛЫХ АМПЛИТУД»
ОТ СЕЙСМИЧЕСКИХ И СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Рассматриваются закономерности и измерительные технологии низкочастотной нелинейной просветной гидроакустики, а также научно-технические разработки средств морского приборостроения. Обосновываются практические пути их реализации в создании широкомасштабных радиогидроакустических систем контроля сейсмической и синоптической обстановки, комплексного мониторинга полей различной физической природы (акустических, электромагнитных, гидродинамических) на протяженных акваториях. Анализируются результаты морских испытаний экспериментальных просветных систем мониторинга, обеспечивших дальний параметрический прием волн искусственных и естественных источников, сейсмических и синоптических явлений на линиях протяженностью десятки – сотни километров в диапазоне частот, охватывающем сотни – десятки – единицы – доли герца.

Ключевые слова: просветная гидроакустика, контроль сейсмической обстановки, мониторинг акустических полей, дальний параметрический приём, многолучевое распространение, «волны-убийцы».

A.P. Shevchenko, P.A. Starodubtcev, E.N. Baklanov**MULTISTATIC SONAR SCHEME FOR DISTANT RECEPTION
OF «SMALL AMPLITUDE» SIGNALS OF SEISMIC AND SYNOPTIC PROCESSES**

The main regularities and measuring technologies of the low-frequency nonlinear luminal hydroacoustics, as well as scientific researches of the facilities of the marine instrumentation are described. The practical ways to implement them in the making of large-scale radio-acoustic control systems of seismic and synoptic situation, integrated monitoring of fields of different physical nature (acoustic, electromagnetic, hydrodynamic) over the extended water area are justified. There were analyzed the results of sea trials of experimental luminal monitoring systems ensuring further parametric receiving waves of natural and artificial sources, seismic and synoptic phenomena on lines for tens – hundreds of kilometers in the frequency range covering hundreds – dozens – units – fraction of a hertz.

Key words: luminal hydroacoustics, monitoring of seismic conditions, monitoring acoustic fields, long-distance parametric reception, multipath propagation, «killer waves».

Проведенный анализ существующих «измерительных» технологий, используемых при широкомасштабном мониторинге океанской среды, показал, что их реализация в просветной гидроакустике возможна при учете многолучевого распространения акустических волн в гидроакустическом канале, имеющем переменные характеристики среды. В такой «измерительной» технологии обычно осуществляется пространственно-угловое или временное разделение многолучевого сигнала и регистрация его наиболее энергонесущих, в раскрыв приемной акустической антенны, приходов.

В таком случае в точке приёма следует выделять только те сигналы, которые провзаимодействовали с измеряемыми информационными, сформированными искусственными и

естественными источниками, сейсмическими и синоптическими процессами морской среды. Ввиду обычно сложной помеховой обстановки в точках приема таких взаимодействующих сигналов для увеличения помехозащищенности просветных систем необходимо использовать лучи просветного поля как пространственно развитые параметрические антенны бегущей волны [1–3].

Просветная система мониторинга будет представлять собой пространственную многолучевую параметрическую антенну, обеспечивающую возможность дальнего приема волн «малых амплитуд» в диапазоне частот десятки – единицы – доли герца.

Теоретические оценки возможности разделения многолучевости распространения сигналов, проведенные авторами, показывают, что, если их прием ведется на вертикально или горизонтально развитые антенные системы, размещенные на больших глубинах в стабильных условиях, то лучи как кластеры удастся разделить на дистанциях до 500 км [2, 4]. Разработки самой бестелесной параметрической антенны бегущей волны, основанной на высокочастотной накачке водной среды, были изложены в работах ИПФ РАН еще в 80-х гг. [5]. Развитие и реализация этой идеи – в низкочастотном просветном методе гидролокации, объединяющем закономерности преобразования просветного поля излучениями и полями объектов различной физической природы (акустическими, электромагнитными, гидродинамическими), а также пространственно развитыми неоднородностями морской среды.

Порядок практической реализации параметрической антенны в условиях многолучевого распространения просветных сигналов на протяженных трассах не требует строгого обоснования. В этом случае каждый отдельный акустический луч, вышедший из точки излучения и принятый в точке приема, представляет собой параметрическую антенну бегущей волны. Проведем обоснование возможности использования этих закономерностей в просветных системах гидролокации. Считаем, что сигнал на антенне в вертикальной плоскости формируется двумя кластерами, которые приходят в точку приема сверху, снизу и имеют вид [1-3]

$$P \exp(j\omega_0 t) = S(t). \quad (1)$$

В соответствии с принципом суперпозиции на антенне формируется сигнал

$$U(t) = S_1(t) + S_2(t), \quad (2)$$

где $S_1(t)$ и $S_2(t)$ – сигналы первого и второго кластеров соответственно.

Примем, что $S_1(t)$ – опорный сигнал, имеющий наименьшее время распространения. Представители кластеров $S_1(t)$ и $S_2(t)$ отличаются углами падения на антенну и, кроме того, относительным временем прихода к антенне. С учетом этого выражение (2) представим в виде

$$\begin{aligned} U(t, z) &= \alpha_1 P \exp \left[j\omega_0 \left(t - \frac{z}{c} \sin \theta_1 \right) \right] + \alpha_2 P \exp \left[j\omega_0 \left(t - \frac{z}{c} \sin \theta_2 - \tau \right) \right] = \\ &= P_1 \exp \left[j\omega_0 \left(t - \frac{z}{c} \sin \theta_1 \right) \right] + P_2 \exp \left[j\omega_0 \left(t - \frac{z}{c} \sin \theta_2 - \tau \right) \right], \end{aligned} \quad (3)$$

где α_1, α_2 – коэффициенты затухания кластеров; θ_1, θ_2 – углы прихода кластеров на антенну; τ – относительная временная задержка второго кластера относительно первого; z – пространственная вертикальная составляющая акустического поля.

Возьмем преобразование Фурье по t от выражения (3)

$$V(\omega, z) = P \frac{\sin[(\omega - \omega_0)0,5T]}{[0,5T(\omega - \omega_0)]} \times \left\{ a_1 \exp\left(-j\omega_0 \frac{z}{c} \sin \theta_0\right) + a_2 \exp\left[-j\omega_0 \left(\frac{z}{c} \sin \theta_2 + \tau\right)\right] \right\}, \quad (4)$$

где выражение (4) можно представить в виде

$$V(\omega, z) = S(\omega) \cdot H(\omega, z), \quad (5)$$

где $S(\omega) = F\{P \exp(j\omega_0 t)\}$ – преобразование Фурье от $S(t)$.

$$S(\omega) = P \cdot \frac{\sin[0,5T(\omega - \omega_0)]}{0,5T(\omega - \omega_0)}, \quad (6)$$

$$H(\omega, z) = a_1 \exp\left(-j\omega_0 \frac{z}{c} \sin \theta_0\right) + a_2 \exp\left[-j\omega_0 \left(\frac{z}{c} \sin \theta_2 + \tau\right)\right], \quad (7)$$

где $H(\omega, z)$ – частотно-пространственная характеристика канала распространения.

Спектральная плотность мощности $U(t, z)$ находится из выражения

$$|U(\omega, z)|^2 = |S(\omega)|^2 \cdot |H(\omega, z)|^2. \quad (8)$$

Как видно из выражения (4), $|S(\omega)|^2 = P^2 \cdot \frac{\sin^2[0,5T \cdot (\omega - \omega_0)]}{[0,5T(\omega - \omega_0)]^2}$. Показано, что

$$|H(\omega, z)|^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos \varphi,$$

где

$$\varphi = \frac{\omega_0}{c} [z(\sin \theta_1 - \sin \theta_2) - \tau]. \quad (9)$$

В зависимости от величины φ $|H(\omega, z)|^2$ может принимать различные значения. Если $\varphi = 0,2\pi$, то $|H(\omega, z)|^2_{\min} = (a_1 - a_2)^2$. В общем случае значение $V(\omega, z)$ в выражении (5) можно считать случайной величиной, равномерно распределенной в интервале от 0 до 2π . Поэтому, усредняя (9) по φ , получим $\overline{|H(\omega, z)|^2} = a_1^2 + a_2^2$. Из приведенных рассуждений видно, что спектральная плотность мощности на выходе антенной системы имеет нестабильный характер, зависящий от $a_1, a_2, \sin \theta_1, \sin \theta_2$ и τ , вследствие чего и мощность выходного сигнала также будет флюктуировать, так как

$$P_{\text{вых}} = \int_{-\infty}^{\infty} |V(\omega, z)|^2 d\nu = \int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega)|^2 \cdot |H(\omega, z)|^2 d\omega. \quad (10)$$

Получим спектральную плотность от функции $V(\omega, z)$ по переменной z , т.е. частотно-волновой спектр сигнала $U(t, z)$. В результате чего

$$V(\omega, z) = S(\omega) \left\{ \begin{array}{l} a_1 \frac{\sin[0,5L(K_0 \sin \theta_1 - \vartheta)]}{0,5L(K_0 \sin \theta_1 - \vartheta)} + \\ + a_2 \frac{\sin[0,5L(K_0 \sin \theta_2 - \vartheta)]}{0,5L(K_0 \sin \theta_2 - \vartheta)} \exp(-j\omega_0 \tau) \end{array} \right\} = S(\omega) \cdot H(\omega, \vartheta), \quad (11)$$

где ϑ – частота; L – размеры антенной решетки в вертикальной плоскости.

Из выражения (11) видно, что на плоскости (ω, z) пространственные и временные значения частоты связаны линейной зависимостью с углами наклона луча к плоскости антенны, определяемыми выражениями $(K_0 \sin \theta_1)$ и $(K_0 \sin \theta_2)$.

Спектр сигнала на выходе антенны будет представлять собой сумму его составляющих как сигналов кластеров с одинаковой по времени частотой ω_0 и разными фазовыми членами $\vartheta_1 = (\beta\omega_0 / c) \sin \theta_1$ и $\vartheta_2 = (\omega_0 / c) \sin \theta_2$. Вследствие этого можно оценить $\sin \theta_1$ и $\sin \theta_2$. Поэтому, рассчитывая τ по известной методике, можно оценить $\tilde{H}(\omega, z)$ и затем найти $|\tilde{H}(\omega, z)|^2$. Разделив выражение (6) на выражение $|\tilde{H}(\omega, z)|^2$, находим

$$\frac{|V(\omega, z)|^2}{|\tilde{H}(\omega, z)|^2} = |S(\omega)|^2 \cdot \frac{|H(\omega, z)|^2}{|\tilde{H}(\omega, z)|^2}. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (10), получим, что мощность сигнала на выходе антенны определяется интегральным значением спектральной плотности принимаемых сигналов и пространственными параметрами волновода как канала распространения [4, 6].

$$P_{\text{вых}} = \int_{-\infty}^{\infty} |S(\omega)|^2 \cdot \frac{|H(\omega, z)|^2}{|\tilde{H}(\omega, z)|^2} d\omega. \quad (13)$$

В полученном выражении прямая зависимость характеристик сигналов от параметров среды практически отсутствует. Она учтена в его модуляционных пространственно-частотных характеристиках, отражающих пространственно-волновые параметры канала распространения акустических волн. Рассмотрим результаты морских испытаний низкочастотной просветной системы как параметрической антенны бегущей волны. Параметрический прием акустических сигналов «малых амплитуд» в этих системах основан на нелинейном взаимодействии принимаемой низкочастотной волны с интенсивной низкочастотной волной подсветки среды на пути их совместного распространения. Физическая сущность нелинейного взаимодействия просветных волн и формирования параметрических составляющих комбинационных волн суммарной и разностной частоты при их совместном распространении в нелинейной среде заключается во взаимной модуляции фронта одной волны другой, в результате чего фазовая скорость их распространения взаимно преобразуется. Это приводит к амплитудно-фазовой модуляции просветной волны, которая может быть выражена через ам-

плитуду или индекс фазовой модуляции. Комплексные амплитуды P_{\pm} сформированных комбинационных волн суммарной и разностной частот и индекса фазовой модуляции $\Delta\varphi$ для просветных параметрических систем выражаются аналитическими зависимостями [1–3].

$$P_{\pm} = \frac{\varepsilon\omega_1\omega_2 p_1 p_2}{\rho_0 c_0^4} \cdot \Delta V \cdot \cos\theta; \quad \Delta\varphi = \frac{(\gamma + 1) \cdot \omega_c P_c V}{2\rho_0 (c_0)^3 R^2}, \quad (14)$$

где ε – параметр нелинейности среды; p_1, p_2 – комплексные амплитуды волн накачки и принимаемого сигнала; ρ_0, c_0 – плотность, скорость звука в среде; ω_1, ω_2 – частоты волн принимаемой и накачки соответственно; θ – угол между фронтами взаимодействующих волн; ΔV – объем среды распространения и взаимодействия волн [6, 7].

Экспериментальные исследования по реализации просветной параметрической системы как параметрической были проведены в Татарском проливе Японского моря. В качестве приемной базы использовались радиогидроакустические буи (РГБ), связанные по радиоканалу с лабораторией судна. В качестве излучающей базы использовался излучатель, буксируемый другим судном, который озвучивал среду сигналами стабильной частоты 400 Гц. В этом эксперименте выполнены измерения спектральных характеристик инфранизкочастотных шумов на шельфовой зоне о. Монерон, формируемых техническими объектами, расположенными в береговой зоне о. Сахалин. Спектрограмма шумов и их усредненная амплитудная характеристика по трассе измерения приведены на рис.1. Протяженность просветной линии составляла около 310 км. Спектрограмма гидродинамических возмущений морской среды за время прохождения циклона дана на рис. 2, спектрограмма предвестника землетрясения – на рис. 3.

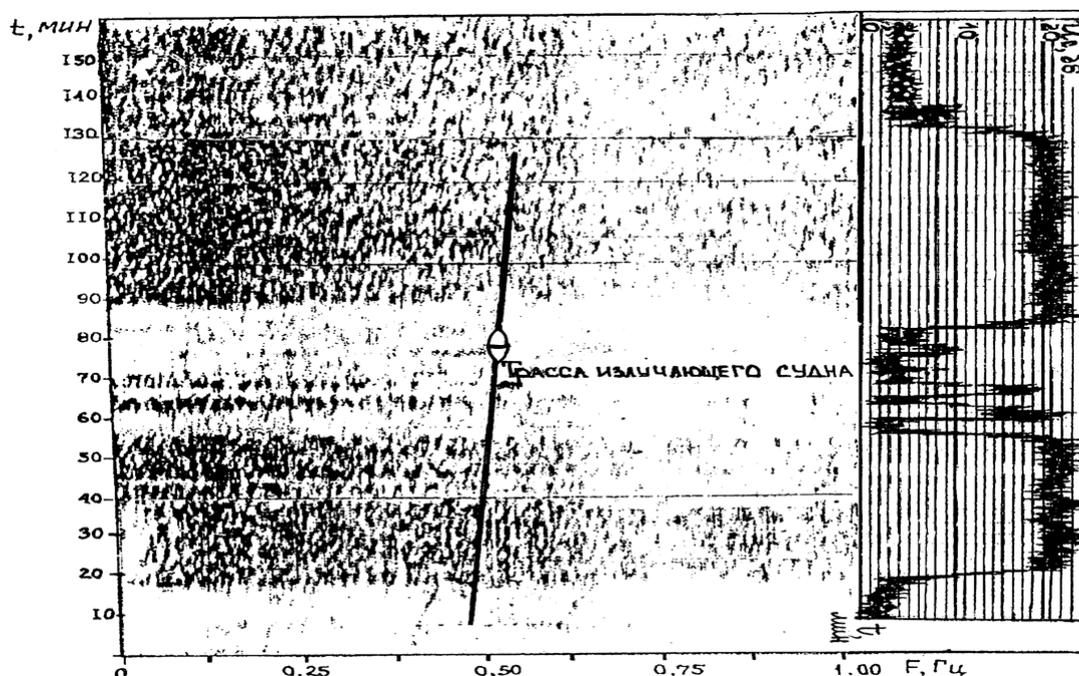


Рис. 1. Спектрограмма шумов и их амплитудная характеристика.

Измерения на трассе 310 км. о. Сахалин – побережье Приморья

Fig. 1. Spectrogram of noise and its amplitude characteristic.

Measurements are made on the track 310 km Sakhalin Island – coast of Primorye

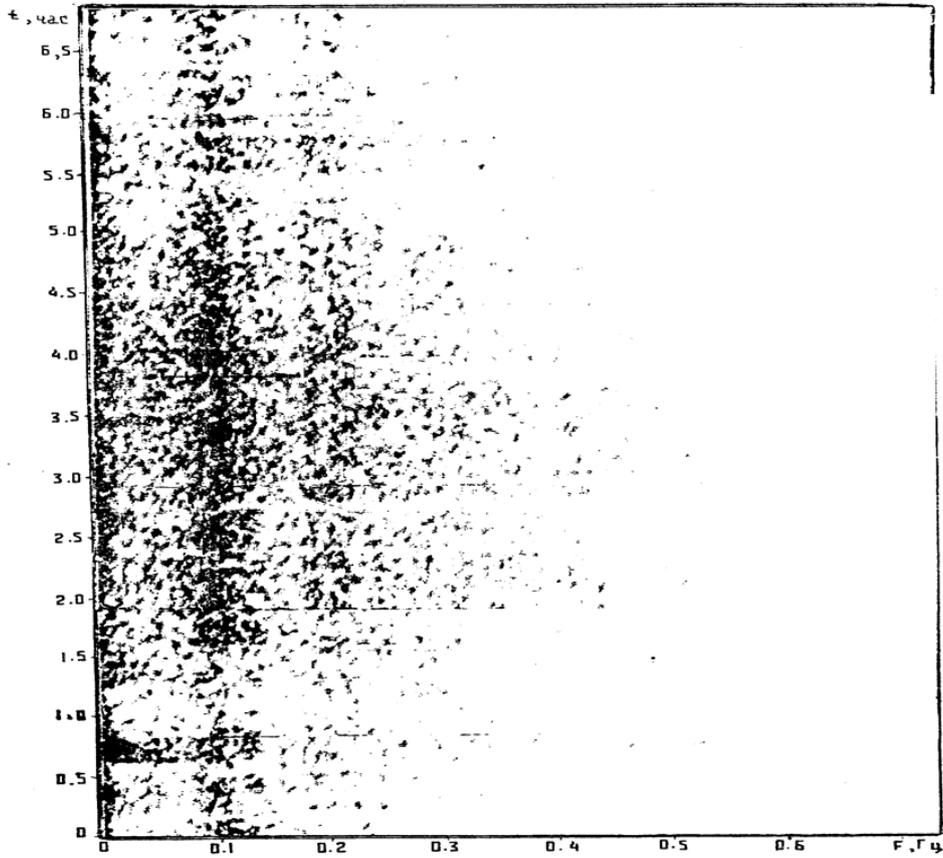


Рис. 2. Спектрограмма гидродинамических возмущений морской среды за время прохождения циклона

Fig. 2. Spectrogram of hydrodynamic perturbations of marine environment during the passage of a cyclone

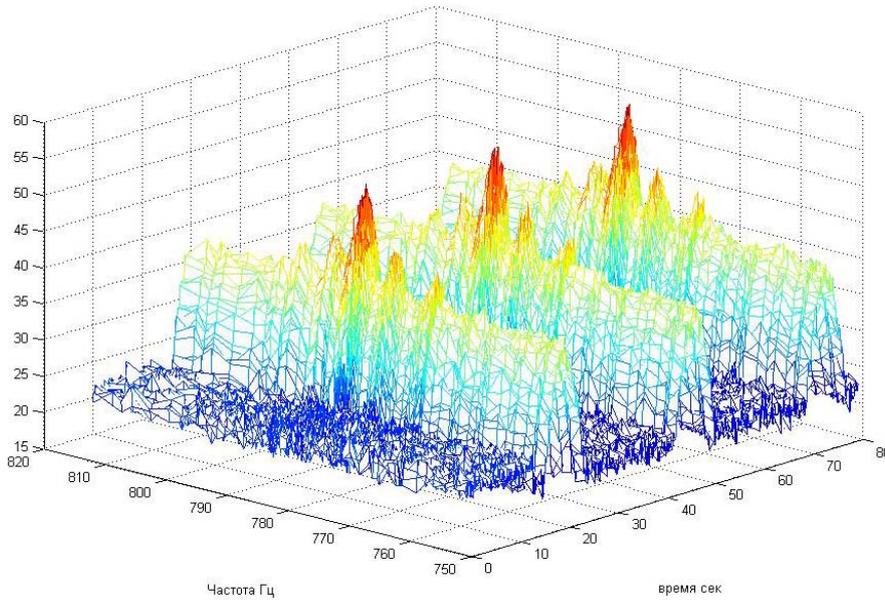


Рис. 3. Спектрограмма предвестника землетрясения, Охотское море
Fig. 3. Spectrogram of earthquake precursors, the Sea of Okhotsk

Регистрация «волн-убийц» в южной части Охотского моря

В 2010 г. в ходе экспедиционных работ, проводимых Специальным конструкторским бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, были проведены исследования по регистрации процессов зарождения и протекания волнения морской среды в зал. Анива (южная часть о. Сахалин). Экспериментальные данные были обработаны по методике выделения anomalно высоких волн, называемых «волнами-убийцами» (моменты, когда высота волны более чем в 2 раза превышает среднюю высоту остальных волн). Для этого региона существование «волн-убийц» ранее не отмечалось. Было проведено изучение данных, полученных в 2009 г., которое показало, что имеется около 100 выбросов, удовлетворяющих амплитудному критерию формирования «волн-убийц» (рис. 4, 5).

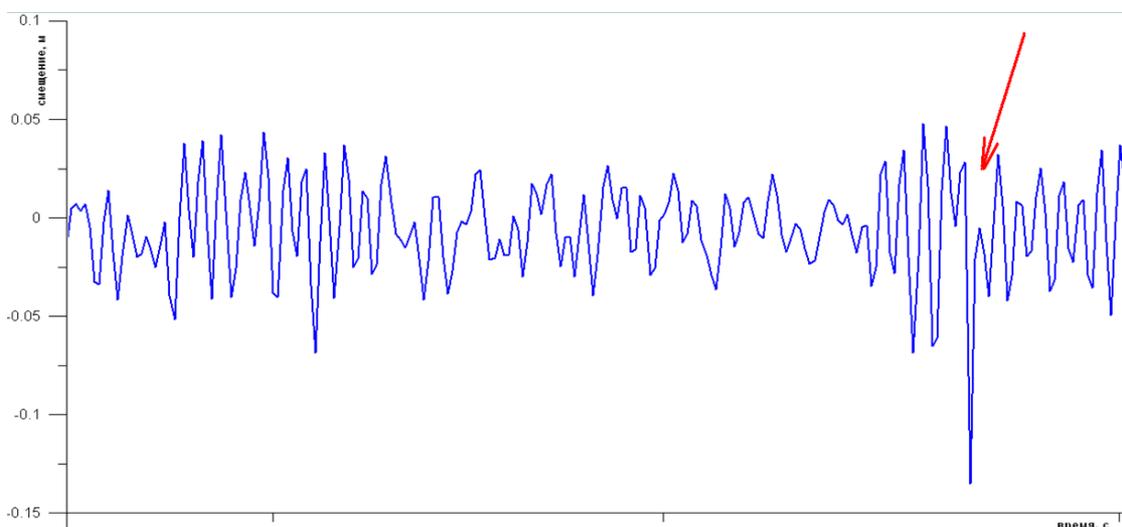


Рис. 4. Регистрация «волны-убийцы» в районе мыса Анива о. Сахалин
 Fig. 4. Registering of "killer waves" in the area of Cape Aniva, Sakhalin Island

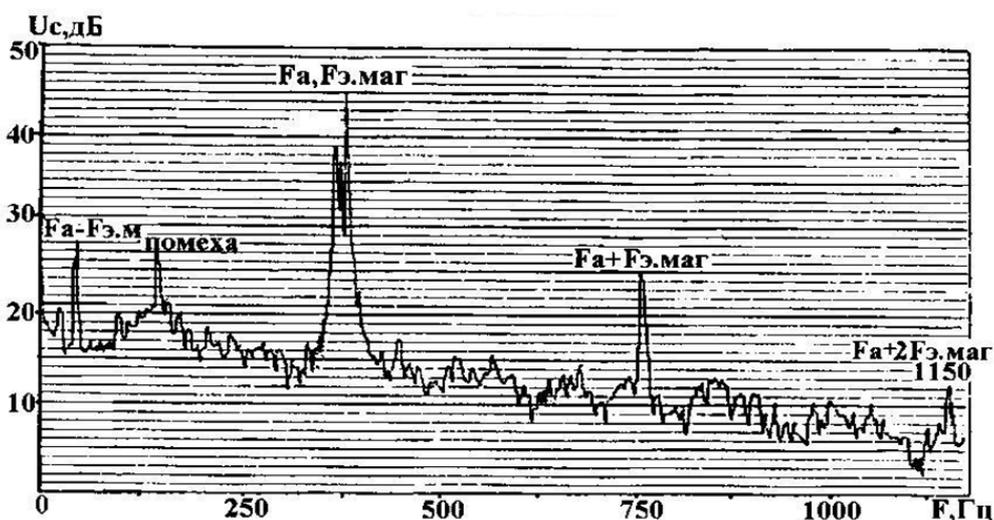


Рис. 5. Спектр излучений морского судна. Параметрический прием электромагнитных и акустических полей судна на просветной линии протяженностью 45 км
 Fig. 5. The emission spectrum of a marine vessel. Parametric reception of electromagnetic and acoustic fields of a vessel on the 45 km luminal line

Создаваемая система контроля и мониторинга полей объектов и явлений формируется как радиогидроакустическая, и в этой связи в ней используются как необходимые элементы радиогидроакустические измерительные комплексы, разрабатываемые и серийно создаваемые в Специальном конструкторском бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, рис. 6, 7. Экспериментальные образцы макетов систем мониторинга, сформированные на основе радиогидроакустических средств морского приборостроения, прошли испытания в различных районах дальневосточных морей и подтвердили свою высокую эксплуатационную эффективность и надежность. Особым преимуществом использования радиогидроакустических систем морского приборостроения является возможность их вхождения по каналам радиосвязи, включая космические, в Региональный информационно-аналитический центр. Это преимущество обеспечивает также практическую возможность формирования системы контроля и мониторинга как масштабируемой из пространственно разнесенных подсистем, размещенных в районах Морской экономической зоны Дальневосточного региона.

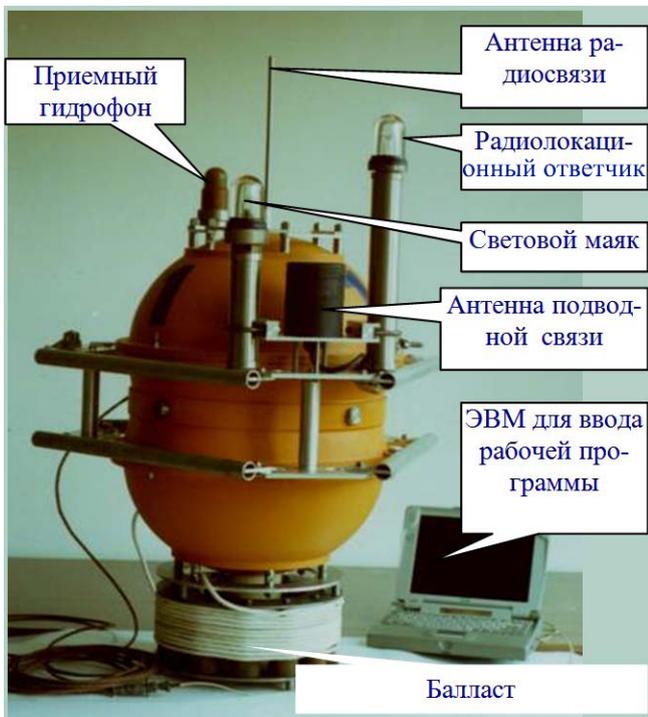


Рис. 6. Радиогидроакустический комплекс
Fig. 6. Radio-sonar complex



Рис. 7. Приемная звукопрозрачная антенна
Fig. 7. Receiving sound-permeable antenna

Морской эксперимент подтвердил эффективную работу просветной системы как многолучевой параметрической антенны, соизмеримой с протяженностью контролируемой трассы. Подтверждены высокие измерительные возможности просветной системы на линиях протяженностью десятки–сотни километров. Просветные параметрические системы обеспечивают дальний прием информационных волн различной физической природы технических и естественных источников процессов и опасных явлений среды в диапазоне частот, охватывающем сотни – десятки – единицы – доли герца.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями, а также испытаниями научно-технических разработок просветной гидроакустики в морских условиях обосновано и под-

тверждено, что она эффективно реализуется на основе закономерностей нелинейного взаимодействия и параметрического преобразования низкочастотных просветных акустических волн с измеряемыми информационными волнами различной физической природы в морской среде. При этом пространственно-временная амплитудно-фазовая структура просветного акустического поля модулируется информационными излучениями морских объектов и возбуждаемых неоднородностей морской среды. Научно-технические разработки классической нелинейной акустики и их реализация в гидроакустических системах мониторинга гидрофизических и геофизических полей морских акваторий обусловили необходимость применения нового, уточняющего названия. В этом случае ее целесообразно называть нелинейной просветной гидроакустикой (НЛПГА), в которой используется низкочастотная (десятки – сотни герц) подсветка (накачка) контролируемой среды, обеспечивающая дальний параметрический прием волн различной физической природы (акустических, электромагнитных и гидродинамических), формируемых искусственными и естественными источниками морской среды в диапазоне частот сотни – десятки – единицы – доли герц [1–3].

Измерительные технологии нелинейной просветной гидроакустики включают выполнение следующей последовательности операций [4, 5]. Излучатель и приемные блоки гидроакустической системы размещают на противоположных границах акватории, облучают ее низкочастотными акустическими сигналами. Формируют в среде рабочую зону нелинейного взаимодействия просветных и измеряемых волн, как многолучевую параметрическую антенну. Далее преобразованные просветные сигналы принимают и усиливают в полосе параметрического преобразования, переносят их частотно-временной масштаб в высокочастотную область. Проводят узкополосный спектральный анализ и выделяют верхнюю и (или) нижнюю боковую полосу преобразованных просветных сигналов, по которым с учетом параметрического и частотно-временного преобразования определяют характеристики принимаемых информационных полей объектов и среды [6, 7].

Использование операции активной низкочастотной подсветки контролируемой среды (на частотах десятки герц – сотни герц) обеспечивает возможность дальнего обнаружения акустически слаботемных объектов и неоднородностей среды по признакам их полей. При этом низкочастотные просветные сигналы делают метод практически нечувствительным к мелкомасштабным изменениям гидрологических характеристик морской среды. Характеристики полей шумового излучения, а также электромагнитные и гидродинамические поля в этом случае измеряются (выделяются) путем спектрального или корреляционного анализа принимаемых нелинейно преобразованных просветных сигналов.

Реализация в просветной гидроакустике закономерностей параметрического приема волн различной физической природы обеспечивает возможность измерения характеристик полей объектов и среды низкочастотного и инфранизкочастотного диапазонов частот антеннами малых волновых размеров. При этом эффективно реализуется возможность дальнего параметрического приема волн «малых амплитуд», что является практически неразрешаемой задачей для классических станций обнаружения объектов по признакам их полей различной физической природы.

Метод низкочастотной просветной гидроакустики практически не зависит от отражающих характеристик объектов и в меньшей степени зависит от уровня сигналов излучаемых ими полей. Он реализуется на низких просветных акустических сигналах, но не требует обязательного применения крупногабаритных направленных приемных антенн, а также сложных трактов формирования, приема и обработки сигналов. Реализующие метод гидроакустические системы могут быть сформированы из существующих штатных гидроакустических изделий и радиотехнических приборов. Рассматриваемые просветные системы мониторинга могут быть созданы на основе средств морского приборостроения пре-

имущественно автономных радиогидроакустических комплексов, а также звукопрозрачных цилиндрических антенн, создаваемых в ФГБУН «СКБ САМИ» ДВО РАН [2]. Образцы таких систем как мобильных и быстро разворачиваемых прошли испытания и подтвердили высокую эффективность. Экспериментальными исследованиями показано, что просветная параметрическая система мониторинга, сформированная в быстро разворачиваемом (преимущественно корабельном или авиационно-поисковом) вариантах, позволяет решать совокупность задач мониторинга полей различной физической природы атмосферы, океана и земной коры. В совокупности с авиационными и спутниковыми радиотехническими средствами связи, сбора и обработки информации такая система может быть использована также в интересах прогнозирования землетрясений, обнаружения волн цунами и других опасных явлений [1, 2].

В отличие от классических параметрических устройств просветная система контроля морских акваторий, основанная на реализации закономерностей нелинейной гидроакустики, может быть сформирована как многоканальная широкомасштабная параметрическая с низкочастотной подсветкой (накачкой) контролируемой среды. Параметрическое взаимодействие просветных сигналов, а также преобразование их полями объектов, а также сейсмических и синоптических явлений, происходит на всем пути их совместного распространения в морской среде. В этой связи, давление сформированных комбинационных волн и индекс фазовой модуляции аналогичны классическим, но в этом случае возрастет полезная фазовая модуляция взаимодействующих волн, что обусловлено усилением взаимодействия волн в протяженном объеме среды с повышенной нелинейностью как пространственно развитой многолучевой параметрической антенны бегущей волны. Характеристика направленности просветной параметрической антенны для каждого луча определяется длиной просветной волны и протяженностью контролируемой трассы [1, 3]. Обоснование закономерностей нелинейного взаимодействия и параметрического преобразования упругих просветных волн принимаемыми информационными волнами различной физической природы в морской среде проведено на основе уравнений гидродинамики для вязкой теплопроводной среды применительно к их реализации в просветных системах мониторинга полей различной физической природы морских источников [1–4]. Испытания макетов просветных параметрических систем в решении дальнего параметрического приема акустических и электромагнитных волн морских объектов, а также сейсмических и синоптических явлений проводились на протяженных трассах Японского и Охотского морей. Испытания подтвердили эффективность измерительных технологий нелинейной просветной гидроакустики, а также практические пути их реализации средствами морского приборостроения, разрабатываемыми и создаваемыми в Специальном конструкторском бюро средств автоматизации морских исследований (СКБ САМИ) ДВО РАН [3–7].

В заключение отметим следующее. Низкочастотная просветная гидроакустическая система контроля морской обстановки и мониторинга полей контролируемых акваторий эффективно реализуется как пространственно развитая многолучевая параметрическая антенна, соизмеримая с протяженностью контролируемой среды. Просветная система обеспечивает дальний и сверхдальний параметрический прием гидрофизических волн морских объектов, а также волн сейсмических и синоптических явлений на дистанциях десятки – сотни километров в диапазоне частот, составляющем сотни – десятки – единицы – доли герца.

Научно-технические разработки нелинейной просветной гидроакустики и их реализация средствами морского приборостроения обеспечивают возможность построения широкомасштабных систем контроля морской обстановки, комплексного мониторинга полей различной физической природы, формируемых искусственными и естественными источниками, процессами и явлениями протяженных морских акваторий.

Список литературы

1. Мироненко М.В., Малашенко А.Е., Карачун Л.Э., Василенко А.М. Низкочастотный просветный метод дальней гидролокации гидрофизических полей морской среды: монография. – Владивосток: ДВО РАН, 2006. – 173 с.
2. Малашенко А.Е., Мироненко М.В., Карачун Л.Э., Халаев Н.Л. Создание и эксплуатация радиогидроакустических систем комплексного мониторинга гидрофизических полей морских акваторий на основе разработок средств морского приборостроения: монография. – Владивосток: Изд. дом ДФУ, 2012. – 264 с.
3. Мироненко М.В., Василенко А.М., Бахарев С.А., Стародубцев П.А., Пятакович В.А. Нелинейная гидроакустика в системах мониторинга гидрофизических и геофизических полей: монография. – Владивосток: МО РФ, ВМА, 2013. – 324 с.
4. Стародубцев П.А., Мироненко М.В. и др. Теоретические основы формирования просветных систем и перспективы развития морского приборостроения на Дальнем Востоке. – Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2006. – 178 с.
5. Мироненко М.В., Короченцев В.И. Закономерности взаимодействия упругих и электромагнитных волн в морской воде // Подводные технологии – 2000: Междунар. симп. – Япония, Токио, 2000. – С. 105–109.
6. Мироненко М.В., Василенко А.М., Малашенко А.Е., Карачун Л.Э. Технологии активно-пассивного и параметрического метода гидролокации // Сб. тр. акуст. конф. – Н. Новгород, 2002. – С. 67–70.
7. Способ параметрического приема волн различной физической природы в морской среде: пат. 2453930 РФ / Мироненко М.В., Малашенко А.Е., Карачун Л.Э., Василенко А.М. – Заявл. 20.06.2013.
8. Гидроакустическая система параметрического приема волн различной физической природы в морской среде: пат. 2472116 РФ / Мироненко М.В., Малашенко А.Е., Карачун Л.Э., Корытко А.С. – Заявл. 10.01.2013.
9. Мироненко М.В. Физико-математические основы метода «гидролокации на просвет» // Сб. ст. Всерос. межвуз. НТК. – Владивосток: ТОВВМУ им. С.О.Макарова, 1996. – Вып.3. – С. 88–92.

Сведения об авторах: Шевченко Александр Петрович, e-mail: vunc-vmf-tovmi@mail.ru;
Стародубцев Павел Анатольевич, доктор технических наук, профессор,
e-mail: spa1958@mail.ru;
Бакланов Евгений Николаевич, доцент, e-mail: baklanoven@mail.ru.

УДК 551.463.21

С.В. Шостак¹, Е.Н. Бакланов², П.А. Стародубцев³, А.П. Шевченко³

¹Дальневосточный федеральный университет,

690600, г. Владивосток, о. Русский, кампус ДВФУ, корпус А

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,

690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

³Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова,

690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБЪЯСНЕНИЯ ПРОЦЕССА
ВЛИЯНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА НА ЗОНДИРУЮЩИЙ
СИГНАЛ И АЛГОРИТМ ЕГО ОБРАБОТКИ С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ
ГАРМОНИЧЕСКОГО ЭХО-СИГНАЛА**

Произведена оценка влияния гидроакустического канала и шума среды на корреляционные и спектральные характеристики акустических сигналов. Предложен алгоритм обработки принятых акустических сигналов в условиях многолучевого распространения для выделения в их составе гармонических эхо-сигналов.

Ключевые слова: гидролокация, акустический эхо-сигнал, многолучевое распространение, корреляционные характеристики сигнала.

S.V. Shostak, E.N. Baklanov, P.A. Starodubtcev, A.P. Shevchenko

**MODERN THEORETICAL EXPLANATION OF THE PROCESS OF INFLUENCE
OF HYDROACOUSTIC CHANNEL ON SOUNDING SIGNAL AND ITS PROCESSING
ALGORITHM TO EXTRACT HARMONIC ECHO**

An assessment of the impact of hydroacoustic channel and noise of environment on the correlation and spectral characteristics of acoustic signals was made. An algorithm for processing the received acoustic signals in a multipath propagation conditions for the extraction in their composition harmonic echo signals was proposed.

Key words: sonar, acoustic echo, multipath propagation, correlation characteristics of acoustic signals.

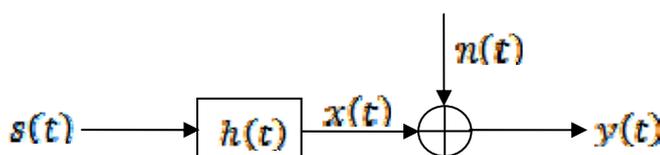
Введение

Анализ характеристик распространения акустических волн в водной среде играет основную роль при проектировании гидролокационных систем. Описание гидроакустического канала усложняется возможностью многолучевого распространения, за счет которого могут существовать самые разнообразные виды волн и трассы передачи энергии от точки к точке. Кроме того, всегда присутствует несколько факторов, искажающих сигналы, в том числе шумы. В результате сама водная среда накладывает ряд серьезных ограничений на устройства, используемые для излучения, приема и обработки акустических сигналов. Что касается обработки сигналов, то хорошо известно, что распространение звука по различным многолучевым трассам является довольно сложным процессом [1, 2]. При этом даже если законы распространения известны, то любая действующая гидролокационная система должна обеспечивать точное выявление и учет эффектов распространения путем соответствующего выбора сигнала излучателя и обработки эхо-сигнала в приемнике. Следует отметить, что основным методом обработки принятого сигнала в современных гидроакустических системах является корреляционный прием [3, 4].

Основная часть

Произведем оценку влияния гидроакустического канала и шума среды на корреляционные и спектральные характеристики сигналов, а также остановимся на приближении канала к линейной системе, что является правомочным в рамках существующей линейной акустики [3, 4].

Предположим, что на вход канала поступает сигнал $s(t)$ в виде реализации стационарного случайного процесса с нулевым средним значением. Сам канал есть линейная система с постоянными параметрами и импульсной характеристикой $h(t)$. Кроме того, в нем присутствуют элементы окружающей среды в виде белого гауссовского шума. Воздействие на такую систему определенного входного сигнала $s(t)$ вызывает вполне определенный выходной сигнал $y(t)$. Этот выходной сигнал также представляет собой реализацию стационарного случайного процесса. Структурная схема модели такого канала представлена на рисунке.



Структурная схема модели гидроакустического канала
Block diagram of the sonar channel model

Выходной сигнал системы, представленной на рисунке, описывается следующим математическим выражением:

$$y(t) = x(t) + n(t) = s(t) * h(t) + n(t) = \int_0^\infty h(t) s(t - \tau) d\tau + n(t), \tag{1}$$

где $s(t)$ – входной сигнал; $x(t)$ – сигнал на выходе линейной системы (канала); $n(t)$ – белый гауссовский шум среды; * – оператор свертки; $h(t)$ – импульсная характеристика канала передачи; τ – задержка.

В рассматриваемом случае будем считать, что в приемник поступает сигнал $y(t)$, состоящий из суммы отдельных сигналов, пришедших каждый по разным трассам с соответствующими временными задержками и коэффициентами ослабления. Также будем считать, что отдельные сигналы трасс не разрешаются. Для таких условий импульсную характеристику канала $h(t)$ можно определить следующим математическим выражением:

$$h(t) = \alpha_0 \delta(t) + \alpha_1 \delta(t - \tau_1) + \dots + \alpha_p \delta(t - \tau_p) = \sum_{i=0}^p \alpha_i \delta(t - \tau_i), \tag{2}$$

где $\delta(t)$ – дельта-функция Дирака; τ_i – относительные временные задержки, связанные с порядком появления сигналов, $\tau_0 = 0$.

В выражении (2) $\alpha_i = |\alpha_i| \exp(-j\varphi_i)$, где $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица, коэффициенты, учитывающие потери на распространение и сдвиг фаз φ_i за счет преломлений, переотражений и т.д. Модуль коэффициентов α_i считается меньше единицы, т.е. $|\alpha_i| < 1$.

С учетом (2) выражение (1) для интерферирующего сигнала $y(t)$ преобразуется к виду

$$y(t) = s(t) * h(t) + n(t) = s(t) * \left(\sum_{i=0}^p \alpha_i \delta(t - \tau_i) \right) + n(t) = \sum_{i=0}^p \alpha_i s(t - \tau_i) + n(t). \tag{3}$$

Теперь найдем выражение взаимокорреляционной функции между сигналом на входе канала $s(t)$ и принятым $y(t)$. В результате получим [5]

$$\begin{aligned} R_{sy}(\tau) &= E[s(t)y(t+\tau)] = E\left[s(t)\left(\sum_{i=0}^p \alpha_i s(t-\tau_i+\tau) + n(t+\tau)\right)\right] = \\ &= E\left[\sum_{i=0}^p \alpha_i s(t)s(t-\tau_i+\tau) + s(t)n(t+\tau)\right] = \\ &= \sum_{i=0}^p \alpha_i E[s(t)s(t-\tau_i+\tau)] + E[s(t)n(t+\tau)] = \\ &= \sum_{i=0}^p \alpha_i R_{ss}(\tau-\tau_i) + R_{sn}(\tau), \end{aligned} \quad (4)$$

где E – оператор математического ожидания; $R_{sy}(\tau) = E[s(t)y(t+\tau)]$ – взаимокорреляционная функция между $x(t)$ и $y(t)$; $R_{ss}(\tau) = E[s(t)s(t+\tau)]$ – автокорреляционная функция $s(t)$; $R_{sn}(\tau) = E[s(t)n(t+\tau)]$ – взаимокорреляционная функция сигнала $s(t)$ и шума $n(t)$.

Применяя теорему Винера-Хинчина, получим взаимную спектральную плотность для (4), которая имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} S_{sy}(f) &= F[R_{sy}(\tau)] = F\left[\sum_{i=0}^p \alpha_i R_{ss}(\tau-\tau_i) + R_{sn}(\tau)\right] = \\ &= \sum_{i=0}^p \alpha_i F[R_{ss}(\tau-\tau_i)] + F[R_{sn}(\tau)] = \sum_{i=0}^p \alpha_i S_{ss}(f) \exp(-j2\pi f\tau_i) + S_{sn}(f) = \\ &= S_{ss}(f) \sum_{i=0}^p \alpha_i \exp(-j2\pi f\tau_i) + S_{sn}(f), \end{aligned} \quad (5)$$

где F – оператор преобразования Фурье; $S_{sy}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{sy}(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$ – двусторонняя взаимная спектральная плотность сигналов $s(t)$ и $y(t)$; $S_{ss}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{ss}(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$ – двусторонняя спектральная плотность сигнала $s(t)$; $S_{sn}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{sn}(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$ – двусторонняя взаимная спектральная плотность сигнала $s(t)$ и шума $n(t)$; f – частота.

Из выражения (5) легко увидеть, что множитель в виде суммы является частотной характеристикой канала [5], т.е.

$$H(f) = \sum_{i=0}^p \alpha_i \exp(-j2\pi f\tau_i) = \sum_{i=0}^p |\alpha_i| \exp(-j2\pi f\tau_i + \varphi_i) = |H(f)| \exp(-j\theta(f)), \quad (6)$$

где $|H(f)|$ – амплитудно-частотная характеристика канала (АЧХ); $\theta(f)$ – фазо-частотная характеристика канала (ФЧХ).

Далее с учетом (6) выражение (5) преобразуется к виду

$$S_{sy}(f) = S_{ss}(f)H(f) + S_{sn}(f). \quad (7)$$

Для оценки частотного состава сигналов используется модуль спектральной плотности [5]. В данном случае это $|S_{sy}(f)|$. Запишем спектральную плотность $S_{sy}(f)$ в полярном виде, и, учитывая, что $S_{ss}(f)$ – действительная функция частоты, получим

$$S_{sy}(f) = |S_{sy}(f)| \exp(-j\Phi(f)) = S_{ss}(f)|H(f)| \exp(-j\theta(f)) + |S_{sn}(f)| \exp(-j\theta_{sn}(f)), \quad (8)$$

где $| \cdot |$ – модуль функции; $\Phi(f)$ – фазовый угол; $\theta_{sn}(f)$ – фазовый угол.

Из выражения (8) $|S_{sy}(f)|$ равен

$$|S_{sy}(f)| = |S_{ss}(f)H(f)\exp(-j\theta(f)) + |S_{sn}(f)\exp(-j\theta_{sn}(f))|. \quad (9)$$

Используя свойства модуля комплексных чисел, оценим $|S_{sy}(f)|$ по выражению (9) и получим [6]

$$|S_{sy}(f)| \leq S_{ss}(f)|H(f)| + |S_{sn}(f)|. \quad (10)$$

Из последнего выражения видно, что модуль взаимной спектральной плотности зависит от произведения спектральной плотности зондирующего сигнала на амплитудно-частотную характеристику канала, которая здесь выступает как частотно-зависимый коэффициент ослабления плюс модуль взаимной спектральной плотности сигнала $x(t)$ и шума $n(t)$, который определяется взаимокорреляционными свойствами сигнала и шума.

Для дальнейших рассуждений будем полагать, что сигнал $x(t)$ и шум канала $n(t)$ некоррелированы. При таких условиях (7) преобразуется в выражение

$$S_{sy}(f) = H(f)S_{ss}(f). \quad (11)$$

Определим по функции $x(t)$ спектральную плотность канала $S_{xx}(f)$, которая находится по формуле

$$S_{xx}(f) = F[R_{xx}(\tau)] = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau, \quad (12)$$

где

$$R_{xx}(\tau) = E[x(t)x(t+\tau)] = E\left[\int_0^{\infty} h(\tau_1)s(t-\tau_1)d\tau_1 \int_0^{\infty} h(\tau_2)s(t+\tau-\tau_2)d\tau_2\right] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} h(\tau_1)h(\tau_2)R_{ss}(\tau+\tau_1-\tau_2)d\tau_1d\tau_2 \quad (13)$$

– автокорреляционная функция сигнала на выходе канала.

Подставляя в (12) выражение (13), получим, что

$$S_{xx}(f) = |H(f)|^2 S_{ss}(f). \quad (14)$$

С учетом формулы (11) (14) преобразуется к виду

$$S_{xx}(f) = H(f)H^*(f)S_{ss}(f) = S_{sy}^*(f) \frac{S_{sy}(f)}{S_{ss}(f)} = \frac{|S_{sy}(f)|^2}{S_{ss}(f)}. \quad (15)$$

Следует отметить, что спектральную плотность канала $S_{xx}(f)$ можно, таким образом, оценить по $s(t)$ и $y(t)$, даже не наблюдая $x(t)$.

Следовательно, можно определить и спектральную плотность шума $S_{nn}(f)$, не наблюдая $n(t)$. Рассмотрим, как это можно получить, используя функцию когерентности [5].

По определению, функция обычной когерентности сигналов $s(t)$ и $y(t)$ (рисунок) равна

$$\gamma_{sy}^2(f) = \frac{|S_{sy}(f)|^2}{S_{ss}(f)S_{yy}(f)}, \quad (16)$$

где $S_{yy}(f) = F[R_{yy}(\tau)] = F[R_{xx}(\tau) + R_{nn}(\tau)] = S_{xx}(f) + S_{nn}(f)$ – спектральная плотность выходного сигнала $y(t)$.

Так как

$$\begin{aligned} R_{sy}(\tau) &= E[S(t)y(t+\tau)] = E[s(t)(x(t+\tau) + n(t+\tau))] = \\ &= E[s(t)x(t+\tau)] + E[s(t)n(t+\tau)] = R_{sx}(\tau) + R_{sn}(\tau) \end{aligned} \quad (17)$$

и учитывая, что сигнал и шум некоррелированы, получим

$$R_{sy}(\tau) = R_{sx}(\tau), \quad (18)$$

и, соответственно, спектральная плотность

$$S_{sy}(f) = S_{sx}(f), \quad (19)$$

где $S_{sx}(f) = F[R_{sx}(\tau)]$ – взаимная спектральная плотность сигналов $s(t)$ и $x(t)$; $R_{sx}(\tau) = E[s(t)x(t+\tau)]$ – взаимокорреляционная функция $s(t)$ и $x(t)$.

Перепишем теперь функцию когерентности (16) в следующем виде:

$$\gamma_{sy}^2(f) = \frac{|S_{sx}(f)|^2}{S_{ss}(f)[S_{xx}(f) + S_{nn}(f)]} = \frac{|S_{sx}(f)|^2}{S_{ss}(f)S_{xx}(f) \left[1 + \frac{S_{nn}(f)}{S_{xx}(f)} \right]}. \quad (20)$$

Ввиду того, что $\frac{|S_{sx}(f)|^2}{S_{ss}(f)S_{xx}(f)} = 1$, функцию когерентности для рассматриваемого случая

можно представить как

$$\gamma_{sy}^2(f) = \frac{1}{1 + S_{nn}(f)/S_{xx}(f)}, \quad (21)$$

или

$$\gamma_{sy}^2(f) = \frac{S_{xx}(f)}{S_{xx}(f) + S_{nn}(f)} = \frac{S_{xx}(f)}{S_{yy}(f)}. \quad (22)$$

Так как

$$S_{yy}(f) = S_{xx}(f) + S_{nn}(f),$$

откуда

$$S_{nn}(f) = S_{yy}(f) - S_{xx}(f), \quad (23)$$

и учитывая (21), получим

$$S_{nn}(f) = S_{yy}(f) - \gamma_{sy}^2(f)S_{yy}(f) = [1 - \gamma_{sy}^2(f)]S_{yy}(f). \quad (24)$$

Из полученного выражения следует, что $\gamma_{sy}^2(f)$ можно интерпретировать как относительный вклад $s(t)$ в $S_{yy}(f)$ на частоте f , а $1 - \gamma_{sy}^2(f)$ – как относительный вклад в $S_{yy}(f)$ отлич-

ных от $s(t)$ процессов на частоте f . Следовательно, функция обычной когерентности разбивает наблюдаемый спектр выходного сигнала на некоррелированные составляющие, соответствующие входному сигналу и постороннему шуму.

Проверим работоспособность выражений (4), (7), (10) для малоподвижной цели на примере гармонического сигнала. Полезными свойствами такого сигнала являются то, что его автокорреляционная функция имеет вид гармонического колебания такой же частоты, сигнал не коррелирует с гармоническими сигналами иной частоты и слабо коррелирует с белым гауссовым шумом. И тогда, используя выражения (4), (10), приходим к задаче использования спектрального оценивания для обнаружения присутствия гармонического сигнала. При этом необходимо отметить, что применение вначале формулы (4) приводит к декорреляции посторонних гармонических составляющих, и наоборот, к выделению необходимого сигнала. Применение затем выражения (10) приводит к тому, что гармоническая корреляционная функция эхо-сигнала сжимается, и его спектральная плотность стремится к δ -функции с увеличением длительности сигнала. Заметим также, что в выражении (10) множитель $|H(f)|$ появляется при наличии сигнала в канале распространения, т.е. эхо-сигнала, который коррелирован с зондирующим. Поэтому разумно в качестве порога обнаружения выбрать $|S_{sn}(f)|$, который оценивается предварительно или между зондирующими посылками.

В соответствии с выражениями (4), (7), (10) алгоритм обработки принятого сигнала $y(t)$ для выделения в его составе гармонического эхо-сигнала сводится к следующим шагам:

- 1) оценивание взаимокорреляционной функции излученного сигнала и окрашенного шума $R_{sn}(\tau)$;
- 2) вычисление по $R_{sn}(\tau)$ взаимной спектральной плотности $|S_{sn}(f)|$;
- 3) определение порога обнаружения путем вычисления $|S_{sn}(f)|$;
- 4) вычисление взаимной корреляционной функции $R_{sy}(\tau)$ между излученным сигналом $s(t)$ и эхо-сигналом $y(t)$;
- 5) вычисление взаимной спектральной плотности $|S_{sy}(f)|$ по $R_{sy}(\tau)$;
- 6) вычисление модуля $|S_{sy}(f)|$;
- 7) сравнение $|S_{sy}(f)|$ с $|S_{sn}(f)|$.

Список литературы

1. Акустика океана / пер. Де Санто. – М.: Мир, 1982.
2. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982.
3. Толстой И., Клей К.С. Акустика океана. – М.: Мир, 1969.
4. Клей К., Медвин Г. Акустическая океанография. – М.: Мир, 1969.
5. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989.
6. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1987.

Сведения об авторах: Шостак Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: servash@mail.ru;

Бакланов Евгений Николаевич, доцент, e-mail: baklanoven@mail.ru;

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

Шевченко Александр Петрович, e-mail: vunc-vmf-tovmi@mail.ru.

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

УДК 621.311.22

А.А. Панасенко, В.С. Данилов

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ СУДОМЕХАНИКОВ ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ НОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ

Целью данной статьи является анализ задач, которые могут решаться на тренажере СЭУ, и выработка на основе этого анализа рекомендаций по необходимости введения в учебный курс дополнительных упражнений и соответствующего программного обеспечения.

Ключевые слова: *пропульсивный комплекс, параметры главного двигателя, возмущающие воздействия.*

A.A. Panasenko, V.S. Danilov

THE THERMAL EFFICIENCY OF POWER PLANTS UNDER THE SINUSOIDAL PERTURBATION LOAD

The purpose of this article is the analysis of tasks that can be solved on the simulator EMS, and to develop, on the basis of this analysis, recommendations for necessary the introduction training course additional upraise deposits and associated software.

Key words: *propulsive complex, parameters of the main engine, the revolting influences.*

Методы практической подготовки судовых механиков, основанные на постепенном накоплении опыта во время плавания и стоянки, нерациональны. Так, на практическую подготовку (плавпрактику) вахтенного механика в среднем уходит минимум один год согласно программе обучения плюс работа кадетом (junior) в судоходной компании. Согласно опросам действующих механиков, они уверенно чувствовали себя механиком примерно через год работы в должности. В пользу тренажеров может служить следующий факт: при обучении на реальных объектах невозможно создать все возможные критические ситуации, с которыми обучающийся может встретиться на практике [1, 2, 3].

Тренажер СЭУ, предназначенный для подготовки вахтенного механика, должен обеспечивать:

- ознакомление с рабочим местом вахтенного механика, размещением и взаимным расположением всех приборов и элементов управления;
- изучение характеристик судовой энергетической установки во всех режимах;
- отработку последовательности запуска механизмов;
- изучение судовых систем управления и приборов;
- тренировку по выполнению совокупности действий при работе двигательной установки в особых режимах;
- тренировку в аномальных условиях при отказах двигательной установки и других неисправностях;
- отработку последовательности корректирующих воздействий.

Рассмотрим кратко сущность второй из вышеперечисленных решаемых на тренажере задач.

Процесс обучения на тренажере осуществляется с учетом того, что для судомеханика основным средством контроля и управления системой движения является пульт в центральном посту управления (ЦПУ). Инструктор или обучающийся с помощью телеграфа или других органов управления, сосредоточенных на пульте в ЦПУ, воздействует на систему движения судна. В соответствии с программой, заложенной в память вычислительной машины (компьютера), датчики на пульте в ЦПУ реагируют на эти команды. Многократные повторения команд в различных комбинациях помогают усвоить судомеханикам весь комплекс изменений в системе движения. Для повышения эффективности занятий используются пояснительные лекции.

В процессе практического обучения инструктор по своему усмотрению вводит в программу вычислительной машины команды, выполнение которых обеспечивает имитацию внешних условий плавания или возникающих в системе отказов. Нарушения нормальной работы системы отражаются на мнемосхеме, в показаниях контрольных датчиков и сигнальных устройств машинного пульта. В таких ситуациях судомеханики получают возможность проявить свою находчивость и знания, принимая решения, направленные на исправление ситуации. Возможности дистанционного контроля и управления СЭУ привнесли новые элементы в характер работы вахтенного механика судна. Вместо использования своих субъективных ощущений механик все более полагается на показания приборов и устройств систем управления. Как это ни парадоксально, но в этой связи все более возрастает роль человека-оператора в принятии правильного решения, что предполагает необходимость функциональной и психологической подготовки персонала, участвующего в управлении сложными технологическими процессами. Изменение характера несения вахты, использования компьютерной техники требуют новой, более совершенной подготовки инженеров-судомехаников.

Для обеспечения учебного процесса, а также для повышения квалификации инженеров-механиков используются тренажеры машинного отделения.

Один из них – тренажер Dieselsim DPS100, выпускаемый фирмой Norcontrol A.S. (Норвегия), используется на судомеханическом факультете Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского.

В качестве имитационной модели рассматривается энергетическая установка танкера дедвейтом 185000 т и мощностью главной ЭУ 17.4 MW. Обучение на тренажере в значительной мере повышает качество преподавания, способствует развитию навыков самостоятельной и творческой работы обучающихся, ускоряет получение знаний в области практической эксплуатации судового оборудования без существенных затрат материальных средств и времени.

Для ознакомления с тренажером DieselSim DPS100 ниже приведены характеристики *главной пропульсивной установки*:

дедвейт судна	185000 т;
тип двигателя.....	V & W 6L90 GFCA;
тип продувки	прямоточно-клапанная;
число цилиндров	6;
тактность	двухтактный;
диаметр цилиндра	900 мм;
ход поршня	2180 мм;
максимальная мощность на валу	17 400 кВт;

номинальная частота вращения.....	94 мин ⁻¹ ;
среднее эффективное давление.....	13 бар;
среднее индикаторное давление.....	13,9 бар;
давление наддува (избыточное).....	1,9 бар;
расход топлива при номинальной нагрузке.....	3,45 т/ч;
удельный эффективный расход топлива при номинальной нагрузке.....	200 г/(кВт ч).

Система наддува оборудована двумя ГТН с постоянным давлением перед турбиной.

Система охлаждения:

поршней –	маслом;
форсунок –	топливом;
втулок и крышек цилиндров –	пресной водой.

В состав СЭУ входят также соответствующие насосы, охладители, подогреватели и т.д., необходимые для нормального функционирования СЭУ.

Эргономическая характеристика тренажера включает как визуализацию информации о параметрах СЭУ как при помощи стрелочных приборов на панели ЦПУ и местных пультах управления, так и на дисплее в ЦПУ в буквенно-цифровой форме. Вся информация представляется на английском языке.

При управлении главным двигателем (ГД) основным требованием, предъявляемым к выбору того или иного режима работы пропульсивного комплекса, является обеспечение работы ГД в поле режимов, гарантированных заводом-изготовителем. Важно, чтобы обучающийся на тренажере понимал, что оптимальный режим работы в конкретных условиях плавания – это обеспечение наиболее благоприятного рабочего процесса двигателя с точки зрения надежности и экономичности его работы. Для этого необходимо, чтобы двигатель не выходил за пределы ограничительных характеристик и не входил в зону ненадежной работы [3]. К сожалению, на тренажере (или в фирменной инструкции по тренажеру) отсутствуют рекомендации по ограничительным характеристикам. Поэтому стоит задача их определения.

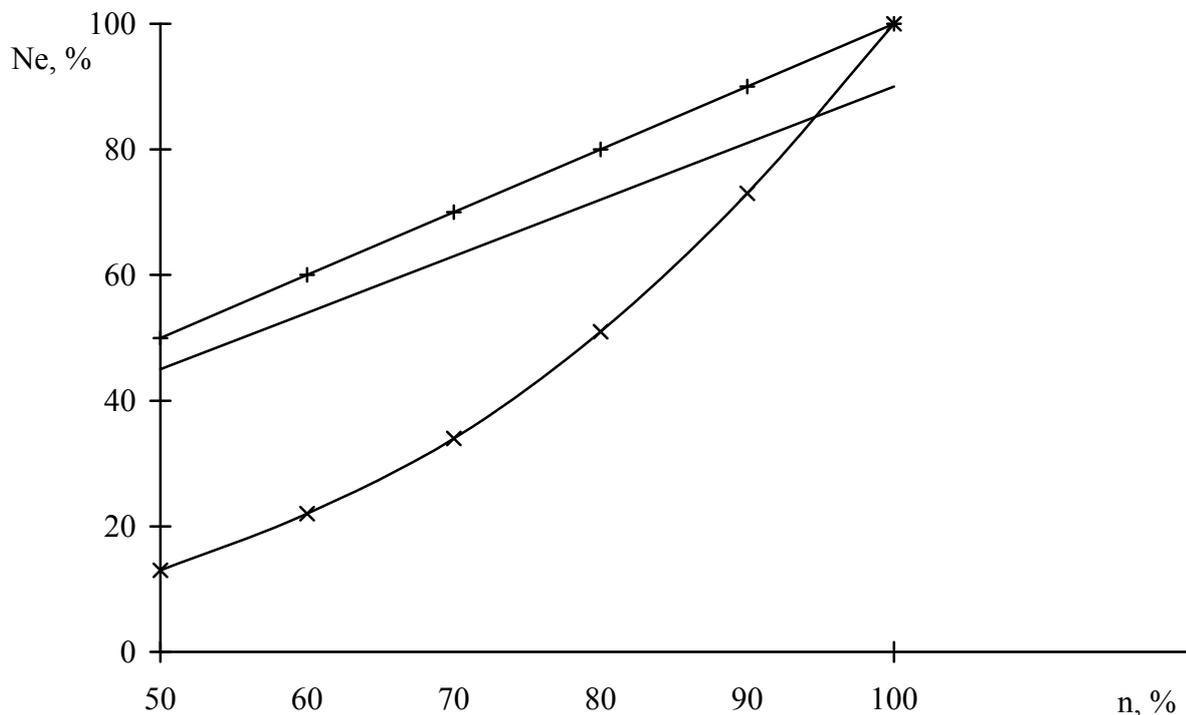
Для исследования возможности применения новых упражнений на тренажере авторами статьи были поставлены эксперименты по снятию ограничительных характеристик главного двигателя.

Для фиксации выхода двигателя за пределы ограничительных характеристик использовались индикаторные сигнальные лампы на панели управления ГД в ЦПУ. Первая индикаторная лампа «TORQUE LIMIT» загорается (срабатывает) при выходе момента двигателя за допустимые пределы при фактической частоте вращения. Вторая индикаторная лампа «SCAV AIR LIMIT» загорается (срабатывает) при выходе коэффициента избытка воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, за допустимые пределы при фактическом давлении наддува. Третья индикаторная лампа «TERMAL LIMIT» загорается (срабатывает) при недопустимой тепловой напряженности в цилиндрах дизеля.

Снятие ограничительных характеристик дизеля осуществлялось изменением скоростного режима при помощи рукоятки телеграфа и изменением нагрузки двигателя (введением ледового сопротивления и степени загрузки судна).

На рисунке изображены снятые ограничительные характеристики двигателя. При снятии характеристик отмечено, что ограничение по давлению наддува возникает только при разгоне двигателя (изменении скоростного режима при помощи рукоятки телеграфа).

Таким образом, с курсантами и слушателями необходимо проводить занятия по снятию и анализу ограничительных характеристик.



Зависимость мощности двигателя при изменении частоты вращения для номинальной винтовой характеристики \times , допустимого момента двигателя $+$, без отметок – для допустимой тепловой напряженности дизеля

The dependence of the power of the engine when changing frequency-of-rotation for the nominal screw specifications the allowable torque of the engine is, without marks for allowable thermal stress diesel

Список литературы

1. Соболенко А.Н. Тренажерная подготовка инженеров судомехаников в вузе // Вопросы повышения эффективности судовых технических средств: тез. докл. регион. науч.-техн. конф. – Владивосток, 1990.

2. Вагабов И.И., Корнейчук Ю.А., Соболенко А.Н. Тренажер Дизельсим – уникальное средство приведения компетентности судовых механиков в соответствии с требованиями конвенции ПДНВ 78/95 // Региональная кадровая политика и механизм ее реализации в Дальневосточном федеральном округе: материалы регион. науч.-практ. конф. – Владивосток, 2002. – С. 41–44.

3. Соболенко А.Н. Теоретические основы безопасной эксплуатации судовых дизелей. – Владивосток: Дальнаука, 2001.

Сведения об авторах: Панасенко Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: Panasenko2005@yandex.ru;
Данилов Виктор Сергеевич, инженер, e-mail: dvs_4591@mail.ru.

УДК 621.311.22

А.А. Панасенко, В.С. Данилов

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

ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЭУ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ НАГРУЗКИ

Ставится проблема снижения экономичности главного двигателя вследствие различных возмущающих воздействий. Сделана попытка оценить это снижение экономичности. Поставлена задача – повысить тепловую эффективность главного двигателя и судовой энергетической установки улучшением качества регулирования.

Ключевые слова: *пропульсивный комплекс, параметры главного двигателя, возмущающие воздействия.*

A.A. Panasenko, V.S. Danilov

THE THERMAL EFFICIENCY OF POWER PLANTS UNDER THE SINUSOIDAL PERTURBATION LOAD

The article raises the problem of reducing the efficiency of the main engine due to various disturbing influences. An attempt was made to estimate this reduction efficiency. The task is to increase the thermal efficiency of the main engine and ship power plants to improve the quality of regulation.

Key words: *a propulsive complex, parameters of the main engine, the revolting influences.*

Эффективность использования теплоты в судовой энергетической установке (СЭУ) зависит от эффективности ее использования в каждом элементе и в первую очередь в главном судовом двигателе.

Как известно, максимум коэффициента полезного действия (КПД) практически любого механизма приходится на режим, при котором мощность равна ~75 % от номинальной. При этом требуемая мощность сопротивления двигателя является функцией его частоты вращения и времени, что делает эту функцию случайной величиной.

При эксплуатации главного судового малооборотного дизеля (МОД) более 90 % бюджета времени приходится на ходовое время. Колебания винтовой характеристики доходят до 20 % в сторону утяжеления и до 30 % в сторону облегчения по сравнению с номинальной.

Для удержания заданной частоты вращения на главном дизеле установлен всережимный регулятор скорости (ВРС). Время переходного процесса, обеспечиваемое регулятором – до 10 с.

Кроме регулятора частоты вращения, работу дизеля обеспечивают регуляторы температуры охлаждающей воды, масла, воздуха и регулятор вязкости тяжелого топлива. Время переходного процесса, обеспечиваемое регуляторами температуры – до 20 мин.

Потери теплоты современного МОД с отходящими газами – 27–30 %, с охлаждением воздуха – 12–14 %, с охлаждением цилиндров – 5–7 %, с охлаждением масла – 3–5 % [1].

Переходный процесс вызывается различными возмущениями, основными из них являются изменение задания регулятору и изменение нагрузки главного двигателя. Изменение задания частоты вращения в общем бюджете времени транспортного судна занимает малую долю. Целесообразно рассмотреть эффективность использования теплоты в главном судовом двигателе в зависимости от изменения нагрузки.

Изменение нагрузки главного двигателя встречается двух видов: скачкообразное и периодическое (синусоидальное). Колебания нагрузки совершаются с периодом 5–17 с [2].

При изменении мощности, которое вызвано колебаниями винтовой характеристики, изменяются и регулируемые температуры охлаждающих сред, что влечет за собой изменение основных составляющих энергетического баланса главного дизеля.

Для решения поставленной задачи – повышение тепловой эффективности СЭУ улучшением качества регулирования – необходимо выявить расчетом, какая доля теплоты пропадает в окружающую среду.

При отсутствии системы автоматического регулирования частоты вращения судно будет одновременно с двигателем разгоняться и тормозиться с периодом колебания нагрузки от минимальной до максимальной периодической величины частоты вращения. Судно будет двигаться «рывками». При работе с регулятором частоты вращения максимальная и минимальная величины частоты вращения будут меньше, чем при первом варианте и не будут превосходить величины максимального заброса 10 %.

Рассчитаем на примере главного двигателя 6L90 GFCA, установленного на танкере дедвейтом 180 000 т, потери теплоты, вызванные периодическим изменением нагрузки.

Примем, что двигатель работает на режиме 75 % $N_{ен}$ с частотой $n = 89 \text{ мин}^{-1}$ и мощностью $N_e = 13050 \text{ кВт}$. Удельный расход топлива равен 183 г/(кВтч). Зона нечувствительности регулятора равна 1 %. Но вследствие инерционности регулятора и двигателя, при синусоидальном изменении момента сопротивления нагрузки, частота вращения двигателя максимально отклоняется на $\pm 2 \%$ от номинальных оборотов. Необходимо найти потери мощности вследствие динамического режима.

Момент сопротивления при заданных условиях достигает максимального значения, которое отличается от установившегося на 3,96 %. Заменяем синусоиду мгновенных значений действующими значениями (ступенчатая линия), отличающимися от максимальных на величину, равную $\sqrt{2}$ (рисунок).

Вычисляем, что колебания мощности происходят от $N_{e \min} = 12501,9 \text{ кВт}$ до $N_{e \max} = 13245,8 \text{ кВт}$. Удельный расход топлива на этих режимах равен 185 г/(кВтч) [3]. Следовательно, потери топлива 2500,2 г/ч, что составляет $\sim 0,54 \%$ для эффективного КПД.

Однако без регулятора частоты вращения главного двигателя колебания мощности будут происходить с большим разбросом, и, соответственно, потери топлива будут значительно больше.

Для характеристики потерь энергии существует показатель – коэффициент полезного действия (КПД) пропульсивного комплекса. Пропульсивный комплекс представляет собой взаимосвязанную систему, состоящую из элементов: главный двигатель, валопровод, винт и корпус судна. Выходной величиной в комплексе является мощность, идущая на перемещение судна в заданном направлении. Входной величиной является мощность, подведенная от двигателя к винту [4].

Для примера, потери на винте современного контейнеровоза составляют 15,6% [5]. Распределение потерь приведено в табл. 1.

Согласно распределению энергии, приведенному в табл. 1, КПД пропульсивного комплекса современного судна равен 66,7 %.

С целью расчета потерь энергии при изменении погодных условий авторами статьи были сняты данные на тренажере DieselSim DPS100, установленном в МГУ им. адм. Г.И. Невельского.

На пульте инструктора задавались различные погодные условия (баллы волнения моря) в условиях полного хода главного двигателя (указатель нагрузки 92 %). Результат оценивался по параметрам: удельный расход топлива и расход топлива на милю пройденного расстояния.

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

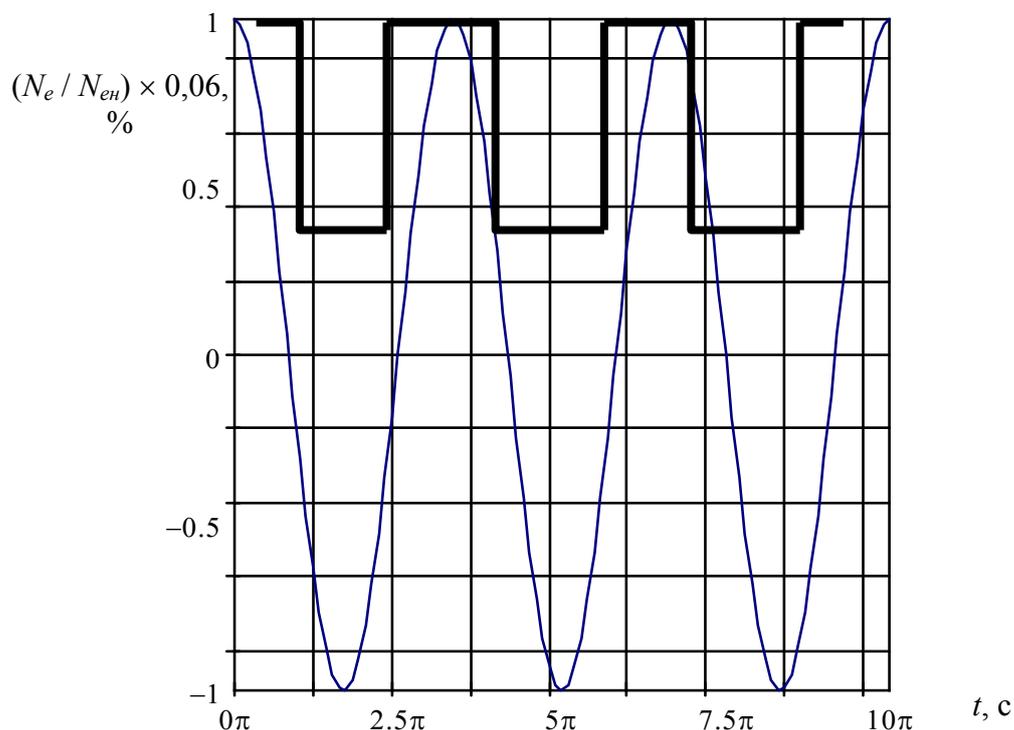


Иллюстрация изменения мощности двигателя при периодически изменяющейся нагрузке
Illustration of changes of engine power while periodically changing load

Таблица 1

Потери энергии при передаче на движение судна, %

Table 1

Losses of energy by transfer on the movement of the vessel, %

Теплота топлива (Bunker)	Работа на валу (Shaft)	Потери передачи (Transmission loss)	Потери на винте (Propeller loss)	Работа по перемещению судна (Propulsion power)
100	50,5	1,3	15,6	33,7

Таблица 2

Потери энергии при передаче на движение судна

Table 2

Losses of energy by transfer on the movement of the vessel

Состояние моря	Мощность главного двигателя, кВт	Скорость судна, уз	Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	Расход топлива на милю пройденного расстояния, кг/милю
Волнение моря 0,5 баллов	17400	12	200	250
Волнение моря 3 балла	17600	11	210	270

Таким образом, как следует из результатов эксперимента, тепловые потери двигателя увеличились на 5 %, а потери на винте увеличились на 8 %. Улучшением качества регулирования есть возможность добиться значительной экономии топлива.

Список литературы

1. Седельников, Г.Д. Энергосберегающие системы малооборотных дизелей / Г.Д. Седельников. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 230 с.
2. Исаков, Л.И. Техническая эксплуатация судовой автоматики: учебник для ПТУ / Л.И. Исаков – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 216 с.
3. Возницкий, И.В. Методические основы работы на тренажере дизельной силовой установки: текст лекций / И.В. Возницкий, А.Л. Лемещенко, А.С. Пунда. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990. – 44 с.
4. Соболенко, А.Н. Дипломное проектирование с использованием персонального компьютера / А.Н. Соболенко, Н.В. Музалевский: учеб. пособие. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. – 600 с.
5. ABS Seminar «LNG as Fuel, Energy Efficiency & Arctic Update» (Hyunday Hotel – Vladivostok, 20 May 2014).

Сведения об авторах: Панасенко Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: Panasenko2005@yandex.ru;
Данилов Виктор Сергеевич, инженер, e-mail: dvs_4591@mail.ru.

УДК 621.431.74.016

Б.И. Руднев, О.В. Повалихина

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

ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧАСТИЦ ДИЗЕЛЬНОЙ САЖИ

Проанализированы физико-химические свойства частиц дизельной сажи. Показано, что диаметр частиц дизельной сажи лежит в пределах 10–100 нм.

Ключевые слова: частицы дизельной сажи, физико-химические свойства, диаметр частиц.

B.I. Rudnev, O.V. Povalikhina

BASIC PHYSICS-CHEMICAL DATA OF DIESEL SOOT PARTICLES

Physics-chemical data of diesel soot particles are analyzed. It is proved that diameter of diesel soot particles is limited by 10–100 nm.

Key words: diesel soot particles, physics-chemical data, diameter of particles.

Горение углеводородных топлив в камере сгорания дизельных двигателей, газотурбинных установок и других тепловых двигателей сопровождается, как правило, образованием в пламени частиц сажи. Это явление легко обнаруживается визуально: по светимости пламени и дымлению работающих тепловых двигателей. Однако до настоящего времени механизм сажеобразования при горении в полной мере не установлен, что объясняется чрезвычайной сложностью этого физико-химического процесса, протекающего за время порядка 10^{-3} – 10^{-2} с [1–7].

Изучению физико-химических свойств частиц сажи было посвящено значительное число работ. Это объясняется, с одной стороны, широким применением и производством сажи в промышленности (например, в качестве активного наполнителя резины и для изготовления печатных красок), а с другой стороны, – желанием исследователей глубже проникнуть в механизм процессов, определяющих выделение углерода в пламенах. Благодаря применению современных методов исследования, таких как электронная микроскопия высокого разрешения, рентгеноскопия, спектроскопия и др., в последние двадцать лет получено достаточно полное представление о размерах, структуре и физико-химических свойствах частиц сажи [7].

Для определения размеров частиц сажи в основном используют два метода:

1. Контактный, основанный на отборе частиц сажи из пламени, осаждением их на специальные подложки и получении электронно-микроскопических снимков.

2. Оптический, основанный на использовании законов рассеивания и поглощения энергии излучением в дисперсной среде.

С помощью этих методов было установлено, что в пламенах размеры частиц сажи в зависимости от условий организации сжигания топлива могут изменяться приблизительно в пределах от 1 до 1000 нм. Минимальный размер частиц сажи (порядка 1,0–1,5 нм) установлен на основе электронно-микроскопических исследований. Такие частицы имеют порядка 600–2000 атомных единиц массы, т.е. включают примерно 50–160 атомов углерода [7].

Анализ электронных микрофотографий для различных условий горения углеводородных топлив позволил обнаружить широкий спектр форм частиц сажи: сферические или почти сферические частицы, цепочкообразные, хлопьевидные, кружевидные, нитевидные и другие структуры. Определенное внимание при этом могли оказывать условия отбора и

осаждения частиц, однако наличие в продуктах сгорания частиц сажи различной формы подтверждается и оптическими измерениями. Для большинства практически важных схем организации сжигания углеводородных топлив, в том числе и для условий камер сгорания газотурбинных и дизельных двигателей, установлено, что основу структуры частиц сажи составляют сферические частицы с диаметром порядка 20–40 нм [8]. Сложные структуры, как правило, являются вторичными, образующимися в результате коагуляции первичных сферических частиц.

В дальнейшем, следуя большинству исследователей, при анализе процессов образования и выгорания сажи будем считать частицы сферическими с диаметром d_s . Такое допущение может приводить к значительным погрешностям при моделировании радиационных свойств пламени, в котором присутствуют частицы сажи [9]. В связи с отмеченным для корректного расчета процесса радиационного теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя с использованием зонального метода требуется проведение предварительных экспериментальных исследований по определению оптических характеристик частиц сажи, включая их распределение по размерам. Основными параметрами, характеризующими совокупность частиц сажи в продуктах сгорания углеводородных топлив, являются:

d_{scp} – средний диаметр частиц сажи, нм;

N_s – число частиц сажи в единице объема, $1/\text{м}^3$;

$\bar{N}_s(d_s)$ – функция распределения частиц сажи по размерам,

$\bar{N}_s(d_s) = N_s(d_s) / N_s$;

ρ_s – плотность сажи, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$S = \frac{6 \cdot 10^9}{\rho_s d_s}$ – удельная поверхность сажи, $\text{м}^2/\text{кг}$;

$C_s \frac{\text{кг}}{\text{кг углерода}} \cdot 10^3$ – выход сажи, представляющий собой отношение массы сажи к мас-

се углерода топлива, при горении которого она образовалась.

Типичные функции распределения частиц сажи по размерам при сжигании углеводородных топлив показаны на рис. 1 [7]. Характер этой функции в различных условиях может видоизменяться от нормального закона распределения (Гаусса)

$$\bar{N}_s(d_s) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-(d_s - d_{scp})^2 / (2\sigma^2)} \quad (1)$$

до нормального логарифмического

$$\bar{N}_s(y) = \frac{1}{\sigma(\lg y) \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg y - \lg d_{scp})^2}{2\sigma^2 (\lg y)} \right], \quad (2)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение;

$\lg y = d_s$.

Химический анализ сажи показывает, что она содержит 94–99 % углерода и 0,5–3,0 % водорода по массе, а также некоторое количество кислорода и зольных элементов [6, 7]. Атомное отношение C/H изменяется при этом от 3 до 15.

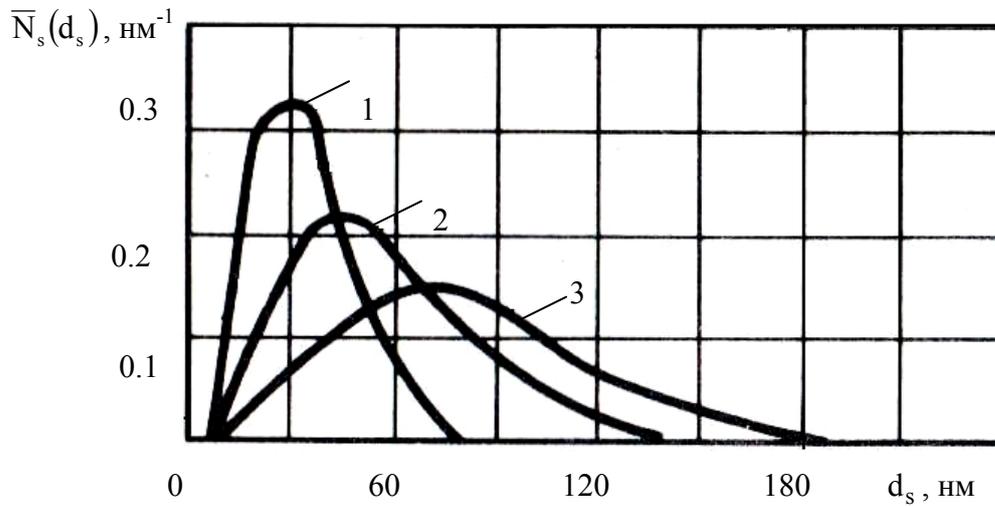


Рис. 1. Распределение частиц сажи по размерам: 1, 2, 3 – функции распределения для различных условий сжигания углеводородных топлив
Fig. 1. Distribution particles of soot for sizes: 1, 2, 3 – functions of distribution for other combustion of fuels

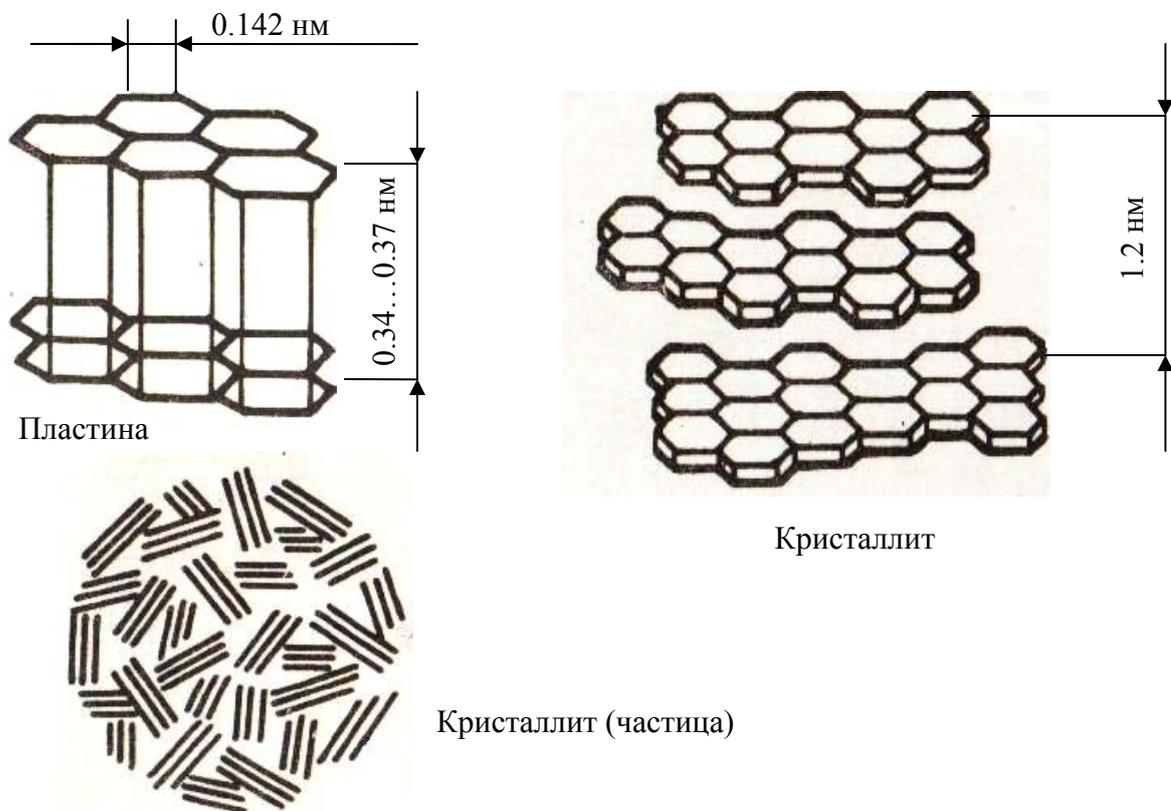


Рис. 2. Структура частиц сажи
Fig. 2. Structure particles of soot

Следовательно, сажу можно рассматривать как твердый углерод или углеродистое вещество. Более богаты водородом частицы сажи на ранних стадиях образования и роста в пламени («молодая» сажа). Так, частицы сажи диаметром 1,5 нм имеют атомное отношение $C/H \approx 3$. (В углеводородных топливах, применяемых, например, в авиационных двигателях, $C/H \approx 0,5$; в поршневых дизельных двигателях $C/H \approx 0,8$). Следует также отметить, что, по данным исследований многих авторов [2, 3, 4, 6, 7], частицы сажи обладают радикальными свойствами, которые характерны, прежде всего, для частиц, образованных на более ранних стадиях процесса сажеобразования. Плотность частиц сажи в зависимости от содержания водорода изменяется в пределах $\rho_s = 1800\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$.

Исследованиями с помощью электронных микроскопов с высокой разрешающей способностью установлена внутренняя структура частиц сажи. Отмечается, что атомы углерода образуют гексагональную структуру, характерную для кристаллов графита (см. рис. 2), с расстоянием между атомами, равном 0,142 нм. Атомы углерода, формируя гексагональную структуру, расположены в одной плоскости и образуют слой. Расстояние между слоями для графита равно 0,335 нм, а для сажи оно несколько больше и составляет 0,345–0,370 нм. Два близлежащих слоя образуют пластину сажи (см. рис. 2). Совокупность нескольких пластин называют кристаллитом сажи. По данным различных авторов [2, 3, 4, 6], кристаллиты сажи, состоящие из 2–10 пластин, имеют толщину 1,2–3,0 нм. Сферическая частица сажи диаметром 20–30 нм содержит $10^3\text{--}10^4$ кристаллитов и состоит примерно из миллиона атомов углерода. Обычно считается, что кристаллиты сажи произвольным образом расположены относительно друг друга (так называемая турбостратная структура).

Наиболее детальные исследования [10] позволили обнаружить определенную упорядоченность и в расположении кристаллитов в частицах сажи сложной формы: около края частицы изогнутые, углеродные слои следуют за очертанием поверхности частицы, а внутри частицы кристаллиты расположены более или менее регулярно вокруг определенных центров (рис. 3).

Такая структура связана с коагуляцией и последующим совместным ростом частиц на ранней стадии развития процесса сажеобразования. При помощи микроскопов с высокой разрешающей способностью, принцип работы которых основан на явлении электронной дифракции, удалось установить присутствие одиночных C–C связей в кристаллитах. Отмечено большое количество дислокаций и других дефектов решетки. Установлено также, что сравнительно «старые» частицы, содержащие меньше водорода, имеют более упорядоченную структуру по сравнению с частицами, относящимися к более ранней стадии сажеобразования. Следовательно, увеличение времени пребывания при высокой температуре упорядочивает внутреннюю структуру частиц сажи. Это подтверждается также «графитизацией» сажи при тепловом воздействии. В процессе «графитизации» происходит перестройка внутренней структуры частиц сажи, уменьшается число дислокаций кристаллической решетки за счет удаления части атомов водорода, кристаллиты приобретают пространственную упорядоченную ориентацию, располагаясь как бы послойно по сферическим поверхностям.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что сажа имеет метастабильное состояние и большую свободную энергию по сравнению с графитом. Минимальное атомное соотношение C/H, примерно равное 3 для частиц сажи, может быть также объяснено необходимостью постройки гексагональной структуры базисных плоскостей графита, при которой, по крайней мере, три валентные связи атомов углерода из четырех должны являться взаимными C–C связями.

Хорошо известно, что сажа обладает значительными адсорбционными свойствами. На поверхности дисперсных частиц сажи, особенно «молодой» сажи, адсорбируется значительное количество легких углеводородов, которые при термостатировании при температурах

выше 130 °С улетучиваются. Массовая доля легких углеводородов может достигать 30 % массы сажи. Эти углеводороды сравнительно легко можно удалить с помощью органических растворителей. Сажа является адсорбентом и для канцерогенных углеводородов.

Физико-химические свойства частиц сажи оказываются близкими для совершенно различных топочных устройств и камер сгорания. В то же время, отбирая пробы в различных зонах одного и того же пламени, можно получить частицы сажи со значительно отличающимися свойствами, отражающими различные стадии развития процесса сажеобразования во времени.

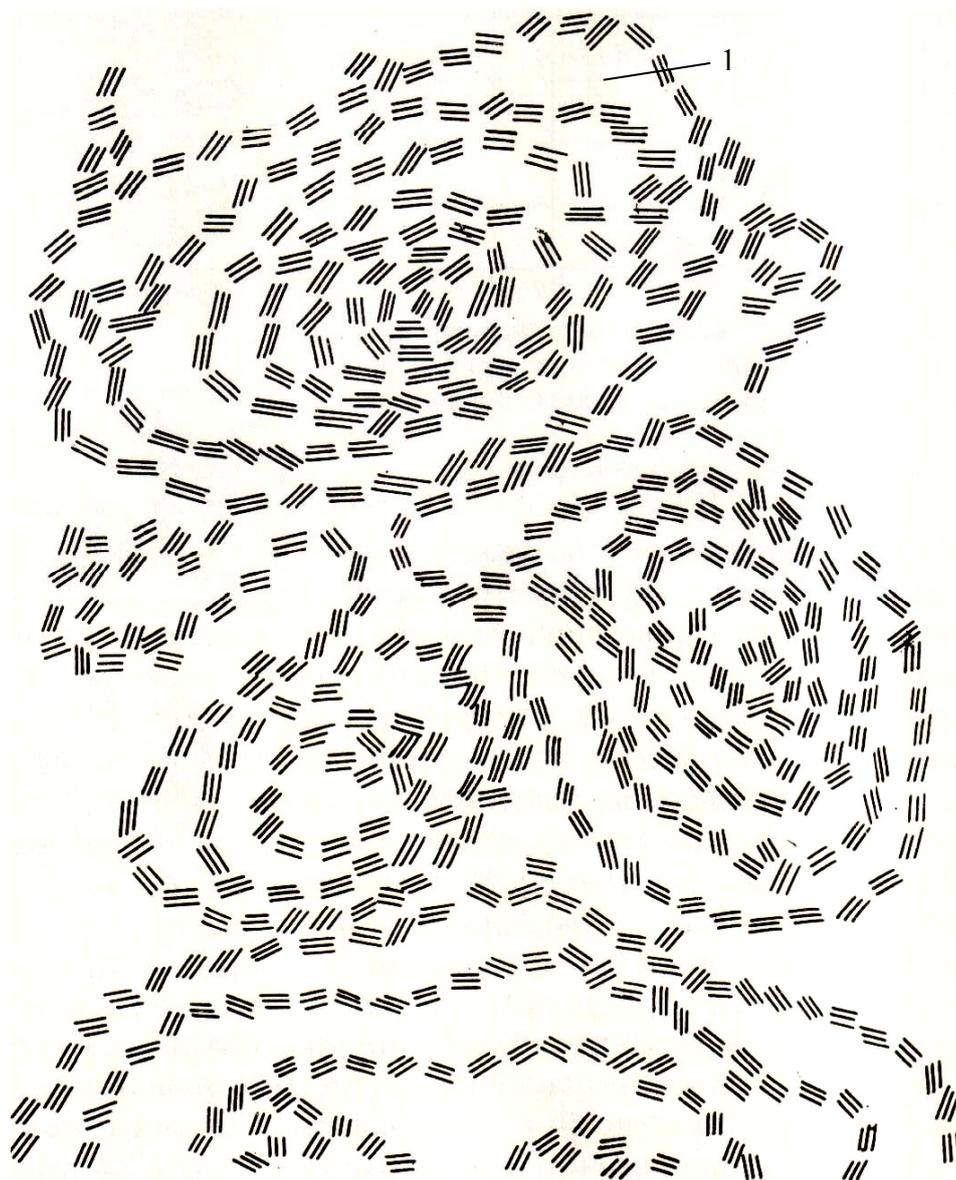


Рис. 3. Схема расположения кристаллитов в частице сажи сложной формы (реконструирование по электронной микрофотографии частицы сажи) [10]:

1 – кристаллит

Fig. 3. Soot crystals in particle of soot of combined form: 1 – crystal

Список литературы

1. Гардинер У., мл., Диксон-Льюис Г., Целнер Р. и др. Химия горения. – М.: Мир, 1988. – 464 с.
2. Чигир Н.А., Вайнбери Р. Дж., Боумон К.Т. и др. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени. – М.: Машиностроение, 1989. – 407 с.
3. Теснер П.А. Образование сажи при горении // Физика горения и взрыва. – 1979. – № 2. – С. 3–13.
4. Kamimoto T., Yagita M. Particulate formation and flame structure in diesel engines // SAE Preprints. – 1989. – №. 890436. – 9 p.
5. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Количественные характеристики процесса излучения пламени в камере сгорания дизельных двигателей // Двигатели-2007: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э. Баумана / под ред. Н.А. Иващенко, В.Н. Костюкова, А.П. Науменко и др. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – С. 85–88.
6. Варнатц Ю., Маас С., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. – М.: Физматлит, 2006. – 432 с.
7. Бакиров Ф.Г., Захаров В.М., Полещук И.З. и др. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив. – М.: Машиностроение, 1989. – 128 с.
8. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Оптические параметры частиц сажи и энергетические характеристики радиационного теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя // Тепловые процессы в технике. – 2013. – Т. 5. – № 10. – С. 476–480.
9. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: справ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
10. Haynes B.S., Wagner H.G. Soot formation // Progress in energy and combustion science. – 1981. – Vol. 17, № 4. – P. 229–273.

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

УДК 621.23

А.Н. Соболенко

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

ОБОБЩЕННЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ШЕСТИТАКТНОГО ДВС И ЕГО ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ПОДВОДА ТЕПЛОТЫ

Приведены термодинамические схемы идеального цикла шеститактного ДВС и восемь термодинамических схем его частных случаев подвода теплоты в первом и втором процессах, определяемых крайними значениями параметров ρ_1 , ρ_2 , λ_1 и λ_2 . Это следующие циклы, когда параметры: 1) $\rho_1 = \rho_2 = 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 2) $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 = 1$; 3) $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 = 1$; 4) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 = 1$; 5) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 = 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 6) $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 7) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 8) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 = 1$, $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 \neq 1$.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, шеститактный, теоретический цикл, параметры.

A.N. Sobolenko

THE INTEGRATED IDEAL SIX-CYCLE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND ITS PARTICULAR CASES OF HEAT SUPPLY

Thermodynamic schemes of the ideal cycle of the six-cycle internal combustion engine are given. The eight thermodynamic schemes of its particular cases, determined extreme values of parameters ρ_1 , ρ_2 , λ_1 and λ_2 . These are next cycles with parameters: 1) $\rho_1 = \rho_2 = 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 2) $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 = 1$; 3) $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 = 1$; 4) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 = 1$; 5) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 = 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 6) $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 7) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 \neq 1$, $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 \neq 1$; 8) $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 = 1$, $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 \neq 1$.

Key words: internal combustion engine, six-cycle, theoretical cycle, parameters.

В настоящее время существует ряд публикаций, посвященных шеститактным двигателям внутреннего сгорания. В основном в них освещаются практические аспекты и конструктивные решения этого типа двигателей. Теоретическим аспектом шеститактного цикла не уделяется внимания. Опубликованных работ, посвященных исследованию теоретического цикла шеститактного двигателя, практически нет. А между тем исследование теоретического цикла позволяет установить предел экономичности и эффективности цикла и определить предел использования теплоты в нем. В настоящей статье представляется попытка устранить этот пробел.

В основу исследования положена методика, разработанная В.А. Ваншейдтом [1].

При рассмотрении теоретического (идеального) цикла делаются следующие допущения:

1) предполагается, что цикл осуществляется постоянным количеством идеального газа неизменного химического состава и постоянной теплоемкости;

2) предполагается, что процессы сжатия и расширения протекают без теплообмена с окружающей средой, т.е. адиабатно;

3) сгорание топлива и удаление продуктов сгорания заменяется условными процессами подвода и отвода теплоты, протекающими при постоянном объеме и постоянном давлении. На рис. 1 в координатах давление - объем ($p - V$) и температура - энтропия ($T - S$) изображена схема обобщенного идеального шеститактного цикла поршневого двигателя.

Цикл состоит из адиабатного сжатия a_1c_1 , смешанного подвода теплоты в первом процессе сгорания $c_1y_1z_1$, адиабатного расширения z_1b_1 , второго адиабатного процесса сжатия a_2c_2 , смешанного подвода теплоты во втором процессе сгорания $c_2y_2z_2$, адиабатного расширения z_2b и смешанного отвода теплоты частью по изохоре bf , частью по изобаре fa_1 .

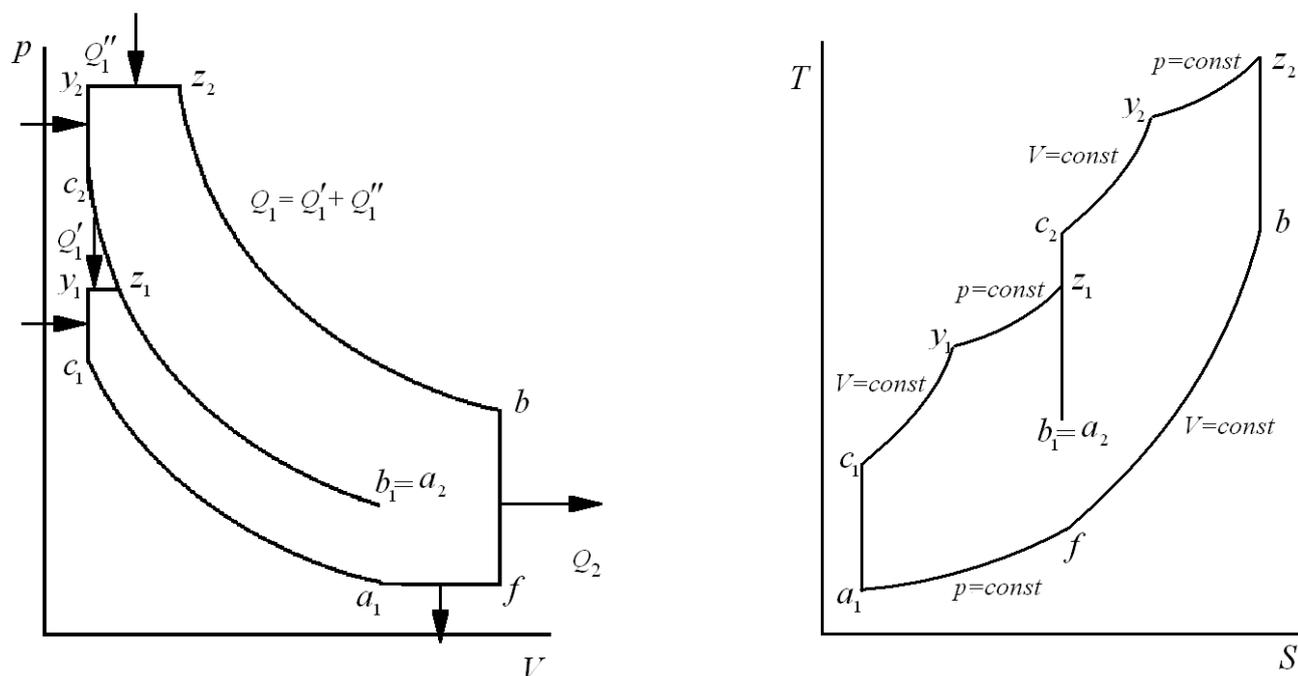


Рис. 1. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла
 Fig. 1. The scheme of the integrated ideal cycle of the six-cycle engine

Характеристиками цикла являются [1]:

- степень сжатия $\varepsilon = \frac{V_{a1}}{V_{c1}} = \frac{V_{a2}}{V_{c2}}$;
- степень повышения давления при сгорании в первом процессе $\lambda_1 = \frac{p_{z1}}{p_{c1}}$;
- степень повышения давления при сгорании во втором процессе $\lambda_2 = \frac{p_{z2}}{p_{c2}}$;
- степень предварительного расширения первого процесса сгорания $\rho_1 = \frac{V_{z1}}{V_{c1}}$;
- степень предварительного расширения второго процесса сгорания $\rho_2 = \frac{V_{z2}}{V_{c2}}$;
- характеристика способа отвода теплоты $\sigma = \frac{p_b}{p_f}$.

При постоянном общем количестве теплоты, подводимой в первом и втором процессах подвода теплоты, соотношение между количеством теплоты, подведенным при $V = const$ и $p = const$, может быть различным. Крайними случаями будут такие, когда вся теплота подводится либо только по изохоре, либо только по изобаре.

Если вся теплота в первом и втором процессах подводится только по изохоре, то получаем цикл сгорания при постоянном объеме, так называемый цикл быстрого сгорания (рис. 2).

В этом случае процессы подвода теплоты при постоянном давлении отсутствуют, поэтому параметры $\rho_1 = \rho_2 = 1$, тогда как $\lambda_1 \neq 1$, $\lambda_2 \neq 1$.

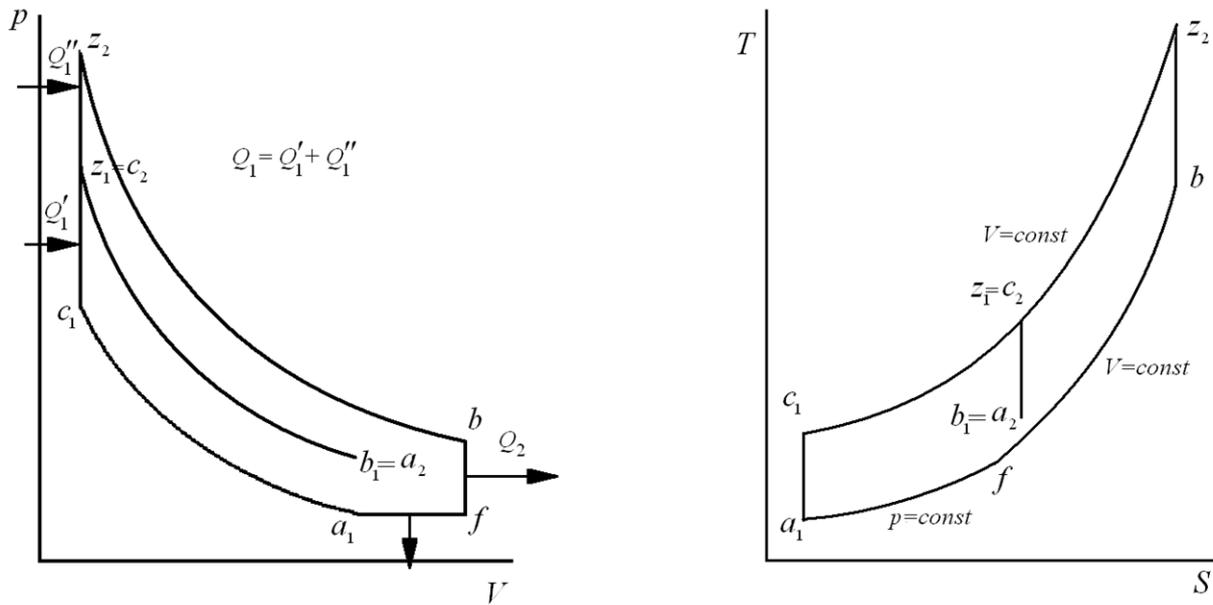


Рис. 2. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с подводом теплоты при постоянном объеме

Fig. 2. The scheme of the integrated ideal cycle of the six-cycle engine with constant volume heat supply

Если вся теплота в первом и втором процессах подводится только по изобаре, то получаем цикл сгорания при постоянном давлении, так называемый цикл постепенного сгорания (рис. 3).

В этом случае подводы теплоты при постоянном объеме отсутствуют, поэтому параметры $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$, тогда как $\rho_1 \neq \rho_2 \neq 1$.

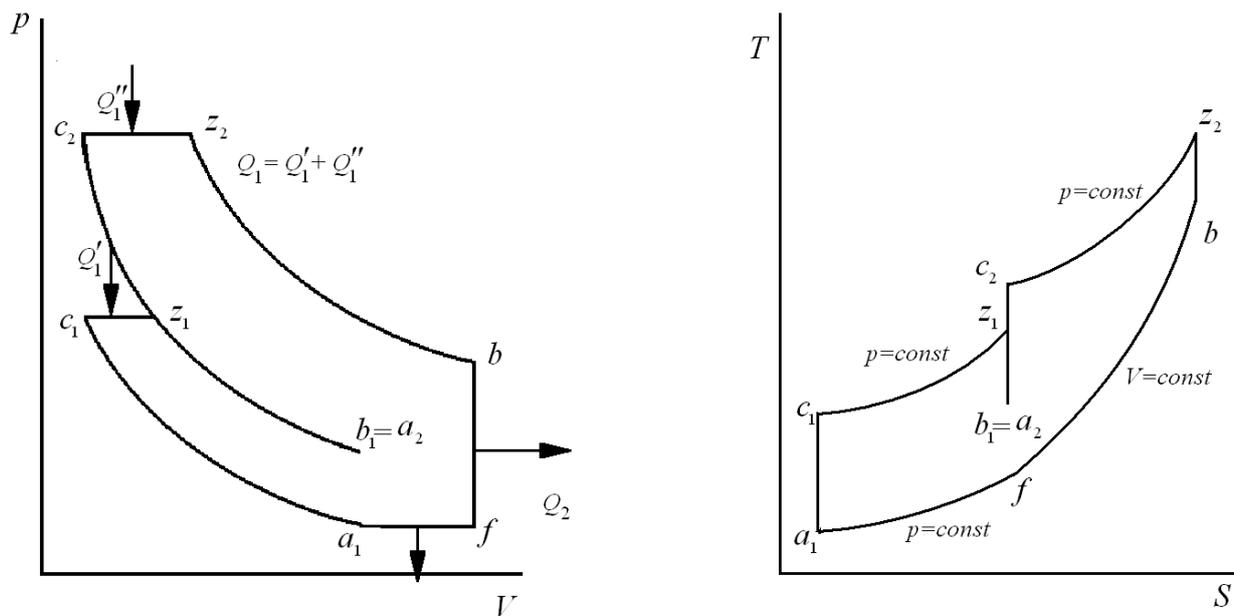


Рис. 3. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с подводом теплоты при постоянном давлении

Fig. 3. The scheme of the integrated ideal cycle of the six-cycle engine with constant pressure heat supply

Если вся теплота в первом процессе подводится по изохоре, а во втором процессе подводится только по изобаре, то получаем цикл сгорания со смешанным подводом теплоты, который аналогичен циклу подвода теплоты в простом ДВС. В этом случае $\rho_1 = 1$, $\rho_2 \neq 1$ и $\lambda_1 \neq 1$, а $\lambda_2 = 1$ (рис. 4).

Цикл со смешанным подводом теплоты в первом процессе и изобарным процессом подвода теплоты во втором процессе представлен на рис. 5.

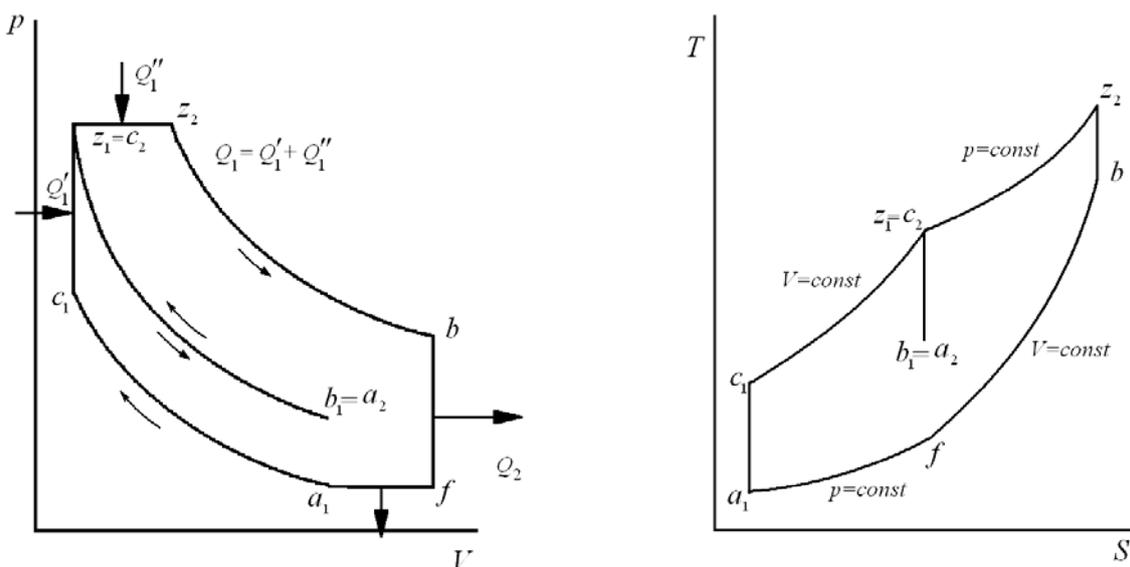


Рис. 4. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом подвода теплоты при постоянном объеме и со вторым процессом теплоты при постоянном давлении
 Fig. 4. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant volume and with the second process of heat supply by constant pressure

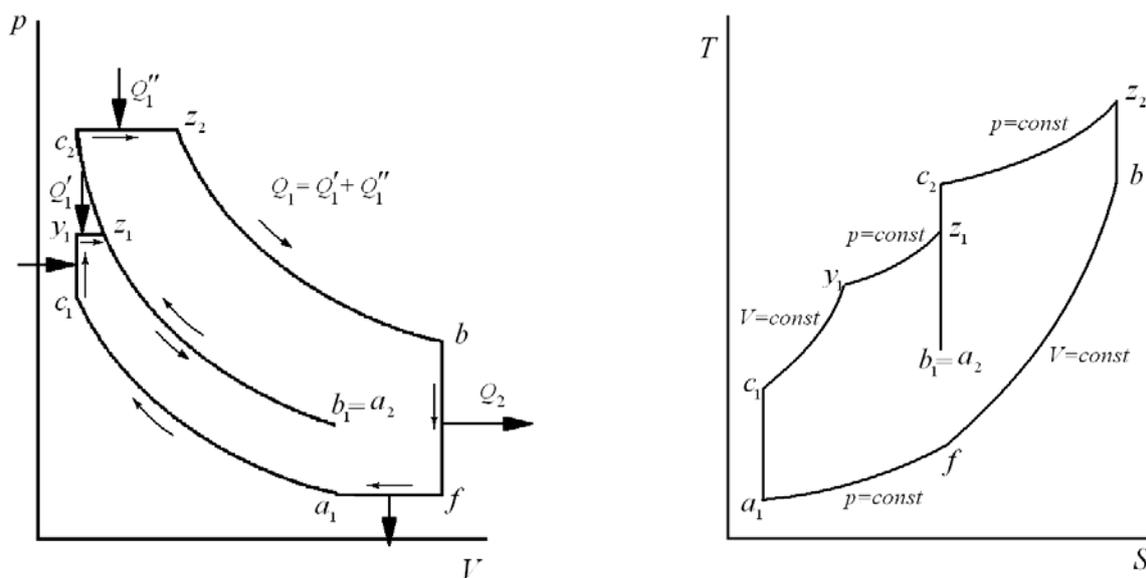


Рис. 5. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым смешанным процессом подвода теплоты и со вторым процессом теплоты при постоянном давлении
 Fig. 5. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the mixed first process of heat supply and with the second process of heat supply by constant pressure

В этом случае $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 \neq 1$ и $\lambda_1 \neq 1$, а $\lambda_2 = 1$.

Цикл со смешанным подводом теплоты в первом процессе и изохорным процессом подвода теплоты во втором процессе представлен на рис. 6.

В этом случае $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 = 1$ и $\lambda_1 \neq 1$, а $\lambda_2 \neq 1$.

Цикл с изохорным процессом подвода теплоты в первом процессе и со смешанным подводом теплоты во втором процессе представлен на рис. 7.

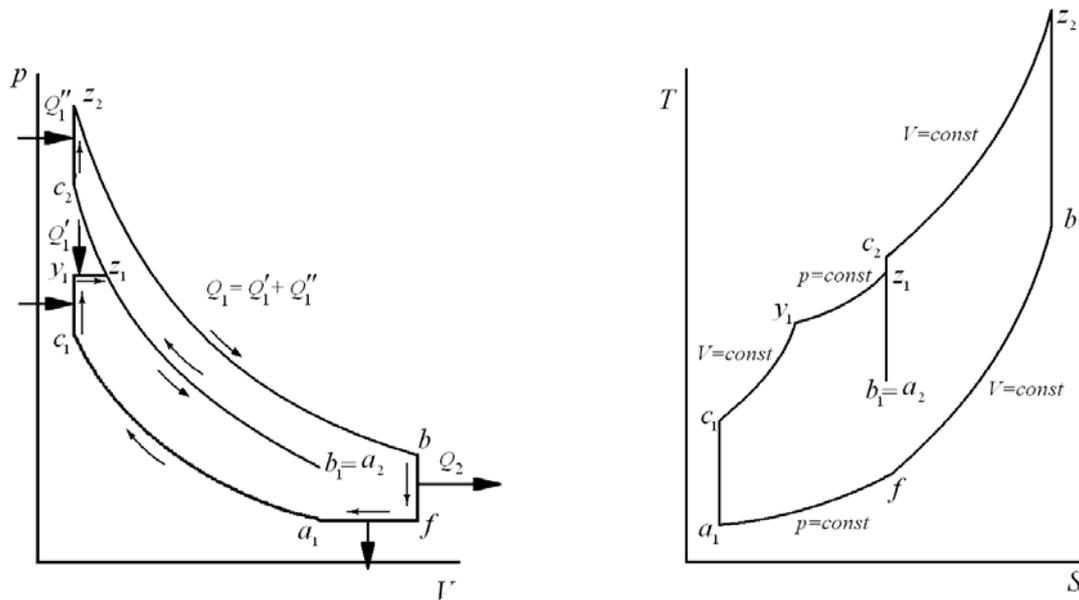


Рис. 6. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым смешанным процессом подвода теплоты и со вторым процессом теплоты при постоянном объеме

Fig. 6. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the mixed first process of heat supply and with the second process of heat supply by constant volume

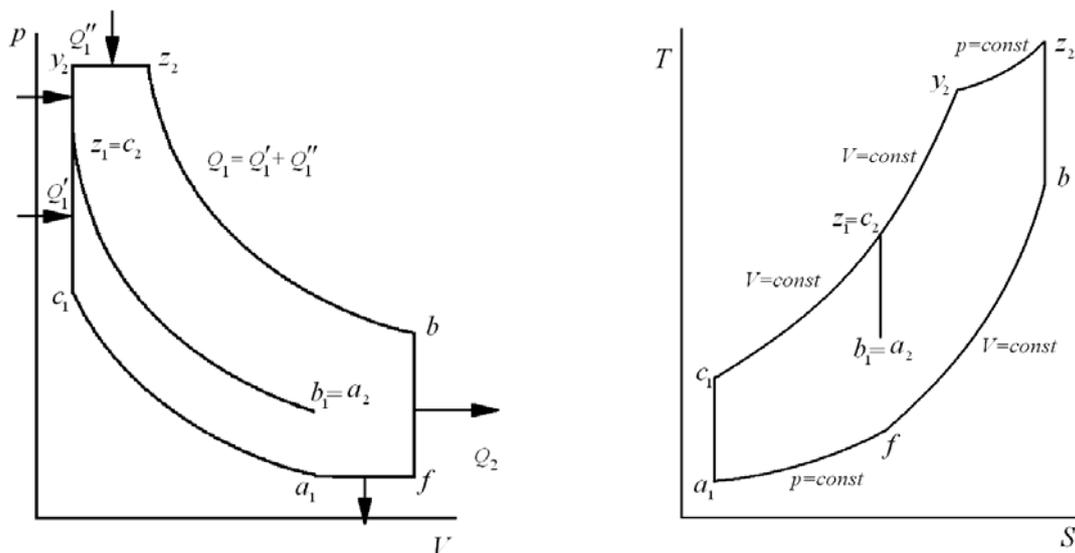


Рис. 7. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом теплоты при постоянном объеме и со смешанным вторым процессом подвода теплоты

Fig. 7. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant volume and with the second process of mixed heat supply

В этом случае $\rho_1 = 1, \rho_2 \neq 1$ и $\lambda_1 \neq 1, \lambda_2 \neq 1$.

Цикл с изобарным процессом подвода теплоты в первом процессе и со смешанным подводом теплоты во втором процессе представлен на рис. 8. В этом случае $\rho_1 \neq 1, \rho_2 \neq 1$ и $\lambda_1 = 1$, а $\lambda_2 \neq 1$.

Цикл с изобарным процессом подвода теплоты в первом процессе и с изохорным подводом теплоты во втором процессе представлен на рис. 9.

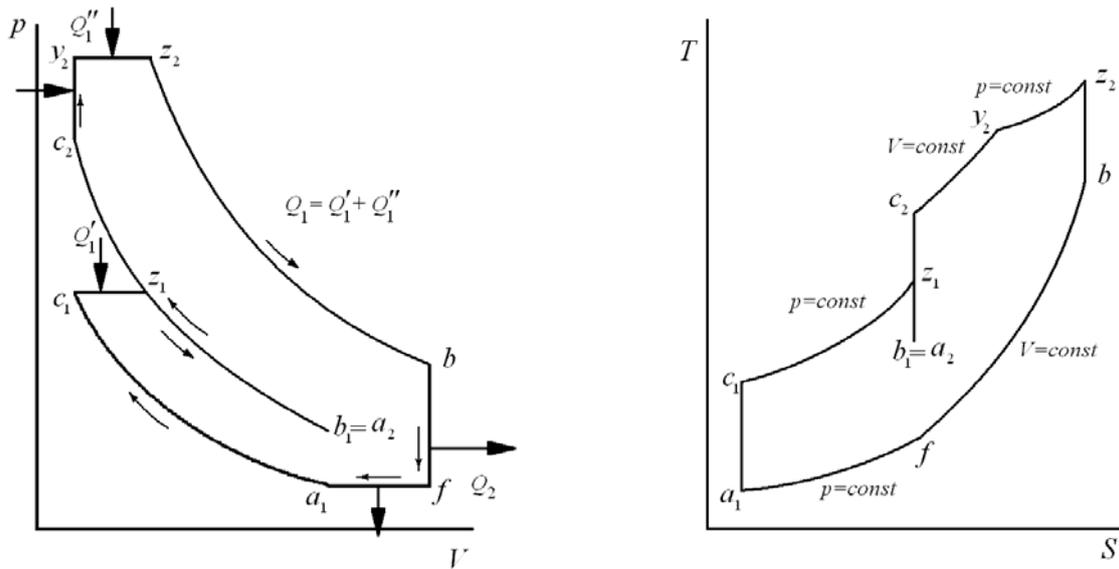


Рис. 8. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом теплоты при постоянном давлении и со смешанным вторым процессом подвода теплоты
 Fig. 8. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant pressure and with the second process of mixed heat supply

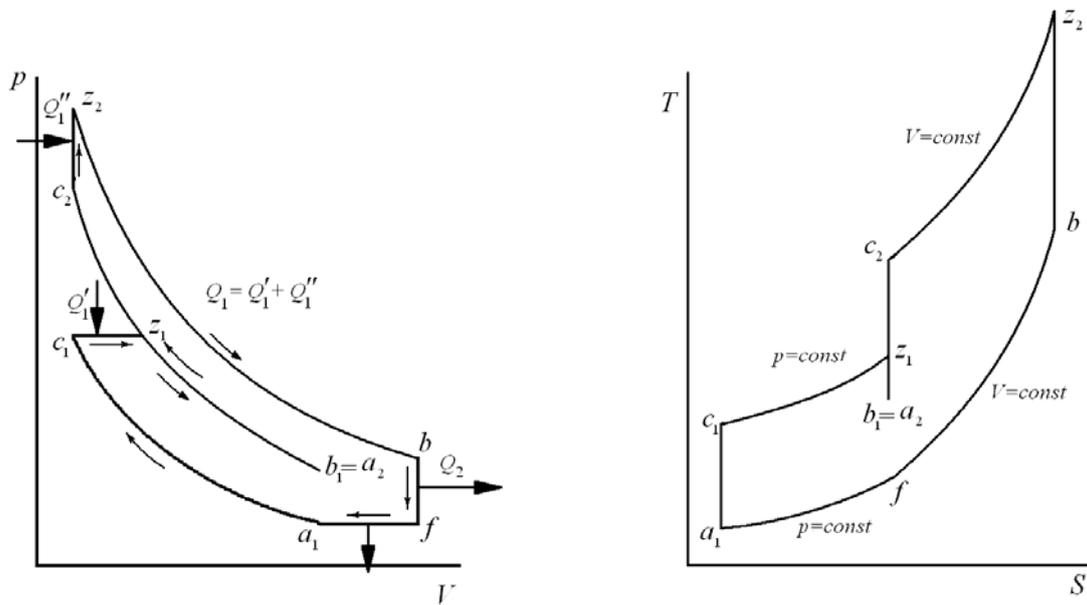


Рис. 9. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом теплоты при постоянном давлении и с изохорным вторым процессом подвода теплоты
 Fig. 9. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant pressure and with the second isochoric process of heat supply

В этом случае $\rho_1 \neq 1$, $\rho_2 = 1$ и $\lambda_1 = 1$, а $\lambda_2 \neq 1$.

В результате проведенного анализа установлено, что для обобщенного идеального цикла существует восемь частных случаев, обусловленных крайними условиями подвода теплоты в первом и втором процессах. Это определяют восемь неповторяющихся сочетаний в формуле теоретического КПД таких параметров цикла, как ρ_1 , ρ_2 , λ_1 и λ_2 . Их значения определяются количеством теплоты, подводимой в действительном процессе.

Эти все сочетания подлежат исследованию на предмет определения их значений с точки получения наивысшего КПД теоретического цикла шеститактного ДВС.

Список литературы

Ваншейдт В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания (теория). – Л.: Судпромгиз, 1950. – 391 с.

Сведения об авторе: Соболенко Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: sobolenko_a@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.95

Ю.А. Кутищева

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КУЛИНАРНЫХ ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МОЛОК ЛОСОСЕВЫХ РЫБ С МОРЕПРОДУКТАМИ

Разработана технология кулинарных формованных изделий из молок лососевых тихоокеанских рыб, позволяющая получать продукты с высокими пищевой ценностью и органолептическими показателями. Обосновано влияние концентрации молок лососевых рыб, соотношения основных компонентов, входящих в состав кулинарных формованных изделий. Разработаны рецептуры кулинарных формованных изделий.

Ключевые слова: *молоки лососевых тихоокеанских, кулинарные формованные изделия, соотношение основных компонентов кулинарных формованных изделий, рецептуры.*

U.A. Kutishcheva

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF CULINARY MOULDED ARTICLES FROM MILTS OF SALMON PACIFIC FISHES WITH SEAFOOD

The technology of culinary molded articles from milts of salmon Pacific fishes allowing to receive products with a high nutrition value and organoleptic indicators is developed. Influence of concentration of milts of salmons, ratios of the main components which are a part of culinary molded articles is proved. Compoundings of culinary molded articles are developed.

Key words: *milts salmon Pacific, culinary molded articles, ratio of the main components of culinary molded articles, compoundings.*

В Дальневосточном регионе к наиболее массовым промысловым объектам относятся тихоокеанские лососи. Пищевыми отходами, образующимися при разделке данного вида сырья, являются икра и молоки. Количество молок лососевых может составлять от 2 до 26 % к концу нерестового периода к массе сырца. Молоки лососевых рыб можно отнести к высокобелковому сырью, содержащему ценные биологически активные вещества (нуклеопротеиды, фосфолипиды, стерины, жирорастворимые витамины, полиненасыщенные жирные кислоты) [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В настоящее время круг промышленного использования молок ограничен. В основном их выпускают в мороженом виде, с последующей выработкой из них кулинарии и пресервов. Недостаточное использование этого вида сырья связано с отсутствием эффективных технологий его переработки. Поэтому разработка на основе молок новых видов продуктов, которые бы имели высокую пищевую и биологическую ценность, привлекательные органолептические характеристики, является перспективным направлением для развития рыбной отрасли.

В этой связи целью научно-исследовательской работы являлась разработка технологии кулинарных формованных изделий (биточков) из молок лососевых рыб с морепродуктами.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- обоснование влияния концентрации молок лососевых рыб на структурные и органолептические характеристики кулинарных формованных изделий;
- обоснование соотношения основных компонентов, входящих в состав кулинарных формованных изделий;
- разработка рецептур биточков из молок лососевых рыб;
- проведение оценки качества, пищевой и биологической ценности готовой продукции.

В качестве объектов исследования использовали молоки лососевых рыб мороженые ТУ 15-01261-95 «Молоки дальневосточных лососевых рыб мороженые»; рыбу мороженую ГОСТ 1168-86 «Рыба мороженая».

Для приготовления биточков из молок лососевых рыб с морепродуктами использовали гребешок ГОСТ 30314-95 «Филе морского гребешка мороженое. Технические условия»; креветки мороженые ГОСТ 20845-2002 «Креветки мороженые. Технические условия»; морковь свежую, соответствующую ГОСТ 1721-85 «Морковь столовая свежая заготавливаемая и поставляемая. Технические условия»; ГОСТ 1723-86 «Лук репчатый свежий заготавливаемый и поставляемый. Технические условия»; соль поваренную, соответствующую ГОСТ Р 51574-00 «Соль поваренная пищевая. Общие технические условия»; перец черный молотый, соответствующий ГОСТ 29050-91 «Пряности. Перец черный и белый. Технические условия»; ГОСТ 26574-85 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия».

В работе использовали химические, физико-химические, микробиологические и органолептические 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).

Энергетическую ценность продукции рассчитывали по методике А.А. Покровского.

Органолептические исследования проводились закрытым способом путем заполнения анкет, согласно которым оценивали внешний цвет, вкус, запах и консистенцию по рекомендации Т.М. Сафроновой [7].

Определение микробиологических показателей, отбор проб и обработку результатов микробиологических анализов проводили стандартными методами по ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ Р 52816-07, ГОСТ Р 52815-07, ГОСТ Р 52814-07, ГОСТ 29185, ГОСТ 10444.12-88, СанПиН 2.3.2 1078-01. При биологической оценке готовых продуктов использовали стандартные синхронизированные культуры инфузорий – вида *Tetrachimenapyrififormis*.

Для производства биточков использовали следующие виды основного сырья: молоки лососевые, рыбу мороженую (горбуша), гребешок, креветку. В качестве вспомогательных компонентов применяли лук, морковь, соль, перец черный молотый и муку пшеничную. Для обеспечения высоких органолептических показателей готовых изделий исследовали и подбирали рациональное соотношение вышеприведенных компонентов при производстве биточков.

При исследовании влияния концентрации молок лососевых рыб, вносимых в фаршевую смесь, на структурные и органолептические показатели фаршевой смеси установили, что предпочтительно использовать измельченные молоки лососевых в количестве от 45–50 %.

Использование молок лососевых в количестве менее 40 % приводит к появлению рыхлости структуры и резко выраженному рыбному запаху и вкусу, использование молок лососевых более 50 % сопровождается появлением жесткой, резиновой консистенции (табл. 1). Использование молок лососевых в указанных пределах позволяет обеспечить хорошую структуру фаршевой смеси и получить биточки с однородной, нежной и сочной консистенцией.

Таблица 1

Влияние концентрации молок лососевых рыб на структурные и органолептические характеристики формованных изделий

Table 1

Influence of concentration of salmonids Molo on structure and organoleptic properties of molded articles

Концентрация молок в фаршевой смеси, %	Консистенция	Запах	Цвет	Вкус
10	Очень рыхлая, неоднородная	Резко выраженный рыбный	Темно-кремовый	Резко выраженный рыбный
20	Рыхлая, неоднородная	Рыбный	Темно-кремовый	Рыбный
30	Менее рыхлая, однородная	Слабовыраженный, рыбный	Кремовый	Рыбный
40	Однородная, нежная	Белковый, с оттенком морепродуктов	Светло-кремовый	Белковый, сладковатый
50	Однородная, очень нежная	Белковый, с оттенком морепродуктов	Светло-кремовый	Белковый, сладковатый, с оттенком морепродуктов
60	Однородная, плотная, резинистая	Белковый, с оттенком морепродуктов	Светло-кремовый	Белковый, сладковатый, с оттенком морепродуктов

Измельченную ткань горбуши использовали с целью повышения нежности и сочности фаршевой смеси в количестве 5–15 %.

Введение мышечной ткани рыбы менее 5 % не обеспечивает требуемого эффекта повышения нежности и сочности готовых изделий, а количество мышечной ткани рыбы более 15 % приводит к появлению рыхлости структуры и ярко выраженному рыбному вкусу и запаху.

Муку добавляли для повышения водосвязывающей способности и вязкости фаршевой смеси в количестве 3–4 %.

Добавление муки менее 3 % не влияет на улучшение формуемости фаршевой смеси, превышение уровня муки более 4 % ведет к образованию более плотной консистенции и ухудшению органолептических показателей формованных изделий.

При приготовлении биточков сначала готовили единый фарш, состоящий из горбуши и молок лососевых, в полученную фаршевую смесь вводили кусочками морепродуктов (гребешок, креветку).

Экспериментально установлено, что рациональным является введение морепродуктов 20–25 % к массе фаршевой смеси. При добавлении морепродуктов менее 20 % не достигается гармоничного вкуса и запаха у биточков, увеличение количества морепродуктов более 25 % ведет к нарушению целостности биточков после обжаривания, образованию трещин на поверхности.

Важным критерием при производстве биточков является размер вводимых в фаршевую смесь морепродуктов. При введении кусочков морепродуктов менее 0,8 мм плохо выражен вкус морепродуктов, он сливается со вкусом других компонентов, увеличение размеров более 1,2 мм приводит к отделению кусочков от общей фаршевой смеси и нарушению целостности формованных изделий после обжаривания.

На основании полученных данных разработаны рецептуры кулинарных формованных изделий (биточков) с использованием молок лососевых. Рецептуры биточков из молок лососевых рыб представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Рецептуры формованных изделий с использованием молок лососевых рыб
(в кг на 100 кг готовой продукции)**

Table 2

**Formulations of molded articles with the use salmon milks
(kg per 100 kg of finished product)**

Наименование компонентов	Рецептуры			
	Биточки «Классические»	Биточки «Морское ассорти»	Биточки «Гребешковые»	Биточки «Креветочные»
Количество сырья, кг на 100 кг				
Молоки	45	40	45	45
Горбуша	40	10	20	20
Гребешок	-	25	20	-
Креветка	-	10	-	20
Лук	5	5	5	5
Морковь	5	5	5	5
Соль	0,7	0,7	0,7	0,7
Перец	0,15	0,15	0,15	0,15
Мука	4	4	4	4

Готовые биточки имели однородную структуру, с введенными в нее кусочками морепродуктов, нежную и сочную консистенцию, приятный гармоничный сладковатый вкус и белковый запах с оттенком морепродуктов.

Органолептические и физико-химические показатели биточков с использованием молок лососевых представлены в табл. 3.

Химический состав и энергетическая ценность биточков с использованием молок лососевых приведены в табл. 4.

По содержанию токсичных элементов готовая продукция удовлетворяет гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для данного вида продукции (табл. 5).

Таблица 3

Органолептические и физико-химические показатели формованных изделий

Table 3

The organoleptic and physico-chemical parameters of molded articles

Наименование показателей	Значение показателей с учетом погрешности
Внешний вид	Целые овальной формы, равномерные по величине
Готовность продукта	Прожарены до полной готовности, без признаков сырости
Консистенция	Плотная, упругая, сочная
Цвет	Свойственный изделию данного вида
Вкус и запах	Свойственные данному виду изделия, с ароматом и привкусом внесенных компонентов, без посторонних привкуса и запаха
Наличие посторонних примесей	Не обнаружено
Массовая доля поваренной соли, %	1,5±0,3
Массовая доля влаги, %, не более	65,1±0,7
Масса изделия, г	80,5

Таблица 4

Химический состав и энергетическая ценность формованных изделий из молок лососевых

Table 4

The chemical composition and energy value molded articles from salmon milts

Рецептуры	Белок, %	Липиды, %	Углеводы, %	Вода, %	Минеральные вещества, %	Энергетическая ценность, ккал/100 г
Биточки «Классические»	21,36	11,08	7,1	58,64	1,82	213,56
Биточки «Морское ассорти»	22,4	11,62	2,73	61,67	1,58	205,1
Биточки «Гребешковые»	20,70	13,16	8,31	55,86	1,97	234,48
Биточки «Креветочные»	17,89	12,02	6,92	61,45	1,72	207,42

Таблица 5

Содержание токсичных элементов в формованных изделиях из молок лососевых рыб

Table 5

The content of toxic elements in the molded articles from salmon milt

Наименование показателя	Нормативное значение показателей	Фактическое значение показателей с учетом погрешности
Токсичные элементы, мг/кг, не более:		
свинец	1,0	Ниже предела обнаружения
мышьяк	1,0	Ниже предела обнаружения
кадмий	1,0	Ниже предела обнаружения
ртуть	0,2	0,002±0,0003
Пестициды, мг/кг, не более:		
гексахлорциклогексан (α,β,γ-изомеры)	0,2	Ниже предела обнаружения
ДДТ и его метаболиты	2,0	Ниже предела обнаружения
Полихлорированные бифенилы, мг/кг, не более	2,0	Ниже предела обнаружения
Радионуклиды, Бк/кг, не более:		
цезий-137	130	5,4±2,7
стронций-90	100	3,0±1,5

По исследованию микробиологических показателей биточков установлено, что готовая продукция удовлетворяет гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для данного вида сырья (табл. 6) [8].

Содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в биточках из молок лососевых составляет $3 \cdot 10^1$ КОЕ/г, бактерии группы кишечной палочки (колиформы), *S. Aureus*, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, плесени и дрожжи обнаружены не были.

Относительную биологическую ценность (ОБЦ) биточков из молок лососевых рыб исследовали, используя методику А.Д. Игнатьева, согласно которой оценку биологической ценности проводили путем определения процентного соотношения количества жизнеспособных клеток *Tetrahymanarugiformis* (инфузории), выращенных на молочном и на исследуе-

мом субстрате. По величине полученного значения судили об ОБЦ исследуемого субстрата [9, 10]. Результаты исследований показали, что биологическая ценность биточков из молок лососевых рыб с морепродуктами составляет в зависимости от рецептуры 75–87 %.

Таким образом, на основании проведенных исследований разработана технология биточков из молок лососевых рыб, позволяющая получать формованные кулинарные изделия с высокой пищевой ценностью и органолептическими показателями, а также расширить ассортимент пищевых продуктов из данного вида сырья.

Таблица 6

**Микробиологические показатели формованных изделий
с использованием молок лососевых**

Table 6

Microbiological indicators molded articles with the use salmon milts

Наименование показателя	Нормативное значение показателей	Фактическое значение показателей с учетом погрешности
Микробиологические показатели: кМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$1 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^1$
БГКП (колиформы) в 1,0 г	Не допускаются	Не обнаружено
<i>S. aureus</i> в 1,0 г	Не допускается	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы в 25 г	Не допускаются	Не обнаружено
Плесени и дрожжи, КОЕ/г, не более	100	Не обнаружено

Список литературы

1. Богданов В.Д., Благоднравова М.В., Салтанова Н.С. Современные технологии производства соленой продукции из сельди тихоокеанской и лососевых: монография. – Петропавловск-Камчатский: Новая книга, 2007. – 240 с.
2. Кизеветтер И.В. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб Тихоокеанского бассейна. – Владивосток: Дальиздат, 1971. – 298 с.
3. Фосфолипиды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4846.html>. – Загл. с экрана.
4. Нуклеиновые кислоты / под ред. И.Б. Збарского. – М.: Мир, 1966. – 416 с.
5. Заленский, А.О. Сравнительное исследование протаминов лососевых рыб / А.О. Заленский, П.В. Буххольц, Р.Х. Ибрагимов // Цитология. – 1980. – Т. 22, № 6. – С. 727–729.
6. 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, 2010. – Ч. II. – С. 34–37.
7. Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбных продуктов. – М.: ВНИРО, 1998.
8. СанПиН 2.3.2. 1078–2001. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности сырья и пищевых продуктов. Санитарные эпидемиологические правила и нормативы. – М.: ФГУП «Интер СЭН», 2001.
9. Evans E., Carruthers S. Comparisons of protein used for estimating the growth of *Tetrahymena pyriformis* // J. Sei. Food and Agr. – 1978. – Vol. 29, № 8. – P. 703–707.
10. Friberg S., Larsson K., eds. Food emulsions 3 rd ed. – New York: Marcel Dekker, 1997.

Сведения об авторе: Кутищева Юлия Алексеевна, аспирант,
e-mail: uliy_a_6053@mail.ru

УДК 631.153

С.А. Ольховик, Э.Н. Ким

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

РАЗРАБОТКА КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА КОПЧЕНЫХ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ

В настоящее время наиболее перспективным является научное обоснование качества и безопасности копченых рыбных продуктов на всех этапах их жизненного цикла. Отсутствие единого методологического подхода формирования квалиметрической модели качества является большим барьером в обеспечении качества и безопасности копченых рыбных продуктов. Для обеспечения высокого качества копченых рыбных продуктов сформирована квалиметрическая модель качества и безопасности копченых рыбных продуктов на основе методологии структурирования функции качества.

Ключевые слова: квалиметрическая модель, копченые рыбные продукты, показатели качества.

S.A. Olkhovik, E.N. Kim

RATIONALE QUALIMETRIC QUALITY MODELS SMOKED PRODUCTS FROM HYDROBIONTS

Currently, the most promising is the scientific basis of quality and safety of smoked fish products at all stages of its life cycle. Absence of a common methodological approach forming qualimetric – quality model is smiling big barrier to ensure the quality and safety of smoked fish products. To ensure high quality smoked fish products from aquatic formed qualimetric model quality and safety of aquatic products smoked based on the methodology of structuring the quality function .

Key words: qualimetric model, smoked fish products , quality indicators.

Чрезвычайная конкуренция современного российского рынка ставит перед производителями копченой рыбной продукции важную задачу разработки ее широкого ассортимента, максимально отвечающего современным требованиям потребителя. В этом аспекте наиболее перспективным является научное обоснование качества и безопасности копченых рыбных продуктов на этапе проектирования с использованием методологии структурирования функции качества и построения квалиметрической модели [1, 2].

Однако в настоящее время отсутствует единый методический подход формирования квалиметрической модели качества пищевых продуктов. Известные методики имеют довольно общий характер [3] или относятся к прогнозированию показателей качества и безопасности других групп пищевых продуктов [2], что не позволяет использовать их для разработки нового ассортимента копченой продукции из гидробионтов. В связи с этим настоящие научные исследования, направленные на установление требований потребителей к качеству и безопасности копченых рыбных продуктов, определение номенклатуры показателей их качества и безопасности, разработку предложений по обеспечению ожидаемого качества продукции, являются актуальными.

Целью исследования является формирование квалиметрической модели качества и безопасности копченых рыбных продуктов на основе методологии структурирования функции качества, позволяющей максимально учесть потребительские предпочтения и установить объективный перечень и уровень показателей качества и безопасности копченых продуктов из гидробионтов.

Для решения поставленной цели необходимо:

- провести маркетинг современного рынка копченых продуктов из гидробионтов;
- разработать матрицу потребительских требований для копченых продуктов из гидробионтов;

- установить степень корреляции показателей потребительских требований с органолептическими, физико-химическими, структурно-механическими свойствами копченого продукта;
- разработать дерево показателей качества и безопасности копченых продуктов из водных биоресурсов и предложения по обеспечению ожидаемого качества продукции;
- построить квалиметрическую модель показателей качества и безопасности копченых продуктов из гидробионтов.

Результаты маркетинговых исследований позволили классифицировать копченую рыбную продукцию на 5 основных групп:

«продукция холодного копчения» – продукция, содержащая до 10 % соли и влаги 48–52 %, копильных компонентов до 2 %, имеющая ярко выраженную золотистую поверхность кожных покровов. Продукция холодного копчения хранится при температуре от 0 до -5 °С до 2 месяцев;

«продукция горячего копчения» – продукция, содержащая до 4 % соли и влаги 60–70 %, копильных компонентов до 2 %, имеющая цвет равномерный от светло-золотистого до коричневого. Продукция горячего копчения хранится при температуре -18 °С не более 30 суток;

«подкопченные продукты» – продукция в виде филе или филе-ломтиков с легким ароматом копчения;

«консервы из копченой рыбы» – к ним относятся консервы типа «шпроты» и консервы типа «рыба копченая в масле»; особенностью консервов является наличие операции горячего копчения на стадии предварительной термической обработки полуфабриката; обладает характерным цветом поверхности рыбы, запахом и вкусом продукции горячего копчения;

«пресервы» – к ним относят продукты с легким ароматом копчения, обработанные и герметично упакованные. Чаще всего это филе-ломтики в соусе с легким ароматом копчения.

Результаты проведенного социологического опроса позволили установить, что целевым потребителем копченых рыбных продуктов являются мужчины и женщины в возрасте от 16 до 60 лет, живущие в мегаполисе. Социологические исследования позволили выявить показатели потребительских предпочтений. На примере рыбы холодного копчения методом попарного сопоставления определены коэффициенты весомости наиболее важных показателей потребительских предпочтений для копченых продуктов из водных биоресурсов и проведено их ранжирование (рис. 1).

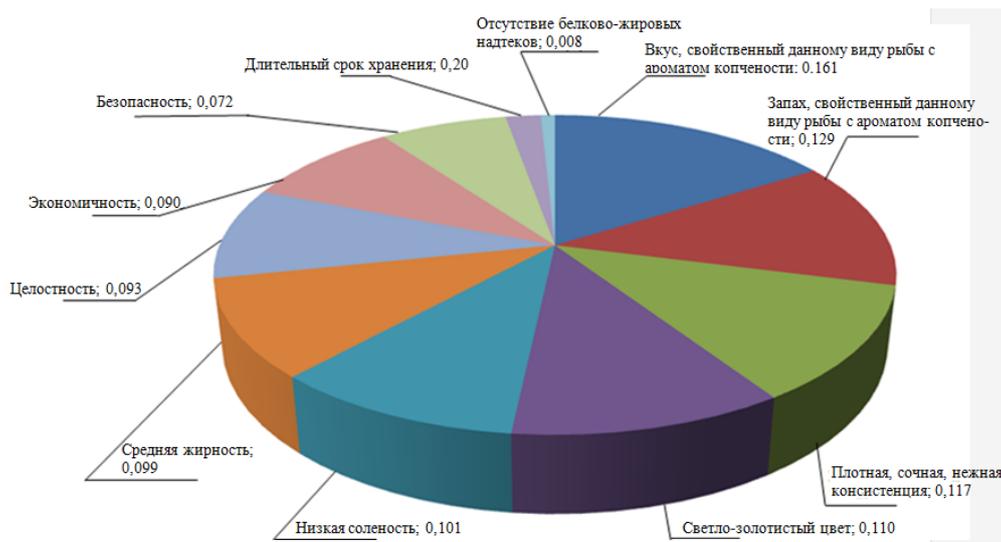


Рис. 1. Диаграмма коэффициентов весомости показателей потребительских предпочтений для копченых продуктов из водных биоресурсов

Fig. 1. Diagram of the coefficients weighting indicators of consumer preferences for smoked products of living aquatic resources

Анализ результатов исследований позволил установить важную роль показателей, имеющих высокие значения коэффициентов весомости: таких как вкус, приятный запах, плотная, сочная, нежная консистенция, цвет (равномерность окраски), соленость, жирность, целостность (без трещин и повреждений), высокая экономичность и безопасность.

Для перевода показателей потребительских предпочтений, выраженных на «языке потребителей», в количественно измеряемые показатели, т.е. на «язык технологов», проведено структурирование функции качества, включающее в себя следующие этапы: построение корреляционной матрицы или так называемой «крыши дома» с использованием данных корреляционного анализа, проведение оценки качества продукции конкурентов и степени удовлетворенности потребителей их продукцией, установление планируемых значений показателей качества копченых рыбных продуктов и формирование матрицы первого уровня – матрицы потребительских требований (рис. 2).

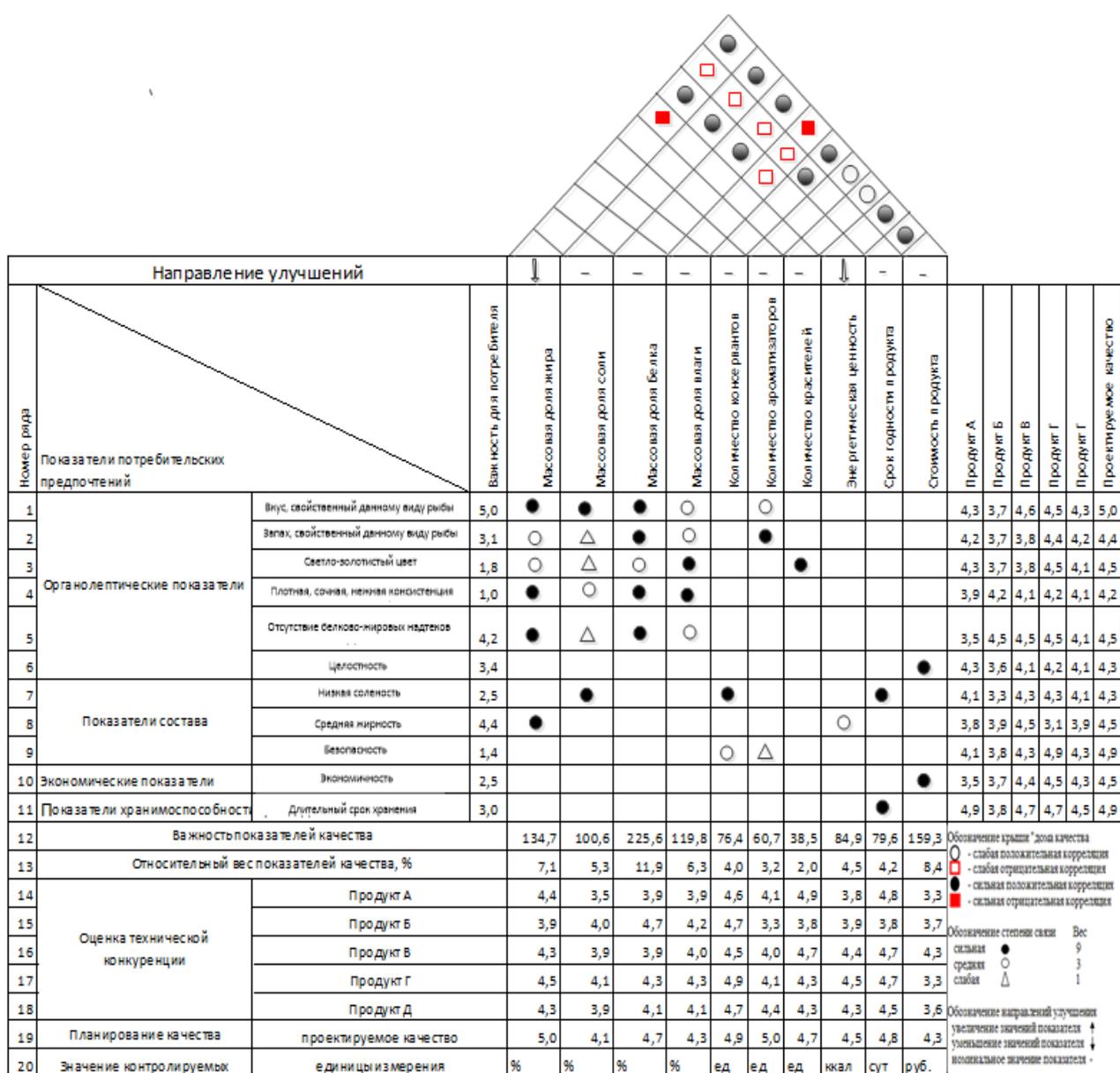


Рис. 2. Матрица потребительских требований копченых продуктов из водных биоресурсов
 Fig. 2. Matrix consumer demands smoked products of living aquatic resources

В результате анализа матрицы первого уровня выбраны 11 целевых показателей и спрогнозировано направление их изменения для достижения ожидаемого качества продукции. Таким образом, матрицы потребительских требований к копченым продуктам из водных биоресурсов позволяют обеспечить направленное улучшение показателей качества проектируемой продукции.

В соответствии с ГОСТ ISO 9000-2011 [4] качеством называют совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности, т.е. оценка качества продукции предполагает установление соответствия ее требованиям нормативной и технической документации, требованиям безопасности и удовлетворению желаний потребителей.

Требования к нормируемым идентификационным показателям качества копченых продуктов из водных биоресурсов установлены в ГОСТ Р 51293-99 [5], ГОСТ 11482-96 [6], ГОСТ 7447-97 [7]. Показатели безопасности и их предельно допустимые уровни для копченых продуктов из водных биоресурсов установлены требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [8].

Установленный перечень показателей безопасности копченых продуктов и идентификационных показателей систематизирован и отражен в дереве показателей качества и безопасности копченых продуктов из водных биоресурсов (рис. 3).

Согласно методологии его построения качество продукта является показателем 0-го (высшего) ранга и может иметь численное значение от 0 до 1. К показателям 1-го ранга относятся 3 группы показателей: идентификационные, показатели потребительских предпочтений и показатели безопасности копченых продуктов из водных биоресурсов, которые формируются из комплексных показателей 2-го ранга, составляющих иерархическую структуру единичных показателей 3-го ранга.

На основании результатов проведенных исследований предложена формула комплексного показателя качества копченых продуктов из водных биоресурсов, учитывающая показатели безопасности и идентификационные показатели как «коэффициенты вето». В предложенной формуле, в случае если показатели безопасности неудовлетворительны, то качество продукции при всех прочих равных условиях является нулевым, т.е. продукт нельзя использовать по назначению.

При условии несоответствия фактических значений идентификационных показателей качества требованиям нормативной и технической документации качество продукции равно нулю, так как в соответствии с ФЗ «О защите прав потребителей» и ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» нарушаются права потребителя [9, 10].

В связи с этим предложена следующая расчетная формула комплексного показателя качества копченых рыбных продуктов:

$$K = \prod_{j=1}^m k_{aj} \cdot \prod_{z=1}^n k_{bz} \cdot \sum_{i=1}^f M_{ci} \cdot k_{ci},$$

где k_{aj} и k_{bz} – показатель безопасности j -го свойства и идентификационный показатель z -го свойства, представляющие собой «коэффициенты вето», т.е. переменную, равную 0 (при несоответствии установленным требованиям) или 1 (при соответствии установленным требованиям); M_{ci} – коэффициент весомости i -го показателя потребительских предпочтений; k_{ci} – относительный показатель качества i -го показателя потребительских предпочтений, выявленный в результате анкетирования.

Таким образом, проведенные исследования позволили сформулировать квалиметрическую модель качества и безопасности копченой рыбной продукции в виде комплексного по-

казателя качества и безопасности, максимально учитывающий потребительские предпочтения и позволяющий прогнозировать качество и безопасность не только готовой продукции, но и изменение его в процессе технологической обработки, хранения, транспортировки и потребления.

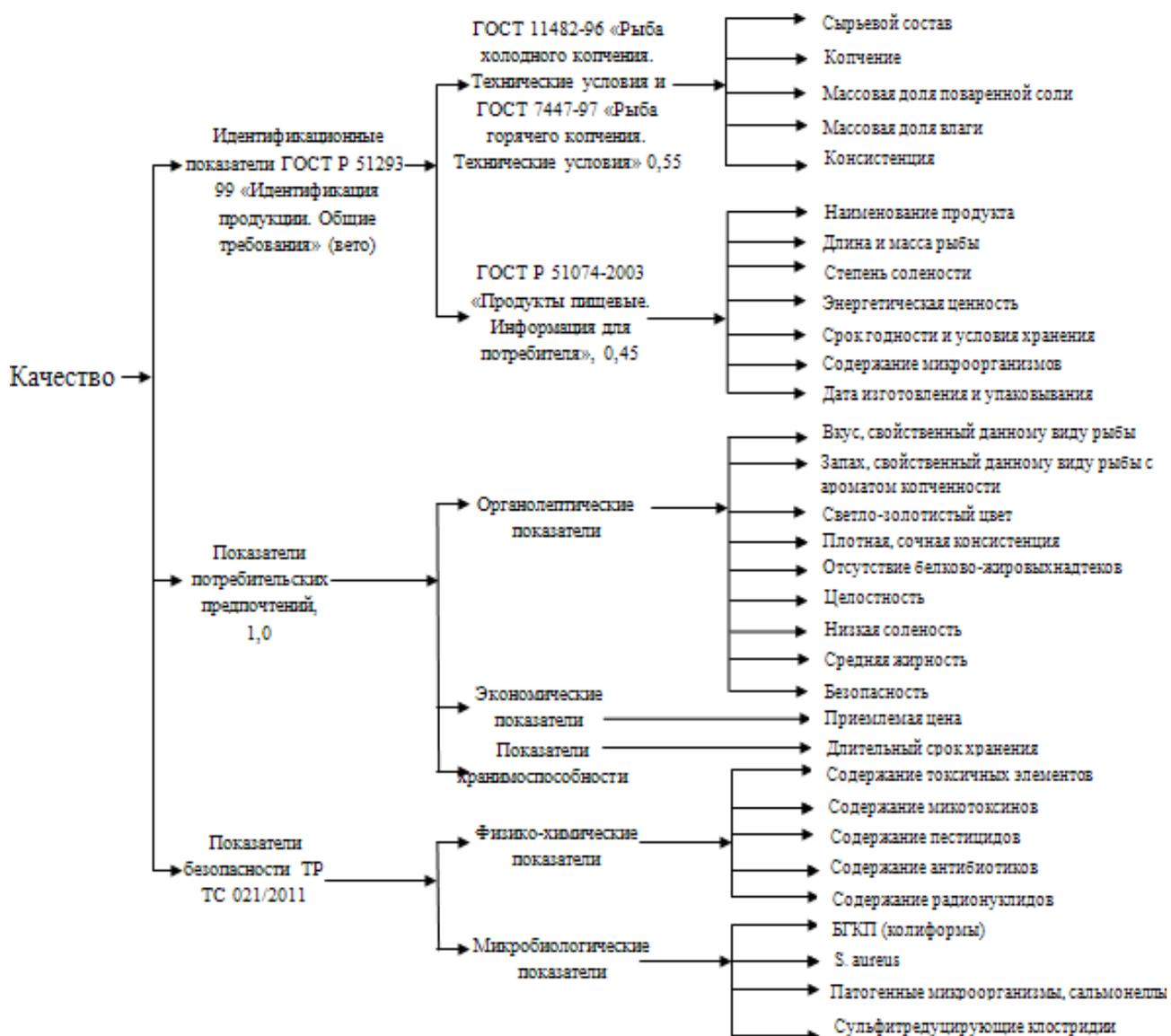


Рис. 3. Дерево показателей качества и безопасности копченых продуктов из водных биоресурсов
Fig. 3. Wood quality and safety of smoked products of living aquatic resources

Список литературы

1. Дунченко, Н.И. Квалиметрическая оценка качества продуктов на основе творога / Н.И. Дунченко, В.С. Янковская // Перспективные нано- и биотехнологии в производстве продуктов функционального назначения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2007. – С. 91–92.
2. Калугина, Т.Г. Квалиметрическая модель комплексной оценки качества деятельности образовательных систем / Т.Г. Калугина, Н.Г. Корнещук, Г.Ш. Рубин / Магнитогорский

государственный университет // Междунар. журн. экспериментального образования. – 2009. – № 5.

3. Дунченко Н.И. Научные и методологические подходы к управлению качеством пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 3.

4. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2013.01.01. – М.: Госстандарт России, 2001.

5. ГОСТ Р 51293-99. Идентификация продукции. Общие положения. Введ. 2000.01.01. – М.: Госстандарт России, 1999.

6. ГОСТ 11482-96. Рыба холодного копчения. Технические условия. Введ. 1998.01.01. – М.: Стандартинформ, 1998.

7. ГОСТ 7447-97. Рыба горячего копчения. Технические условия. Введ. 1999.01.01 – М.: Стандартинформ, 1999.

8. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. Утв. 2011.12.09 решением комиссии Таможенного союза № 880.

9. Федеральный закон от 07.02.1992 г. № 2300 – 1 (ред. 05.05.2014 г.) «О защите прав потребителей».

10. Федеральный закон от 02.01.2000 г. № 29-ФЗ (ред. 19.07.2011 г.) «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

Сведения об авторах: Ольховик Светлана Андреевна, аспирант,
e-mail: olkhovik_sv03@mail.ru;

Ким Эдуард Николаевич, доктор технических наук, профессор,
e-mail: kiman@mail.ru.

УДК 658:664

С.Г. Сон, Э.Н. Ким

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ

Проведен анализ методических подходов к проектированию пищевых продуктов на основе современных методов управления качеством. Предложен алгоритм проектирования рыбных продуктов, включающий идентификацию требований потребителя. Разработана методика идентификации требований потребителя при проектировании рыбных продуктов.

Ключевые слова: проектирование, пищевые продукты, требования потребителей, показатели качества, целевой сегмент, диаграмма аффинности, матрица приоритетов, дом качества.

S.G. Son, E.N. Kim

IDENTIFICATION CUSTOMER REQUIREMENTS AT DESIGN FISH PRODUCTS

The article analyzes the methodological approaches to the design of food products based on modern methods of quality management. An algorithm design fish products, including the identification of. The technique of identifying user requirements for the design of fish products.

Key words: design, food, customer requirements, quality indicators, target segment, affinity diagram, matrix priorities, House of Quality.

Разработка новой продукции составляет важнейшую часть стратегии роста для производственных предприятий. В условиях высокой конкурентной борьбы и быстрой изменчивости рынка для производителей не является достаточным выпускать продукт, отвечающий нормативным требованиям. Для достижения и сохранения конкурентного преимущества необходимо выявить потребности покупателей и воплотить их методом развертывания функции качества в продукте быстрее других участников рынка.

Таким образом, ключевым моментом в проектировании конкурентоспособной рыбной продукции является идентификация требований потребителя. Однако в научном обосновании новых пищевых продуктов редко предварительно определяются требования потребителей, чаще всего проводится анкетирование ограниченной группы потребителей, результаты которого используются только для качественного сравнения при выборе того или иного показателя качества. Исходя из этого, тематика проведенных исследований является достаточно актуальной.

Цель и задачи исследования. Целью работы являлась создание методики идентификации требований потребителя при проектировании рыбных продуктов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить современные методы и инструменты менеджмента качества и исследовать проблему их применения для разработки пищевых продуктов;
- разработать алгоритм идентификации требований потребителя при проектировании рыбных продуктов;
- идентифицировать требования потребителя при проектировании сушеной продукции.

При создании новых пищевых продуктов зачастую используют неэффективные и неактуальные методы проектирования: методы последовательного и «слепого» (проб и ошибок) проектирования, затратные как по времени, так и по средствам, совершенно не гарантирующие успех нового пищевого продукта у потребителя [1].

Наиболее перспективным методом проектирования продуктов питания является модульная технология клиентно-ориентированного проектирования продуктов питания [2].

Данный метод включает несколько блоков, при правильной реализации которых выпускается продукт с высокими потребительскими характеристиками, в небольшие сроки при умеренных затратах на допроизводственную стадию жизненного цикла продукции.

При проектировании продуктов питания таким методом ключевым фактором успеха является идентификация требований потребителя к пищевому продукту. С этой целью определяется целевой потребитель, создаются целевые фокус-группы для создания анкет, проведения опроса и обработки полученных данных, экспертные группы для генерирования идей, осуществляются идентификация и структурирование требований потребителей, создание итоговой концепции. Для определения целевого рынка и сегмента исследуются количественные и качественные показатели рынка, определяются емкость, доступность, перспективность и прибыльность выбранного сегмента.

Для идентификации требований потребителя предложен следующий алгоритм действий:

1. Провести маркетинговые исследования по определению целевого сегмента рынка.
2. Выявить требования потребителя к продукции.
3. Разработать диаграмму аффинности с применением созданной матрицы голоса потребителя.
4. Структурировать и ранжировать требования потребителя, предъявляемые к продукции.
5. Провести корреляцию требований потребителя с техническими характеристиками продукции.

При проектировании пищевых продуктов целесообразно использовать сегментирование по демографическому принципу. Разбивку рынка на группы целесообразно осуществлять на основе демографических переменных, таких, как пол, возраст, размер семьи, этап жизненного цикла семьи, уровень доходов, род занятий, образование, религиозные убеждения и национальность. Это связано с тем, что потребности и предпочтения, а также интенсивность потребления товара часто тесно связаны с демографическими признаками. Кроме того, демографические характеристики легкого большинства других типов переменных поддаются замерам.

Целевой сегмент – это один из сегментов рынка, выбираемый в качестве основного. Целевым должен быть выбран сегмент, являющийся таковым по нескольким критериям (не обязательно всем), которые считаются при проектировании наиболее значимыми в данный период времени. Важно помнить, что лишь в редких случаях можно определить целевой сегмент с помощью одного критерия [3]. Наиболее распространенными критериями определения целевого сегмента являются:

1. Размеры (емкость) сегмента.
2. Доступность сегмента для предприятия.
3. Перспективность сегмента.
4. Доходность или рентабельность сегмента.
5. Уровень конкуренции в сегменте.
6. Эффективность работы на выбранном сегменте рынка.
7. Соответствие выбранного сегмента миссии и целям компании.

Потребителям необходима продукция, характеристики которой удовлетворяли бы их потребности и ожидания. Исходя из этого, ключевым моментом проектирования пищевых продуктов является идентификация требований потребителя, которые и должны закладываться в количественной форме в технических условиях на продукцию [4].

При идентификации требований потребителя такой процесс, как выявление требований потребителя к продукции является важнейшим, так как без него нельзя говорить о клиентно-ориентированном проектировании.

Данный процесс проводится в два этапа. На первом этапе проводится сбор массива информации касательно требований потребителя к продукции. Для этого используют как первичные, так и вторичные источники данных. К первичным данным относится информация, полученная непосредственно от потребителя разнообразными методами. К таким методам от-

носятся анкетирование, опрос, интервью, Retail Audit и т.д. [5]. При выполнении этого этапа требования потребителя постоянно конкретизируются путем анкетирования специально созданных фокус-групп. К вторичным данным относится достоверная информация, уже полученная ранее с помощью исследований, а также информация, полученная в результате анализа патентной и нормативной документации на продукцию, близкую по тем или иным критериям к проектируемой. Использование патентной документации производится из-за недостатка методов сбора первичной информации, поскольку они ограничены анализом только внутреннего рынка. Помимо того, потребитель, подвергнутый анкетированию и опросам, формулирует требования к продукции, исходя из существующего, субъективного представления о данной продукции без учета перспектив ее развития. Проектировщик продукции, который нередко является ее потребителем, способен предвидеть и сформулировать перспективные требования к данной продукции [6].

На втором этапе выявления требований потребителя производится анализ данных, полученных на первом этапе с построением матрицы «голос потребителя». В матрице указываются высказанные требования потребителя, с их переводом на более «технологический» язык.

Данные матрицы «голос потребителя» используются для построения диаграммы аффинности. Диаграмма аффинности – это инструмент для эффективной организации информации посредством классификации идей или требований. Она помогает генерировать или собирать большое количество идей или требований, сортировать и выделять их [7]. Как инструмент группировки информации при идентификации требований потребителя, это дает возможность уменьшить множество требований потребителей, предъявляемых к продукции, и не распылять внимание на огромный объем неструктурированной информации.

Множество данных, объединенных в группы с помощью диаграммы аффинности, необходимо структурировать и ранжировать для максимальной реализации групп требований с наивысшим приоритетом в характеристиках проектируемой продукции.

Использование древовидной диаграммы позволяет наглядно представить сгруппированные требования потребителя к продукции.

Приоритет определенного требования потребителя определяется путем составления матрицы приоритетов, для этого создаются экспертная группа и фокус-группа.

Матрица приоритетов – это инструмент, с помощью которого можно ранжировать по степени важности данные и информацию, полученную в результате матричных диаграмм. Ее применение позволяет выявить важные данные в ситуации, когда нет объективных критериев для определения их значимости или когда люди, вовлеченные в процесс принятия решения, имеют различные мнения по поводу приоритетности данных.

Основное назначение матрицы приоритетов – это распределение различных наборов элементов в порядке значимости, а также установление относительной важности между элементами за счет числовых значений.

Выделяют три метода построения матричной диаграммы:

- аналитический;
- определения критериев на основе консенсуса;
- матричный.

Выбор того или иного метода зависит от способа определения критериев, по которым оценивается приоритетность данных, количество приоритетов, степени взаимосвязанности приоритетов и т.д.

После ранжирования требований потребителя при проектировании продукции остается вопрос: как именно их воплощать в продукции? Для этого используют инструмент управления качеством – «дом качества». Данный инструмент позволяет провести корреляцию между требованиями потребителя и техническими характеристиками продукции, попутно определяя их важность [8].

В результате идентификации требования потребителя при проектировании продукции на выходе мы получаем технические характеристики продукции, при правильной реализации которых получаем продукт с высоким потребительским спросом.

Алгоритм идентификации требований потребителя был реализован на примере проектирования продукции из трепанга.

Используя данные, полученные при маркетинговых исследованиях отечественного рынка, был определен целевой потребитель сушеного трепанга в виде порошка, анкетирование дало возможность выявить требования, предъявляемые к данной продукции.

Данные анкетирования отражены в матрице «голос потребителя», часть которой представлена в таблице.

Анализ матрицы «голос потребителя» позволил построить древовидную диаграмму, структурирующую требования потребителя (рис. 1).

Требования потребителя разделены на 3 группы – высказанные, подразумеваемые и неосознанные. На практике нередко случаи, когда невысказанные требования обладали наибольшей важностью. Высказанные и подразумеваемые требования необходимо в максимальной степени отразить в проектируемой продукции, для удовлетворения потребителя в настоящее время. Неосознанные требования к продукции необходимо учитывать с целью предвосхищения потребностей потребителя. В перспективе это поможет удержаться на занятом рынке продукции. Исходя из этого, представляется необходимым максимально учитывать последние 2 группы требований.

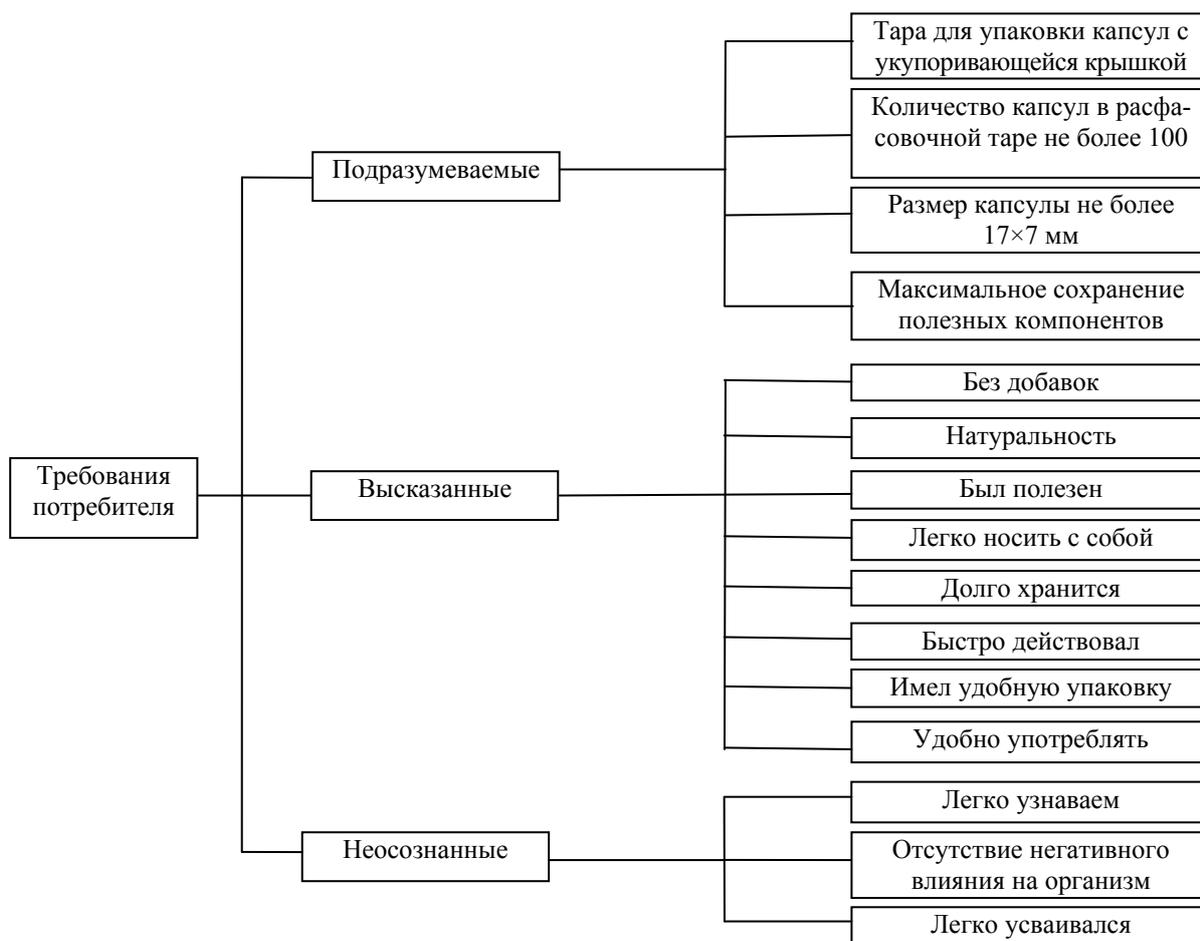


Рис. 1. Древовидная диаграмма требований потребителя
Fig. 1. The tree diagram of customer requirements

Матрица «голос потребителя» к капсулированному порошкообразному продукту из трепанга
Matrix «voice of the customer» to capsulated powdered products of sea cucumber

№ респондента	Пол	Возраст	Род занятий	Цель пользования	Где употребляют	Когда употребляют	Голос потребителя	Возможность удовлетворения потребностям	Требование потребителя
1	М	45	Моряк	Повышение уровня иммунитета	Во время еды	Во время заготовок	Быстро действовал и был полезен	Неэффективность при употреблении	Сохранность полезных веществ сырья
2	Ж	56	Индивидуальный предприниматель	Повышение устойчивости организма вредным факторам	Дома	Сезонно (весной, осенью)	Продукт долго хранился и был пригоден в условиях хранения	Продукт испортился во время срока годности	Длительный срок годности
3	М	50	Бухгалтер	Восполнение недостатка микро- и макроэлементов	Дома	Промежутокми	Продукт был натуральным	Добавление дополнительных веществ	Без добавления консервантов и красителей
4	М	50	Бизнесмен	Положительное воздействие на репродуктивную систему	В удобное время	Всегда	Поддержание в тонусе репродуктивной системы	Неэффективность при употреблении	Сохранность полезных веществ сырья
5	М	53	Директор предприятия	Профилактика сердечнососудистых заболеваний	Дома	В удобное время	Видимость результата «на лицо»	Негативное влияние на организм потребителя	Эффективность от употребления продукта
6	Ж	49	Врач	Профилактика онкологических заболеваний	На работе	Сезонно (весной, осенью)	Легко употреблять и носить с собой	–	Легкость употребления
7	М	48	Моряк	Поддержание организма в тонусе	В удобное время	Всегда	Чтобы можно было долго и удобно хранить	Неэргономичная упаковка	Удобная упаковка для хранения

Требования потребителя, представленные на древовидной диаграмме, были расставлены по приоритетам (рис. 2). Для этого использовали экспертный метод полного попарного сопоставления. В результате сопоставления наиболее важным требованием потребителя оказалось невысказанное им при анкетировании требование к максимальному сохранению полезных компонентов сырья.

В результате анализа анкетных данных и разработанных диаграмм был построен «дом качества», представленный на рис. 3. Это позволяет провести корреляцию требований потребителя, предъявляемых к продукции из трепанга, с техническими характеристиками продукта, а также установить взаимосвязь между характеристиками продукции.

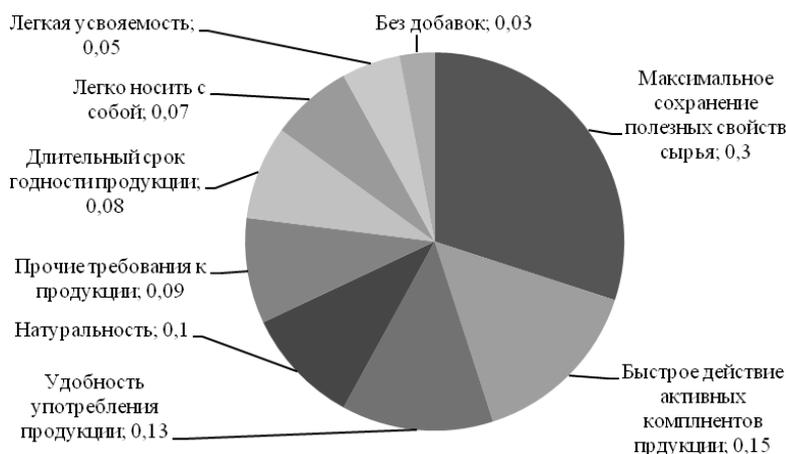


Рис. 2. Приоритезированные требования потребителя
Fig. 2. Prioritize customer requirements

Обозначение связи		Вес									
	сильная	9									
	средняя	3									
	слабая	1									
	положительная корреляция										
	отрицательная корреляция										
№ п/п	Технические требования продукции	Весовый для потребителя	Массовая доля влаги	Массовая доля белка	Количество макроэлементов	Количество микроэлементов	Количество гликозидов	Количество МО	Срок годности	Степень глянцевности	Размер капсул
	Требования потребителя										
1	Максимальное сохранение полезных свойств сырья	5		△	●	●	●				
2	Быстрое действие активных компонентов продукции	4,5		△	△	△	△			△	
3	Удобность употребления продукции	3,8								△	●
4	Натуральность	3,9									
5	Длительный срок годности продукции	4	●					●	●		
6	Легко носить с собой	2,9									△
7	Легкая усвояемость	2,6		△						△	△
8	Единицы измерения		%	%	мг/кг	мг/кг	мг/кг	кoe	мес	нм	мм
9	Абсолютная важность		36	36,3	58,5	58,5	58,5	36	36	32,7	50,7
10	Относительная важность (%)		8,93	9,00	14,51	14,51	14,51	8,93	8,93	8,11	12,57

Рис. 3. Дом качества
Fig. 3. House of Quality

Таким образом, использование современных методов управления качеством позволяет установить требования потребителя к уровню качества продукции, определить параметры, характеризующие ее качество, что позволяет не только проектировать и выпускать продукцию, в максимальной степени удовлетворяющую требованиям потребителя, что, в конечном итоге, повышает конкурентоспособность отечественных производителей.

Список литературы

1. Сон С.Г., Ким Э.Н. Методические подходы к проектированию продуктов питания // Международная научно-техническая конференция «Инновации и современные технологии пищевых производств», 14–15 ноября 2013 г. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. – С. 349–353.
2. Матисон В.А., Кантере В.М. Модульная технология клиентно-ориентированного конструирования продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2012. – № 5. – С. 49–53.
3. Воробьев В.П. Оптимизация здравого смысла // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 11. – С. 19–24.
4. Матисон В.А. Клиентно-ориентированное проектирование продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 8–11.
5. Голубков Е. П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика // М.: Изд-во «Финпресс». – 2003. – 496 с.
6. Прямов О.К. Эффективный метод определения требований потребителей к продукции // От идеи до патента. – 2014. – № 11. – С. 15–17.
7. Драган З. Милошевич. Набор инструментов для управления проектами. – М.: Компания АйТи, 2008. – 729 с.
8. Матисон В.А. Применение метода развертывания функции качества для конструирования продукта в пищевой промышленности // Пищ. пром-сть. – 2012. – № 4. – С. 44–45.

Сведения об авторах: Сон Станислав Григорьевич, аспирант, e-mail: ozzi013@mail.ru;
Ким Эдуард Николаевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: kiman@mail.ru;

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 556 : 626 / 627

Д.Ю. Проскура, Ю.Г. Капустина, А.А. Арутюнян

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

ИНЖЕНЕРНЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ

Защита жилых объектов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий и инфраструктуры от сезонных, техногенных, паводковых и других видов наводнений имеет очень важное значение в современном мире.

Службы МЧС имеют в своем арсенале большое количество технических средств для борьбы с наводнениями и резким повышением уровня воды в водоемах различного назначения, основное место среди технических средств занимает тяжелая спецтехника для ремонта гидротехнических дамб, возведения новых или наращивания существующих грунтом или различными бетонными конструкциями. Такой метод эффективен в местах, где прогнозируются возможные катаклизмы и гидротехнические сооружения возводятся превентивно. Но в местах, где изначально не предвиделось наводнение или опасный подъем воды, такие методы не всегда эффективны. Предлагаемые инженерные решения борьбы с наводнениями и защиты объектов различного назначения имеют ряд преимуществ перед традиционными: мобильность, быстрота сооружения и демонтажа, многообразие.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, мобильность, инженерные решения.

D.Y. Proskura, J.G. Kapustina, A.A. Harutyunyan ENGINEERING WATERWORKS MOBILE DEPLOYMENT

Protection of residential facilities, industrial enterprises, agricultural land and infrastructure from seasonal, man-made, flood and other types of floods is very important in the modern world.

Emergency services have at its disposal a large number of technical means for flood control and the sharp rise of the water level in the reservoirs of the different purposes the main place among the technology takes heavy construction equipment for the repair of hydraulic engineering construction of new dams or buildup of soil or concrete structures. This method is effective in places where there are possible hazards and hydraulic structures to be erected as a prevention. But in places where initially was not forthcoming flood or dangerous rise of water, such methods are not always effective. The proposed engineering solutions to combat navedeniâmi and protection of facilities for various purposes, have a number of advantages over traditional, such as mobility, rapidity of construction and dismantling, mnogorazovost'.

Key words : hydraulic structures, mobility, engineering solutions.

Состояние и развитие как биосферы, так и человеческого общества находятся в прямой зависимости от состояния водных ресурсов. В последние десятилетия все большее число специалистов среди проблем, стоящих перед человечеством, под номером 1 называют проблему воды. Водные проблемы возникают в четырех случаях: когда воды нет или ее недостаточно, когда качество воды не отвечает социальным экологическим и хозяйственным требованиям, когда режим водных объектов не соответствуют оптимальному функционированию экосистем, а режим ее подачи потребителям не отвечает социальным и экономическим требованиям населения и, наконец, когда обжитые территории страдают от наводнений.

В глобальном аспекте первые три проблемы явились порождением уходящего века, а четвертая сопутствует человеческому обществу с древнейших времен. И как это ни парадоксально, на протяжении многих веков человечество, предпринимающее невероятные усилия для защиты от наводнений, никак не может преуспеть в этом мероприятии. Наоборот, с каждым веком ущерб от наводнений продолжает расти. Особенно сильно, примерно в 10 раз, он возрос за вторую половину ушедшего века. По нашим расчетам, площадь паводков опасных территорий составляет на земном шаре примерно 3 млн км², на которых проживает около 1 млрд чел.

Основой комплекса по защите от наводнений в речных бассейнах сейчас являются инженерные мероприятия, которые обеспечивают наиболее радикальные воздействия на паводки.

Традиционно сложившиеся инженерные методы от наводнений в РФ следующие:

- Перераспределение максимального стока водохранилищами.
- Увеличение пропускной способности речного русла.
- Повышение отметок защищаемой территории.
- Переброска стока.
- Ограждения территории дамбами.

Для решения проблемы затопляемых территорий экономически выгодно обустройство на этих территориях долгосрочных сооружений – дамб, водоотводов, наполнительных водохранилищ [4].

Однако высокие половодья и паводки вызывают трудности с эксплуатацией системы обваловывания. В связи с разрушением дамб на отдельных участках затоплению подвергаются значительные территории.

Для решения этих проблем необходимы мобильные системы защитных дамб и плотин. Они должны быть многократного использования, быстро перемещаться в нужное место и быстро собираться.

После схода воды система защиты должна быстро демонтироваться, при необходимости перевозиться и собираться на новом месте или помещаться на склад до следующего использования. Предложенные нами решения отвечают этим требованиям. Для защиты постоянно затопляемых территорий можно использовать дамбы из гибких водонепроницаемых материалов (рис. 1).

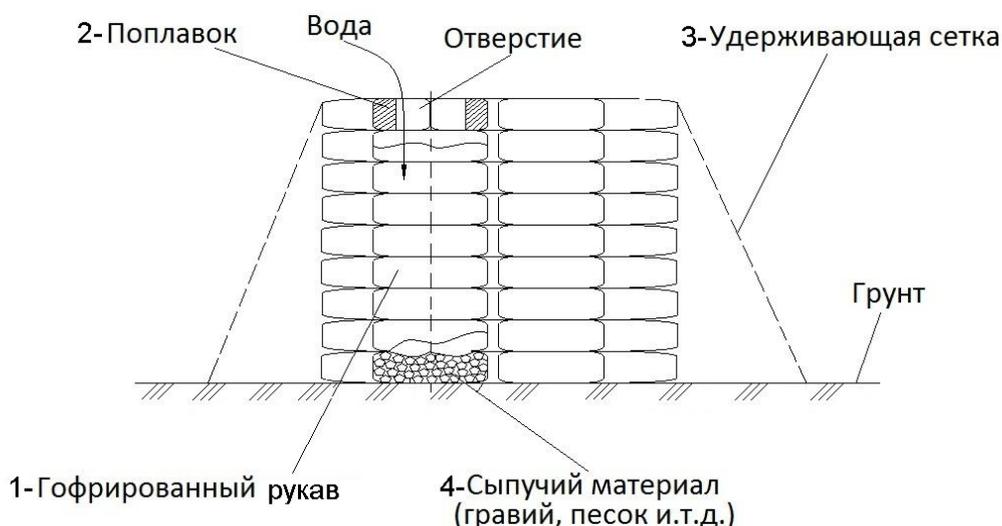


Рис. 1. Дамба из гибких водонепроницаемых элементов
Fig. 1. Dam of flexible watertight elements

На чертеже схематично изображена дамба, состоящая из мешков в виде гофрированных рукавов 1, состыкованных между собой с перекрытием зазоров. Сверху по периметру каждого рукава прикреплен поплавок 2 в виде полого круга. Мешки укреплены по всей поверхности фиксирующей сетью 3. Днище мешков наполняют сыпучим материалом, песком или гравием 4.

Установка работает следующим образом. В момент подъема уровня воды мешки устанавливают в предполагаемом месте прорыва потока воды в два ряда с перекрытием зазоров и заполняют днище сыпучим материалом с учетом силы потока воды. По мере поднятия уровня воды мешки самопроизвольно заполняются жидкостью и распрямляются за счет всплытия поплавков. Для большей надежности всей конструкции дамба накрывается фиксирующей сетью.

Наполненная водой дамба приобретает большую устойчивость за счет увеличения общей ее массы. При спаде уровня воды в акватории до обычного уровня поплавок опускается, и вода из мешков выходит через открытый край.

При спаде уровня воды в акватории до уровня, находящегося ниже уровня дренажных труб базовой части дамбы, вода поочередно выходит через дренажные трубы с односторонним обратным клапаном, сначала из верхнего ряда резервуаров, а затем и из нижерасположенных составных частей дамбы.

С увеличением высоты увеличивается и общая масса дамбы, повышается ее устойчивость, увеличивается способность дамбы противостоять возрастающему напору поднявшейся воды в акватории, что повышает надежность защиты прибрежной береговой полосы или территории, которой угрожает наводнение. Кроме того, мешки укреплены фиксирующей сетью.

Легкость сбора дамбы обеспечивается благодаря скорости сборки конструкции из рукавов, изготовленных в заводских условиях, их взаимозаменяемости, имеющих единый типоразмер в каждой составной части дамбы. Кроме того, быстрота сборки частей дамбы с базовой частью и между собой обеспечивается наличием гофрированных сопрягаемых поверхностей [2].

В отличие от традиционных дамб из земли, камня, бетона и т.п., для строительства которых требуется огромное количество перечисленного строительного материала, в этой модели вода из акваторий сама служит дополнительным строительным материалом водоналивной наращиваемой дамбы в ее рабочем состоянии, что приводит к значительному сокращению количества традиционных строительных материалов.

Таким образом, при использовании этой модели решается поставленная задача и достигается технический результат, обеспечивающий повышение надежности защиты прибрежной береговой полосы от наводнений, а также ускорение строительства при значительном сокращении количества строительных материалов.

Сооружение не нарушает экологическую обстановку и чистоту окружающей среды. Такую дамбу легче и быстрее соорудить, чем строить постоянные дамбы, наращиваемые традиционной насыпкой грунта для защиты от наводнений.

Предлагаемая конструкция из гибких водонепроницаемых элементов очень эффективна для защиты протяженных участков территорий. Это может быть повышение уровня насыпных стационарных дамб во время аномально высоких осадков, защита сельхозугодий от разлива протекающих по ним рек, защита прибрежных строений от подъема воды в водохранилищах, озерах или защита низменных морских побережий от нагоняемых длительными ветрами масс воды [1].

Для защиты от паводковых вод внутри населенных пунктов требуется иная конструкция сборно-разборных гидротехнических сооружений, которые будут быстрее доставляться и монтироваться на более опасных направлениях в черте города (села), закрывая доступ воды в подземные переходы, подвальные отделения электро-, газо- и водокommunikаций, цокольные этажи жилых и технических зданий.

Классический вид защиты в таких ситуациях – это сооружение дамб разной высоты из мешков, наполненных песком. Способ эффективный, но не всегда доступный службам МЧС. Требуется постоянный запас песка, мешков и большое количество персонала и техники.

Предлагаемая конструкция, в общем повторяющая классическую дамбу из мешков, отличается тем, что мешки (мягкие оболочки) сделаны из водонепроницаемого материала с частичной (одна сторона) наполняемостью сыпучим материалом (для увеличения отрицательной плавучести), имеют водяной клапан для наполнения водой при сооружении и слива воды при разборке гидротехнического сооружения. Используется многократно, быстро доставляется к месту сборки, использует воду для наполнения мягких оболочек на месте.

Способ реализуется следующим образом. Перед фронтом стихийного натиска воды на грунтовом основании расстилают водонепроницаемые незаполненные мягкие оболочки, в виде мешков, вдоль дамбы. Внутри дамбы по всей высоте проходит водонепроницаемый тент на всю длину дамбы, нижний конец которого находится под первым слоем мешков в сторону поступления воды, а верхняя часть выходит на гребень дамбы и закрепляется мешками. Мешки укладывают по рельефу предполагаемой дамбы слоями с перекрытием зазоров на высоту, превышающую предполагаемый уровень паводка. Мешки скрепляют карабинами, заполняют водой через клапан, выполненный в виде пробки, имеющий в центре отверстие с шариковым затвором обратного хода, а дно мешка заполняют сыпучим материалом с отрицательной плавучестью. Дальнейшую укладку мешков осуществляют поверх первого ряда с совмещением выступов и углублений в виде креста, при этом длина мешка равна двум размерам ширины. Мешки укладывают в несколько рядов по вертикали в зависимости от требуемой высоты дамбы, последний ряд мешков располагают над уровнем воды перед дамбой.

Предлагаемый способ сооружения водоподпорных дамб поясняется чертежами: где на рис. 2 представлен вид сверху мешка с крестообразным выступом и креплением с помощью карабина. На разрезе А-А показан мешок с двойным дном и клапаном в торце для заполнения водой. На рис. 3 показан общий вид дамбы с уложенным внутри водонепроницаемым тентом.

Сами мягкие оболочки многоразового использования в междупаводковый период хранятся на складах МЧС упакованные в контейнера (20-футовые). В свою очередь контейнер оборудован водяным насосом для пополнения мягких оболочек, оболочек водой в месте сооружения водоподпорной дамбы, также в комплекте находятся водяные шланги и электрогенератор для автономного питания водяного насоса (рис. 4).

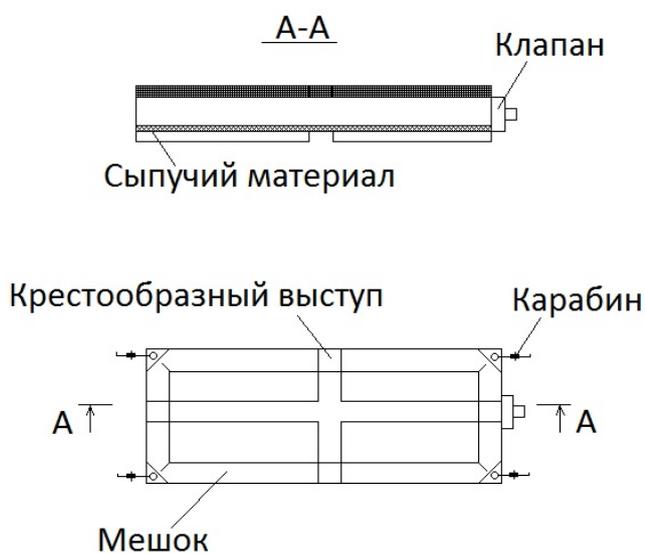


Рис. 2. Схема мягкой оболочки для сооружения сборно-разборных водоподпорных дамб
Fig. 2. Soft shell scheme for the construction of prefabricated collapsible vodopodpornoj dam

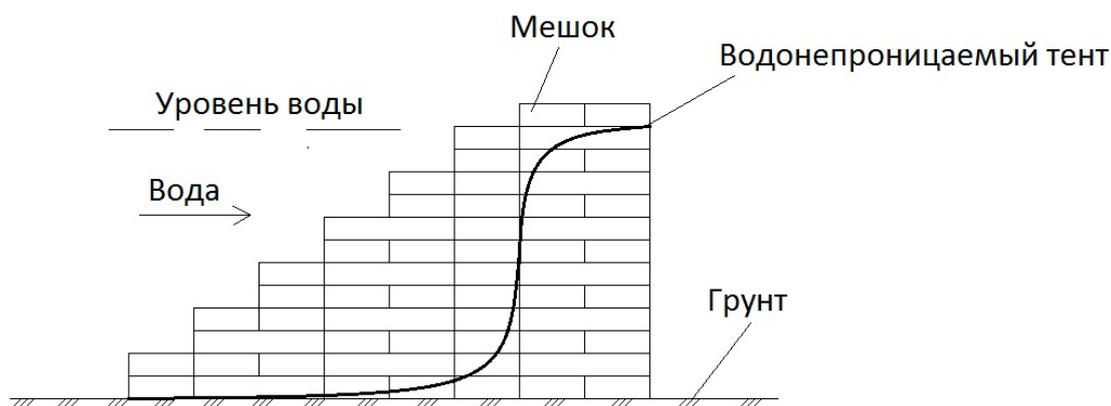


Рис. 3. Схема сборно-разборной водоподпорной дамбы
Fig. 3. Diagram of prefabricated collapsible vodopodpornoj dam

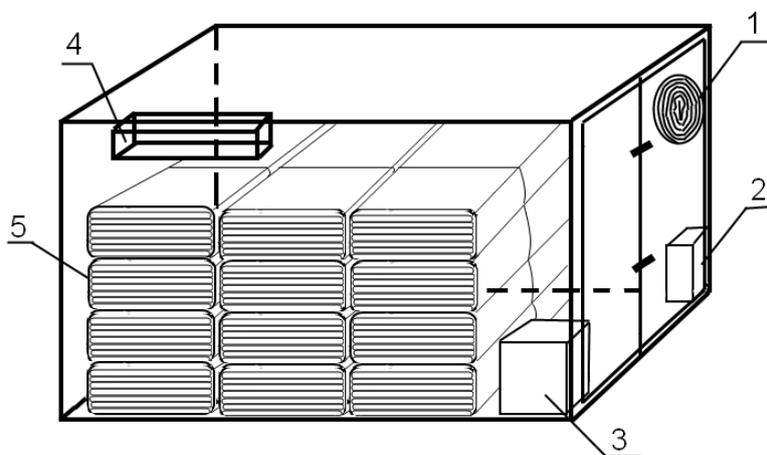


Рис. 4. Схема сборно-разборной дамбы в походном положении (в контейнере):

1 – водяные шланги; 2 – водяная помпа; 3 – электрогенератор;

4 – водонепроницаемый тент, 5 – мягкие водонаполняемые оболочки

Fig. 4. Diagram of prefabricated collapsible dam in stowed position (container):

1 – water hoses, 2 – water pump, 3 – electric generator, 4 – watertight tent, 5 – soft water-fillable enclosures

При опасной ситуации контейнера с мягкими оболочками авто- или железнодорожным транспортом доставляются на участки, требующие защиты от повышения уровня воды, с использованием автономного оборудования сооружаются водоподпорные дамбы из приведенных в этих контейнерах мягких оболочек, сами контейнера тоже устанавливаются в полотно дамбы (рис. 5).

Таким образом, при использовании этой модели решается поставленная задача и достигается технический результат, обеспечивающий повышение надежности защиты сооружений от наводнений, а также ускорение строительства при значительном сокращении количества строительных материалов.

Сооружение не нарушает экологическую обстановку и чистоту окружающей среды. Дамбу легче и быстрее соорудить, чем строить постоянно наращиваемые традиционной насыпкой сверху грунта дамбы для защиты от наводнений.

Предлагаемая конструкция из гибких водонепроницаемых элементов очень эффективна для защиты непротяженных участков территорий. Ее можно использовать при повышении уровня насыпных стационарных дамб во время аномально высоких осадков, защите сельскохозяйственных от разлива протекающих по ним рек, защите прибрежных строений от подъема воды

в водохранилищах, озерах или защите низменных морских побережий от нагоняемых длительными ветрами масс воды. Также могут быть защищены производственные площади, жилые массивы, складские территории и т.д.

При понижении уровня воды дамба разбирается, сушится, укладывается в контейнер и доставляется к месту хранения или сборке в другом опасном направлении.

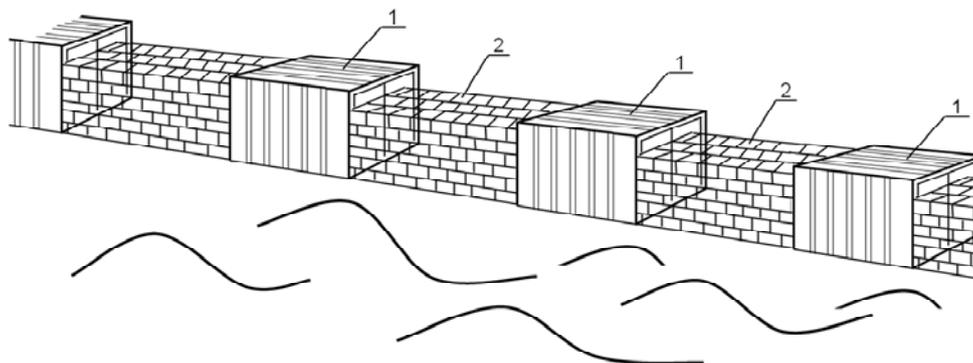


Рис. 5. Схема водоподпорной дамбы, сооруженной из мобильных контейнерных модулей:

1 – контейнер (хранение и транспортировка мягких оболочек);

2 – дамба и уложенные в ее полотно мягкие оболочки

Fig. 5. Diagram of water-retaining dam, made of mobile container modules:

1 – container (storage and transportation of soft enclosures), 2 – dam and soft enclosures packed up in it

Список литературы

1. Пат. Российская Федерация, № 2010108742/22(22/012260) 2010 г. / Д.Ю. Проскура, И.Л. Артюхов.
2. Пат. Российская Федерация, № 2010126044/13(037179) 2010 г. / Д.Ю. Проскура, И.Л. Артюхов.
3. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология: в 2 т. – М.: Высш. шк., 1996. – Т. 1. – 637 с. – Т. 2. – 655 с.
4. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. – М.: Агентство «Фаир», 1998. – 320 с.
5. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П. Экологические проблемы и методология их решения при развитии технократического общества // Экология. – 2011. – № 2. – С. 83–87.
6. Проскура Д.Ю., Ткаченко Т.И. Экологические последствия наводнений и способы защиты от них // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2013. – № 29.
7. Проскура Д.Ю., Капустина Ю.Г. Инженерные гидротехнические сооружения мобильной защиты при наводнениях // Актуальные проблемы развития судоходства и транспорта в Азиатско-Тихоокеанском регионе: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток, Дальрыбвтуз, 2013.
8. Ерофеев Б.В. Экологическое право России. – М.: Профтехобразование, 2002. – 709 с.
9. Водный кодекс Российской Федерации. – 2-е изд. – М.: Ось-89, 2002. – 80 с.
10. Хайлов К.М. Системология и природа – простыми словами // Экология и жизнь. – 2012. – № 11.

Сведения об авторах: Проскура Дмитрий Юрьевич, старший преподаватель, e-mail: dim.proskura@mail.ru;

Капустина Юлия Григорьевна, старший преподаватель, e-mail: zluka@mail.ru;

Арутюнян Александр Андреевич, e-mail: asaneek@mail.ru.

УДК 628.161

А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Проведен патентный поиск по существующим конструкциям однослойных и многослойных насыпных устройств, глубиной 20 лет, с целью совершенствования конструкции насыпных фильтров подготовки морской воды на рыболовных предприятиях.

Ключевые слова: устройства, подготовка, морская вода, рыболовные предприятия.

A.I. Fedorova, S.D. Ugryumova

IMPROVEMENT TO CLEAN SEA WATER

Held a patent search for existing single- and multilayer structures of bulk devices, at 20 years, with the aim of improving the design of bulk filters desalination on hatcheries.

Key words: devices, preparation, sea water, hatcheries.

Нами проведен патентный поиск по существующим конструкциям однослойных и многослойных насыпных фильтров. Глубина поиска составила 20 лет [2].

В табл. 1 представлена сравнительная характеристика существующих конструкций однослойных фильтрующих устройств.

В результате анализа однослойных насыпных фильтров был выявлен ряд недостатков:

качество очистки воды бытовым фильтром для воды¹ напрямую зависит от свойств и структуры выбранной насыпной загрузки и при неверном подборе зернистых материалов может сократиться. Фильтр не предусмотрен для работы с агрессивными средами (морская вода) [5]. Периоды необслуживаемой работы, а также эксплуатационные затраты могут резко повышаться. В конструкции отсутствует самоочистка противотоком и преобразователь температуры жидкости.

Устройство² имеет сложную конструкцию, недостаточную герметичность соединения желобка с трубой, в конструкции отсутствует преобразователь температуры жидкости, периоды необслуживаемой работы, а также эксплуатационные затраты могут резко повышаться.

Фильтр Цеолитовый-С³ не предусмотрен для работы с морской водой, происходит постоянное вымывание мелкой фракции цеолита из фильтра, в конструкции отсутствует самоочистка противотоком и преобразователь температуры жидкости, периоды необслуживаемой работы могут резко сокращаться, небольшая длина пути фильтруемой жидкости.

У устройства⁴ отсутствует преобразователь температуры жидкости, возможность забивания выходных отверстий труб, небольшая длина пути фильтруемой жидкости.

Самоочищающемуся фильтру⁵ присущи следующие недостатки: отсутствует преобразователь температуры жидкости, небольшая длина пути фильтруемой жидкости, сложность конструкции.

Фильтрующий материал (электрокорунд) в устройстве для фильтрации жидкости⁶ не распространен для Приморского края, в конструкции отсутствует преобразователь температуры жидкости.

Сравнительный анализ однослойных насыпных устройств, отобранных нами в результате патентного поиска, позволил сформулировать исследовательскую задачу и указать направление на наиболее эффективный результат [1, 4].

Таблица 1

Сравнительная характеристика однослойных фильтрующих устройств [1]

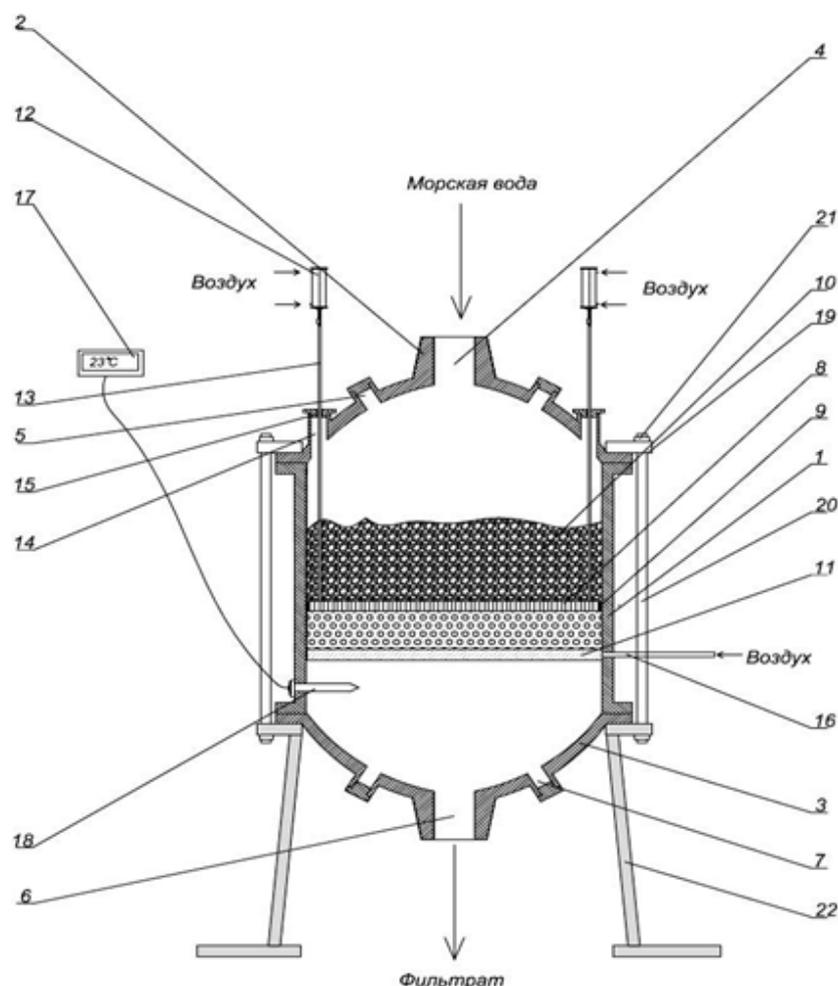
Table 1

Comparative characteristics of single-layer filtering devices [1]

№ патента (RU), название	Равномерность фильтрации, длина пути	Периоды необслуживаемой работы, τ	Эксплуатационные за- траты, сложность изготовления	Самоочистка противо- током	Пропускная способность фильтра, качество очистки	Преобразователь температуры жидкости
	↑, ↓	↑, ↓	↑, ↓	+, -	↑, ↓	+, -
92356 U1, 20.03.2010 г., «Бытовой фильтр для воды» ¹	↑, ↑	↑ ↓	↑ ↓ ↓	-	↑, ↑	-
2367499 C1, 20.09.2009 г., «Дренажно-распределительное уст- ройство водоподготовительного фильтра» ²	↑, ↓	↑ ↓	↑ ↓, ↑ ↓	+	↑, ↑	-
2252061 C1, 20.05.2005 г., «Бытовой фильтр для доочистки пить- евой воды Цеолитовый – С» ³	↑, ↓	↓	↓ ↓	-	↑, ↑	-
2175570 C2, 10.11.2001 г., «Устройство для очистки насыпных фильтров» ⁴	↑, ↓	↑	↓ ↓	+	↑, ↑	-
2064324 C1, 27.07.1996 г., «Самоочищающийся фильтр для жидкости» ⁵	↑, ↓	↑	↓ ↓	+	↑, ↑	-
2179473 C1, 20.02.2002 г., «Способ фильтрации жидкости, уст- ройство для его осуществления и фильтрующий элемент» ⁶	↑, ↑	↑	↓ ↓	+	↑, ↑	-

Примечание. «↑» – увеличение, рост (показателей); «↓» – понижение (показателей); «+» – нали-
чие (функции); «-» – отсутствие (функции).

Разработанный нами насыпной фильтр с насыпной зернистой перегородкой для очистки морской воды [3] (рисунок) состоит из корпуса 1 с верхней крышкой 2 и нижней крышкой 3. В верхней крышке устройства расположен патрубок для подачи морской воды 4 и симметричные патрубки для отвода промывной воды 5, а в нижней крышке патрубок отвода фильтрата 6 и симметричные патрубки подвода промывной воды 7. Во внутренней части устройства расположена сетчатая разделительная перегородка 8, с уплотнительным контуром 9, на которую засыпан слой зернистого материала 10. Под сетчатой перегородкой расположен барботер 11, выполненный в форме конусовидной спирали. Два пневмоцилиндра 12 располагаются за пределами корпуса и соединяются с сетчатой разделительной перегородкой при помощи штоков 13, проходящих через подводящие патрубки 14. В подводящих патрубках расположены уплотнительные манжеты 15. Подвод воздуха к барботеру и пневмоцилиндрам обеспечивается за счет блока подготовки воздуха 16. Устройство содержит преобразователь температуры фильтрата 17 с термощупом 18, вкрученным в корпус. Верхняя и нижняя крышки имеют фланцы 19, которые стянуты шпильками 20, закрепленные гайками 21. Устройство расположено на опоре 22.



Устройство для очистки морской воды [3]: 1 – корпус; 2 – верхняя крышка; 3 – нижняя крышка; 4 – патрубок для подачи морской воды; 5 – симметричные патрубки для отвода промывной воды; 6 – патрубок отвода фильтрата; 7 – симметричные патрубки подвода промывной воды; 8 – сетчатая разделительная перегородка; 9 – уплотнительный контур; 10 – слой зернистого материала; 11 – барботер; 12 – пневмоцилиндры; 13 – штоки; 14 – подводящие патрубки; 15 – уплотнительные манжеты; 16 – блок подготовки воздуха; 17 – преобразователь температуры фильтрата; 18 – термошуп; 19 – фланцы; 20 – шпильки; 21 – гайки; 22 – опора

Cleaner sea water [3]: 1 – the case; 2 – the upper cover; 3 – bottom cover; 4 – a connection for feeding the sea water; 5 – symmetric pipes to drain the wash water; 6 – filtrate discharge pipe; 7 – symmetric pipes for supplying the wash water; 8 – mesh partition wall; 9 – sealing contour; 10 – a layer of particulate material; 11 – bubbler; 12 – cylinders; 13 – stocks; 14 – connecting fittings; 15 – sealing lips; 16 – service unit; 17 – temperature transducer filtrate; 18 – pipe probe; 19 – flantsy; 20 – studs; 21 – nuts; 22 – support

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика двухслойных фильтрующих устройств.

В результате анализа многослойных насыпных фильтров был выявлен ряд недостатков [2]: эффективность очистки в фильтрационной камере⁷ может резко снижаться из-за заиливания песочного слоя; фильтр не предусмотрен для работы с агрессивными средами (морская вода). Периоды необслуживаемой работы, а также эксплуатационные затраты могут резко повышаться. В конструкции отсутствует преобразователь температуры жидкости, анализатор взвешенных механических примесей и сигнализирующие датчики солености и кислородосодержания.

Таблица 2

Сравнительная характеристика двухслойных фильтрующих устройств [1]

Table 2

Comparative characteristics of two-layer filtering devices [1]

№ патента (RU), название	Равномерность фильтрации, длина пути	Периоды необслуживаемой работы, τ	Эксплуатационные затраты, сложность изготовления	Самоочистка противотоком	Пропускная способность фильтра, качество очистки	Преобразователь температуры жидкости
	↑, ↓	↑, ↓	↑, ↓	+, -	↑, ↓	+, -
36938 U1, 10.04.2004 г., «Фильтрационная камера установок биологической очистки бытовых и промышленных водных стоков» ⁷	↑, ↑	↑↓	↑, ↑	-/+	↑, ↓↑	-
94043784 A1, 27.07.1996 г. «Насыпной многослойный фильтр» ⁸	↓, ↓	↓	↑, ↓↑	-/-	↓, ↓↑	-
2347751 C2, 03.04.2006 г. «Устройство для очистки сточной воды» ⁹	↑, ↑	↓	↑, ↓↑	-/+	↑, ↑	-
2490217 C2, 20.08.2013 г. «Способ глубокой очистки воды, преимущественно питьевой» ¹⁰	↑, ↑	↓↑	↑, ↑	-/+	↑, ↓↑	-
2395647 C2, 27.07.2010 г. «Фильтр скважины на воду, пробуренной на мелкие и пылеватые пески» ¹¹	↑, ↓	↑	↓, ↓	-/+	↑, ↓↑	-
2371233 C2, 27.10.2009 г. «Устройство для очистки питьевой воды» ¹²	↑, ↑	↑	↓, ↓↑	+/+	↑, ↑	-

Примечание. «↑» – увеличение, рост (показателей); «↓» – понижение (показателей); «+» – наличие (функции); «-» – отсутствие (функции).

Насыпной многослойный фильтр⁸ не предусмотрен для работы с любыми жидкими средами; в конструкции отсутствует самоочистка противотоком, преобразователь температуры жидкости, анализатор взвешенных механических примесей и сигнализирующие датчики солености и кислородосодержания.

Работа фильтра⁹ связана с сатурированием, что противопоказано для морской воды, используемой для рыбохозяйственных целей; устройство относится к реагентным фильтрам, обладает большими энергозатратами, сложностью изготовления и обслуживания. В конструкции отсутствует преобразователь температуры жидкости, анализатор взвешенных механических примесей и сигнализирующие датчики солености и кислородосодержания.

Фильтрующее устройство¹⁰ относится к реагентным фильтрам, очищающим преимущественно питьевую воду; может происходить быстрое заиливания песочного слоя, в зависимости от агрессивности среды. В конструкции отсутствует очистка противотоком, преобразователь температуры жидкости, анализатор взвешенных механических примесей и сигнализирующие датчики солености и кислородосодержания.

Фильтр¹¹ не предусмотрен для работы с открытыми источниками воды и с агрессивными средами (морская вода); отличается сложной конструкцией; в конструкции отсутствует очистка противотоком, преобразователь температуры жидкости, анализатор взвешенных механических примесей и сигнализирующие датчики солености и кислородосодержания.

Устройство для очистки питьевой воды¹² относится к реагентным и не предусмотрено для работы с агрессивными средами (морская вода); в конструкции отсутствует очистка противотоком, преобразователь температуры жидкости, анализатор взвешенных механических примесей и сигнализирующие датчики солености и кислородосодержания.

В результате проведенного патентного поиска была разработана оптимальная конструкция многослойной установки для очистки морской воды (подана заявка на полезную модель).

Технический результат полезной модели заключается в увеличении эффективности очистки фильтрата (морской воды), повышении надежности работы устройства при работе с агрессивными средами и снижении себестоимости процесса, и достигается за счет снижения скорости зарастания пор фильтрующих материалов и ячеек разделительных сетчатых перегородок не менее чем в 12 раз, путем включения в конструкцию вибромоторов, обеспечивающих вибрацию сетчатым разделительным перегородкам.

Список литературы

1. ГБТ 550/2013. Разработка проектного решения оптимальных конструкций насыпных фильтрующих устройств и совершенствование линий для подготовки морской воды на рыбоходных и рыбоперерабатывающих предприятиях / С.Д. Угрюмова, А.Н. Викторов, А.И. Федорова, М.О. Зеленкова. – Владивосток: Дальрыбвтуз. – 150 с.
2. Информационно-поисковая система [Электронный ресурс] // ФГБУ ФИПС, 2009–2013. – URL: http://it4b.icsti.su/itb/ps/ps_all.html. (Дата обращения: 05.08.2013).
3. Пат. RU № 142257. Устройство для очистки морской воды / А.И. Федорова, Д.А. Крикун, С.Д. Угрюмова. – Полезная модель, 20.06.2014.
4. Угрюмова С.Д. Методологический подход к устранению технических противоречий в пищевом оборудовании рыбоперерабатывающих комплексов / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова // Инновационная технологическая переработка предприятиями сырья. – Пенза, 2011. – С. 418–420.
5. Федорова А.И. Экспериментальное исследование агрессивных свойств морской воды / А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова // Фундаментальные и прикладные вопросы естествознания: материалы 56-й Всерос. науч. конф. – Владивосток: ТОВМИ им. С.О. Макарова ВУНЦ «ВМА», 2013. – Т. 3. – С. 293–296.

Сведения об авторах:

Федорова Александра Игоревна, аспирант, e-mail: aleksa13@list.ru;

Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор,
e-mail: aleksa13@list.ru.

УДК 637 : 664

И.Н. Ким

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

**ПРОЦЕССНЫЙ ИНЖИНИРИНГ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ
РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ (НА ПРИМЕРЕ
НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»)**

Обучение студентов технического профиля подготовки в компетентностном формате позволит им эффективно осуществлять профессиональную деятельность на рыбоперерабатывающих предприятиях. При этом инженерно-технические работники обязаны быть компетентными в инновационном предпринимательстве.

Ключевые слова: процессный инжиниринг, компетентность, инновационное предпринимательство, рыбоперерабатывающее производство.

I.N. Kim

**THE PROCESSING ENGINEERING AS A FORMATION BASIS
OF THE PROFESSIONAL COMPETENCES AT THE STAFF'S TRAINING
FOR THE FISH PROCESSING INDUSTRY (ON THE EXAMPLE
OF THE «TECHNOLOGICAL MACHINES AND EQUIPMENT» QUALIFICATION)**

The students' education at the technical training field in competency's profile – will allow them to carry out their professional activities in fish processing enterprises more effectively. In this case, engineers and technicians are required to be competent in the innovation industry.

Key words: processing engineering, competence, innovative business, fish processing industry.

Известно, что в современном мире пищевая технология обладает высоким научно-инновационным потенциалом и является одной из лидирующих отраслей экономики [1]. Масштабы и темпы ее развития осуществляются под воздействием конъюнктуры рынка и прежде всего определяются скоростью изменения потребительского спроса, а не готовностью отдельной экономики к изменениям и освоению инвестиций.

Сегодня деятельность пищевой индустрии органично сочетается с предприятиями по производству биотехнологических, микробиологических, химических и иных изделий [7]. Данные производства оснащены различными машинами, аппаратами и агрегатами, в которых осуществляются сложные технологические процессы превращения исходных материалов в полуфабрикаты и конечные продукты. При переработке сырья в них протекают физические, физико-химические, микробиологические, биотехнологические и иные процессы, которые приводят к изменениям агрегатного состояния, внутренней структуры и состава перерабатываемых компонентов. Это требует наличия соответствующего персонала, обладающего интегрированными знаниями об особенностях протекания данных процессов, которые являются фундаментом для осознанной деятельности в пищевой технологии [1, 6].

Современное состояние перерабатывающей промышленности РФ следует охарактеризовать как предкризисное, поскольку в последние десятилетия в деятельности страны приоритетным была «сырьевая» направленность [5]. Данная «ориентация» резко усилила технико-технологическое отставание промышленности от уровня ведущих стран и закономерно привела к ухудшению профессионализма инженерно-технического персонала перерабатывающих предприятий. В то же время хорошо известно, что развитие инженерной отрасли определяет инновационный прогресс любого государства [1].

Применительно к рыбоперерабатывающей отрасли можно констатировать, что в настоящее время технический уровень данных производств соответствует уровню начала 90-х гг. XX столетия и существенно отстает от зарубежных аналогов [3]. Например, физический износ основных производственных фондов и перерабатывающего оборудования в целом по отрасли превысил 70 %, при этом производственные мощности по консервному производству задействованы на 44,8 %, кулинарному производству – 42,1, копильному – 23,4, холодильному – 26 %, т.е. уровень использования мощностей рыбоперерабатывающих производств в целом по стране составляет менее 50 %.

На большинстве береговых перерабатывающих предприятиях давно не осуществлялось системного обновления технологического оборудования, что привело к низкой степени использования сырых гидробионтов, ухудшению качества готовой продукции и практическому отсутствию переработки отходов основного производства. Недостаточный уровень технического оснащения стал одним из факторов сокращения выпуска рыбных изделий, в связи с чем более половины внутреннего рынка гидробионтов приходится на долю зарубежной продукции.

Для ликвидации сложившегося отставания стратегией инновационного развития РФ на период до 2020 г. предусмотрено усиление позиций нашей страны на рынках высокотехнологичных и интеллектуальных продуктов путем увеличения доли высокотехнологичного сектора в ВВП с 10,9 до 17–20 %, а инновационно активных предприятий – с 9,4 до 40–50 % [5]. Эффективная реализация принятой стратегии усложнена дополнительным вызовом, обусловленным необходимостью замещения импортных продуктов отечественными. Очевидно, что в ближайшем будущем потребуются значительное увеличение численности высококвалифицированных инженерных кадров, обладающих компетенциями инновационного предпринимательства.

В последние годы наметился определенный подъем рыбной промышленности, и ее показатели оказались на уровне других аграрных отраслей. В частности, прирост объема производства рыбной продукции составил 7,5 %, а доля отечественных изделий из гидробионтов на внутреннем рынке увеличилась на 4,6 %. В качестве положительного примера можно отметить появление отдельных точек роста [2]. На рубеже веков произошел стремительный рывок технического оснащения некоторых рыбоперерабатывающих предприятий путем внедрения прогрессивного высокоэффективного и одновременно экономичного технологического оборудования. Технический арсенал данных предприятий пополнился широким спектром современного специализированного оборудования, в котором осуществляются сложные процессы, приводящие к многокомпонентным изменениям обрабатываемого сырья и полуфабрикатов. Это позволило значительно усовершенствовать традиционные и внедрить принципиально новые технологические процессы и приемы переработки гидробионтов. По степени технического оснащения данные перерабатывающие комплексы стали соответствовать ведущим зарубежным аналогам и даже превосходить их в отдельных аспектах.

Однако в целом конкурентоспособность отечественного рыбоперерабатывающего комплекса остается еще на низком уровне, что обусловлено слабой инвестиционной привлекательностью, недостаточным уровнем развития инфраструктуры и логистики, а также дефицитом квалифицированных инженерно-технических кадров. Более того, уровень развития перерабатывающих предприятий рыбной отрасли РФ существенно отстает не только от мировых производств по переработке гидробионтов, но и от уровня развития отечественных высокотехнологичных отраслей, таких как биотехнология или фармацевтика.

Следующей базовой проблемой, сложившейся в отечественной технологической практике, является рассмотрение технологических решений в отрыве от детализации аспектов аппаратного оформления, анализа возможностей технических систем в конкретных условиях и с определенными характеристиками обрабатываемых сред [1]. В частности, всем хорошо известно, что:

- технологи не знают возможностей оборудования, областей его наиболее эффективного функционирования и физических основ протекающих процессов;

- механики не ориентируются в химических, микробиологических, ферментативных и иных аспектах производства продукции;
- конструкторы не знают ни того, ни другого;
- производственный персонал относится к категории работников, не имеющих углубленного, системного, а иногда и профильного образования.

Наличие данных пробелов не способствует формированию у персонала объективного комплексного восприятия продукта и гармонизации с его физико-химическими свойствами. Кроме того, даже при наличии соответствующего опыта ведущий специалист технического профиля не способен самостоятельно эффективно решать поставленные задачи и возникающие проблемы, поскольку не обладает базовой управленческой и экономической компетентностью. В итоге это приводит к технологическим и производственным просчетам, а также неэффективному выстраиванию маркетинговой концепции продукта.

Для выхода из сложившегося порочного круга предприятиям необходимо формировать команду, в состав которой должны входить инженеры и технологи [7]. При таком сочетании команда сможет успешно решать поставленные задачи при разработке и производстве продукции. Здесь следует особо подчеркнуть, что важно не только разработать пищевой продукт, но и сохранить специфические его особенности при промышленном изготовлении.

Таким образом, можно констатировать, что технико-технологический уровень промышленных предприятий однозначно коррелирует с состоянием и уровнем инженерной подготовки его работников. Тенденции развития пищевой индустрии демонстрируют постоянное повышение уровня сложности технологических процессов, в связи с чем промышленные предприятия все больше нуждаются в специалистах, способных эффективно эксплуатировать данное оборудование [1, 6].

В начале XXI в. изменение экономических трендов и конкурентная среда существенно трансформировали роль инженера и менеджера. Сегодня специалист выступает одновременно в роли технического эксперта, ученого и руководителя, что расширяет зону его предпринимательской и профессиональной ответственности. Быстрая смена технологий, ускоренные темпы развития прогресса постоянно ужесточают требования к базовому образованию специалистов, уровню их профессиональных, интеллектуальных, организационных способностей и личностных качеств. В этой связи требования высокотехнологичных отраслей экономики и промышленности к выпускникам вузов давно вошли в противоречие с традиционными методами их обучения.

Отчетливо данные противоречия видны при сравнении современных требований, изложенных в федеральных образовательных стандартах высшего образования и практике подготовки инженерно-технических кадров, действующих во многих вузах России и базирующихся на технике и технологиях конца XX в. Данное отставание привело к тому, что компетенции выпускников в подавляющем большинстве не соответствуют ожиданиям работодателей и уровню развития техносферы на отдельных предприятиях, т. е. подготовка инженерных кадров не отвечает масштабным вызовам современности. Следовательно, нынешнее состояние российского инженерно-технического контингента промышленных предприятий угрожает не только будущему, но и настоящему экономике страны, в связи с чем необходимо кардинальное реформирование национальной технической школы.

В сложившихся условиях система высшего образования обязана гибко реагировать на происходящие трансформации в обществе, чтобы не продолжать готовить «бакалавров и магистров пустоты». Для изменения ситуации следует переформатировать подготовку специалиста с «квалифицированного» на «компетентного», поскольку только «компетентный» подход обеспечит достижение нового качества образования.

Известно, что в вузах, подведомственных Федеральному агентству по рыболовству, инженерные кадры для рыбоперерабатывающей промышленности традиционно готовят в рамках направления «Технологические машины и оборудование» по профилю «Машины и аппараты

пищевых производств». Название данного профиля включает в себя изучение всего спектра технических средств пищевых предприятий и не акцентирует внимания на углубленном изучении процессов, современных технологий и оборудования перерабатывающих производств, являющихся актуальными для «рыбных» регионов нашей страны [2]. Кроме того, современные условия производства, особенно в среднем и малом бизнесе, ужесточают требования к базовому образованию специалистов, т.е. сегодня наиболее востребованы выпускники с высокими профессиональными компетенциями в определенной сфере производства.

В этой связи по заданию Федерального агентства по рыболовству ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз» был разработан профиль «Технологическое оборудование и процессы рыбоперерабатывающих производств» уровня бакалавриата и магистратуры для подготовки кадров, специализирующихся на переработке гидробионтов [4]. Выпускники данного профиля должны быть готовы к научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственной, экологической и энерго-ресурсосберегающей деятельности. Областью их профессиональной деятельности является **процессный инжиниринг**, представляющий собой интегрированный научно-инженерный и инженерно-управленческий инструмент. Сущность процессного инжиниринга соответствует постиндустриальному периоду и базируется на отдельных сторонах знаний в области организации производства, процессов и аппаратов различных производств, физических и химических явлений переноса энергии и массы, химических, биотехнологических и микробиологических превращений, а также термодинамики, физической химии и механики. Интегрированные знания об особенностях этих процессов служат базой для осознанной профессиональной деятельности в рыбоперерабатывающем производстве.

Процессный инжиниринг ориентирован на правильную организацию производства, совершенствование технологических процессов, использование особенностей режимов протекающих явлений с позиций повышения показателей качества готовой продукции и достижения целевого технологического эффекта. Использование междисциплинарного опыта и знаний применительно к технологическим, техническим и управленческим задачам позволяет специалистам оперативно выявлять и ликвидировать «узкие» места производственной деятельности, наладить выпуск высококачественной продукции, что может обеспечить предприятию значительные конкурентные преимущества. Безусловно, современное инженерное образование должно быть не догоняющим, а опережающим, т.е. необходимо обучать не только тому, что существует в современном производстве, а научить прогнозировать тенденции развития данного производства [6]. Для этого необходимо иметь базовую теоретическую и практическую подготовку, позволяющую, во-первых, знать и понимать проблемы современного производства, а во-вторых, решать их в процессе технического развития предприятия. Поэтому основной акцент в разработанном профиле был сделан на формирование исследовательской компетентности путем обучения основным методам анализа, расчета и моделирования технологических процессов и аппаратов рыбоперерабатывающих производств [4].

Освоение разработанной образовательной программы предполагает эффективное использование выпускниками конструкторско-технологических средств и автоматизированного проектирования, создание систем управления качеством, проведение маркетинговых исследований, поиск оптимальных решений при создании и изготовлении продукции, а также безопасности и экологической чистоты производства, что отражает международные тенденции развития производств по переработке гидробионтов.

В разработанном профиле были учтены современные требования к выпускнику, в основе которых лежат стратегии перехода рыбоперерабатывающей отрасли к новым принципам общего менеджмента, управления качеством, грамотное инженерное обеспечение производственной деятельности, а также умение принимать перспективные решения по широкому спектру вопросов. Поскольку темпы развития перерабатывающей отрасли определяются скоростью технического прогресса и изменениями потребительского рынка, современный

инженер должен обладать креативным мышлением и проявлять способность к непрерывному профессиональному росту [2].

Реализация разработанных образовательных программ по профилю «Технологическое оборудование и процессы рыбоперерабатывающих производств» при подготовке кадров для рыбной отрасли позволит осуществлять выпуск специалистов, способных проводить структурно-технологическую модернизацию рыбоперерабатывающих производств, направленную на обеспечение комплексного использования сырья, высокого качества готовой продукции, экономическую эффективность и экологическую чистоту производства. Это поможет данным предприятиям выйти на новый уровень, поскольку специалисты будут способны разрабатывать и внедрять прогрессивные технологии переработки гидробионтов, направленные на повышение конкурентоспособности производимой продукции.

В заключение хотелось бы отметить, что только применение научных и инженерных инноваций позволяет эффективно функционировать предприятию в активной высококонкурентной среде. В этой связи необходимо четко понимать, что **иной альтернативы и тем более особого пути у РФ не может быть**. Низкое качество отечественной продукции различных отраслей и экономическая неэффективность перерабатывающих предприятий в последние десятилетия были связаны, прежде всего, с ограниченным использованием современных международных достижений и опыта. Мировые тенденции развития перерабатывающих производств демонстрируют постоянное повышение уровня сложности технологических процессов, в которых все большее применение находят многофазные гетерогенные системы. Поэтому вопросы грамотной организации производства, разработки продукции, исследовательско-инновационной деятельности и лабораторной практики служат гарантом адекватных решений и основой успеха компаний на рынке. Сегодня рыбоперерабатывающие предприятия должны стать одной из лидирующих отраслей экономики страны, причем высокотехнологичной и наукоемкой отраслью, чтобы выстоять в конкурентной среде.

Список литературы

1. Зеленский В.Е. Процессный инжиниринг – основополагающий инструмент функционирования и модернизации пищевой и смежных технологий // Пищ. пром-сть. – 2012. – № 10. – С. 8–12.
2. Ким И.Н., Ткаченко Т.И. О необходимости разработки профиля «Технологическое оборудование и процессы рыбоперерабатывающих производств» // Рыб. хоз-во. – 2013. – № 2. – С.16–18.
3. Концепция развития рыбного хозяйства РФ на период до 2020 года, одобрена распоряжением Правительства РФ от 2 сентября 2003 г., № 1265 – Р.
4. Основная образовательная программа высшего профессионального образования по направлению подготовки 151000 «Технологические машины и оборудование» профиля подготовки «Технологическое оборудование и процессы рыбоперерабатывающих производств» уровней бакалавриата и магистратуры / И.Н. Ким, С.В. Лисиенко, Т.И. Ткаченко и др. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Т. 1. – 262 с. – Т.2. – 114 с.
5. Проект «Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/doc20101231_016.
6. Сапрыкин Д.Л. Инженерное образование в России: история, концепция, перспективы // Высшее образование в России, 2012. – № 1. – С. 125-137.
7. Хуршудян С.А., Зайчик Ц.Р. История производства пищевых продуктов и развития пищевой промышленности России. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 296 с.

Сведения об авторе: Ким Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: kimin57@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	3
Асеева Н.Л., Смирнов А.А. Зараженность тихоокеанской сельди (<i>Clupea Pallasii</i>) северной части Охотского моря в зимний период.....	3
Казаченко В.Н., Фещенко Н.В., N.V. На. Паразитические копеподы (<i>Copepoda: Crustacea</i>) рыб рода <i>Mugil</i> (<i>Pisces: Mugiliformes</i>) в пресных и морских водоемах Приморского края.....	8
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА	16
Бакланов Е.Н., Стародубцев Е.П., Стародубцев П.А. Физическая модель метода дальнего обнаружения сформированных рыбных косяков.....	16
Шевченко А.П., Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н. Гидроакустическая мультистатическая схема дальнего приема сигналов «малых амплитуд» от сейсмических и синоптических процессов.....	24
Шостак С.В., Бакланов Е.Н., Стародубцев П.А., Шевченко А.П. Современные теоретические объяснения процесса влияния гидроакустического канала на зондирующий сигнал и алгоритм его обработки с целью выделения гармонического эхосигнала.....	35
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	41
Панасенко А.А., Данилов В.С. Повышение эффективности тренажерной подготовки судомехаников посредством введения новых упражнений.....	41
Панасенко А.А., Данилов В.С. Тепловая эффективность СЭУ при синусоидальных возмущениях нагрузки.....	45
Руднев Б.И., Повалихина О.В. Основные физико-химические свойства частиц дизельной сажи.....	49
Соболенко А.Н. Обобщенный теоретический цикл шеститактного ДВС и его частные случаи подвода теплоты.....	55
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	62
Кутищева Ю.А. Разработка технологии кулинарных формованных изделий из молок лососевых рыб с морепродуктами.....	62
Ольховик С.А., Ким Э.Н. Разработка квалиметрической модели качества копченых рыбных продуктов.....	68
Сон С.Г., Ким Э.Н. Идентификация требований потребителя при проектировании рыбных продуктов.....	74
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ	81
Проскура Д.Ю., Капустина Ю.Г., Арутюнян А.А. Инженерные гидротехнические сооружения мобильного развертывания.....	81
Федорова А.И., Угрюмова С.Д. Совершенствование устройств для очистки морской воды.....	87
Ким И.Н. Процессный инжиниринг как основа формирования профессиональных компетенций при подготовке кадров рыбоперерабатывающих производств (на примере направления «Технологические машины и оборудование»).....	92

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	3
<i>Aseeva N.L., Smirnov A.A.</i> Parasitic fauna of pacific herring in the northern Okhotsk sea in winter	3
<i>Kazachenko V.N., Feshchenko N.V., N.V. Ha.</i> Parasitic copepods (<i>Copepoda: Crustacea</i>) fish of the genus <i>Mugil</i> (<i>Pisces: Mugiliformes</i>) in fresh and marine waters of Primorsky region	8
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	16
<i>Baklanov E.N., Starodubtcev E.P., Starodubtcev P.A.</i> Physical model of long-range detection of formed fish schools	16
<i>Shevchenko A.P., Starodubtcev P.A., Baklanov E.N.</i> Multistatic sonar scheme for distant reception of «small amplitude» signals of seismic and synoptic processes	24
<i>Shostak S.V., Baklanov E.N., Starodubtcev P.A., Shevchenko A.P.</i> Modern theoretical explanation of the process of influence of hydroacoustic channel on sounding signal and its processing algorithm to extract harmonic echo	35
SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES	41
<i>Panasenko A.A., Danilov V.S.</i> The thermal efficiency of power plants under the sinusoidal perturbation load	41
<i>Panasenko A.A., Danilov V.S.</i> The thermal efficiency of power plants under the sinusoidal perturbation load	45
<i>Rudnev B.I., Povalikhina O.V.</i> Basic physics-chemical data of diesel soot particles	49
<i>Sobolenko A.N.</i> The integrated ideal six-cycle of the internal combustion engine and its particular cases of heat supply	55
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	62
<i>Kutishcheva U.A.</i> Development of technology of culinary moulded articles from milts of salmon pacific fishes with seafood	62
<i>Olkhovik S.A., Kim E.N.</i> Rationale qualimetric quality models smoked products from hydrobionts	68
<i>Son S.G., Kim E.N.</i> Identification customer requirements at design fish products	74
TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT OF FISHERIES	81
<i>Proskura D.Y., Kapustina J.G., Harutyunyan A.A.</i> Engineering waterworks mobile deployment	81
<i>Fedorova A.I., Ugryumova S.D.</i> Improvement to clean sea water	87
<i>Kim I.N.</i> The processing engineering as a formation basis of the professional competences at the staff's training for the fish processing industry (on the example of the «Technological machines and equipment» qualification)	92

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 33

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-45533 от 16 июня 2011 г.

Редактор Т.В. Ломакина
Технический редактор И.Н. Горланова
Художественный редактор А.А. Устьянцева
Макет, обложка О.В. Нечипорук
Мастер печати Н.В. Сауцкая

Подписано в печать 25.12.2014. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 12,09. Уч.-изд. л. 9,10. Заказ 0554. Тираж 400 экз.
Отпечатано: Издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 25