



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

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 26

Том

26

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

Телефон/факс: (4232)44-11-76

e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

2012

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Технический секретарь – Е.Ю. Образцова

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 573.591.4

В.И. Беляев

Институт экологии растений и животных УрО РАН,
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 202

ОПИСАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМЫ ТЕЛА В ОНТОГЕНЕЗЕ ЖИВОТНЫХ ОДНОЙ ВЫБОРКОЙ ОСОБЕЙ (НА ПРИМЕРЕ РЫБ)

*Проверялась пригодность второй расчетной модели самок и аналогичной модели самцов речного гольяна (*Phoxinus phoxinus* L.) из популяции р. Утка [1] воспроизводить естественную динамику формы тела в онтогенезе особей. Установлено, что расчетные геометрические прогрессии формы тела самок и самцов речного гольяна – вторые математические модели – отражают естественную динамику формы тела – среднестатистическую видовую норму выраженности формы тела у разных по длине тела и полу особей этого вида рыб в данной популяции.*

Ключевые слова: *рыбы, математические модели динамики формы тела, понятие нормы выраженности пластического морфологического признака.*

V.I. Belyaev

DESCRIPTION OF BODY FORM DYNAMICS IN ANIMAL ONTOGENESIS BASED UPON SINGLE SAMPLING (WITH SPECIAL REFERENCE TO FISHES)

*In given article, we tested the ability to reproduce natural dynamics of body form in the course of individual's ontogenesis, the possibility of application of the second calculated model adopted to females and analogous model for males of minnow (*Phoxinus phoxinus* L.) from the Utca river [1]. It was stated that calculated geometric progressions of body form of males and females of minnow – the second mathematical models, reflect natural dynamics of body form – statistically average specific norm of manifestation of body form in individuals of given fish species of the analyzed population differing in body length and sex belonging.*

Key words: *fishes, mathematical models of body form dynamics, the conception of the norm morphological feature.*

При математическом описании роста растений и животных традиционно используют разные математические функции [2, 3]. Основой для вычисления параметров функций служат модель линейной регрессии и метод наименьших квадратов. Поэтому выбор того или иного математического выражения в каждом конкретном случае предполагает определенный, отличный от других, способ преобразования исходных данных [4]. Практика показала, однако, что описание одинаковых исходных данных по росту животных разными математическими выражениями неизбежно приводит к получению разных результатов [5, 6], что в конечном итоге порождает невозможность проведения сравнительного анализа разных случаев роста животных.

Отмеченные препятствия, возникающие при анализе данных, можно устранить, если исключить из обихода биолога использование любых математических функций при описании роста линейных размеров тела и линейных промеров его частей, площади поверхности и массы тела, а также признаков, отражающих размеры внутренних органов животных.

Для этого необходимо сформулировать единую логическую концепцию о принципе роста размеров тела животных и связи значений разных пластических морфологических признаков, после чего на этой единой основе создать адекватную или использовать известную классическую математическую базу для формализации биологических процессов и отдельных явлений.

Известно, например, что мелкие, средние и крупные по размеру тела животных одного вида зрительно похожи друг на друга. Такое зрительное сходство во внешнем облике животных имеет место из-за того, что в процессе роста от мелких до крупных размеров их тел в онтогенезе все линейные расстояния на поверхности тел, площадь поверхности и объем тел животных увеличивались умножительно и примерно в одно число раз.

Адекватное свойство умножительности в ряде числовых значений присуще математическому выражению, не являющемуся математической функцией, именуемому геометрической прогрессией [7]. Выбор геометрической прогрессии (ГП) для оценки особенностей морфологического строения тела рыб обоснован ранее и представлен в работах [8, 9, 10]. Геометрическая прогрессия есть множество, каждый последующий член которого больше предыдущего члена в одно и то же число раз. Сказанное в этом абзаце и определило использование ГП для математического описания динамики роста значений самых разных пластических признаков и формы тела рыб в данной работе.

Величины знаменателей $q(F'_i)$ ГП динамики значений формы тела самок речного гольяна (*Phoxinus phoxinus* L.) в работе [1] вычислены по выборочным средним геометрическим значениям формы тела в каждом из одиннадцати размерных классов длины тела самок (табл. 1). При обращении к наиболее известным классификациям информативности разных исходных данных, используемых для описания роста животных [2, с. 104-106], видим, что данные из табл. 1 в полной мере соответствуют только данным типа (D), а быть названными профильными данными типа (C) могут лишь условно, с большим приближением, так как они сформированы путем ранжирования на классы совокупности значений длины тела большой выборки самок гольяна ($n = 246$), отловленных, в основном, в июле-августе 2004 г. Однако, по мнению авторов разных классификаций, и данные типа (C) «... могут дать лишь общее представление о закономерностях роста отдельных особей» [2, с. 106], так как анализ роста животных в отдельных популяциях вида разными авторами до сих пор проводится по расчетным параметрам разных математических функций, значения которых вычислены методом наименьших квадратов (МНК). Как видим, согласно представлению исследователей середины и второй половины XX в., исходные данные в табл. 1 имеют крайне низкую информативную ценность, чтобы отражать рост гольянов в конкретной популяции вида. Так ли это на самом деле – показано ниже.

В этой работе МНК и другие математические методы параметрической статистики не использованы. Оценка пригодности расчетных геометрических прогрессий – вторых математических моделей динамики формы тела [1] – отражает динамику формы тела самок и самцов речного гольяна в популяции вида, обитающей в р. Утка, проведена по результатам шести трансформаций одной модельной выборки ($l_{i,2}; F'_{i,2}$) самок в системе декартовых координат OX и OY и пяти аналогичных трансформаций модельной выборки ($l_{i,2}; F'_{i,2}$) самцов по расчетным ГП самок и самцов, соответственно, на место расположения на рисунке плоскостей OX и OY разных выборок ($l_{i,k}; F'_{i,k}$), отражающих линейные размеры длины и формы тела гольянов в разные годы отлова рыб. Воспроизведение картины динамики формы тела по длине тела у самок и самцов речного гольяна выполнено по геометрическим прогрессиям, знаменатели q_i которых в работе [1] вычислены по соотношениям (3) и (4), а преобразование измеренных значений разных признаков рыб выполнено по соотношениям (2) – (10). Иллюстрация информативности результатов трансформации модельных выборок ($l_{i,2}; F'_{i,2}$) по расчетным ГП, таким образом, является основной задачей предлагаемой читателю работы.

В качестве модели динамики длины тела самок голяна использована геометрическая прогрессия

$$l_{i,k} = l_{i,2} \cdot 1.062719^{\overrightarrow{(n-1)}} \quad (1)$$

Описание динамики формы тела самок модельной выборки выполнено по второй математической модели [1] – геометрической прогрессии

$$\widehat{F}'_{i,2} = F'_{i,2} \cdot 1.069382^{\overrightarrow{(n-1)}} \quad (2)$$

Значение знаменателя $q(l_i)$ геометрической прогрессии

$$l_{i,k} = l_{i,2} \cdot 1.05552^{\overrightarrow{(n-1)}} \quad (3)$$

- модели динамики длины тела самцов речного голяна, вычислено по ранжированному на размерные классы ряду значений длины тела двухсот самцов после завершения формирования выборки самцов в 2006 г. Для описания динамики формы тела самцов рассчитана и использована здесь вторая модель, как и у самок – геометрическая прогрессия

$$F'_{i,2} \widehat{=} F'_{i,2} \cdot 1.06297^{\overrightarrow{(n-1)}} \quad (4)$$

Последовательность преобразования измеренных значений разных признаков: перевод в масштаб длины тела, вычисление значений знаменателей $q(\widehat{y}_i)$ геометрических прогрессий динамики прямых и обратных величин признаков - подробно изложена в работе [1]. Итог вычислений $q(\widehat{y}_i)$ для отражения динамики y_i разных признаков Y и формы тела самок голяна по первой и второй моделям представлен в табл. 1.

На отрезке времени с 2006 по 2011 гг. в августе каждого года на одном и том же участке русла верхнего течения р. Утка отлавливались выборки самок и самцов голяна (по 25 особей в выборке). Длина тела самок в выборках в разные годы колебалась от 4,29 до 8,27 см, самцов – от 4,21 до 7,81 см. Район проведения исследований указан ранее [1].

Особей в каждой выборке ранжировали по длине тела, после чего значения y_i всех признаков Y переводили в масштаб длины тела по модельным отношениям значений длины тела и разных признаков Y в модельных выборках самок и самцов (приложение). После завершения процедуры перевода в масштаб длины тела по y_i значениям признаков, для которых видовые константы $[q(y_i) < q(l_i)]$ (например, табл. 1), вычислялись y'_i – обратные значения y_i , по (10) и далее – значения формы тела $F'_{i,k}$ по (1) для десяти признаков Y [1]. Ранжированные по l_i ряды $(l_{i,2}; F'_{i,2})$ и $(l_{i,k}; F'_{i,k})$ выстраивались параллельно друг другу, после чего для каждой пары сопряженных $l_{i,2}$ и $l_{i,k}$ самок и самцов по (1) и (3) из этой работы вычислялось, соответственно полу, значение $\overrightarrow{(n-1)}$. Затем по ГП(2) и, соответственно, ГП(4) вычислялось $\widehat{F}'_{i,2}$ самок и самцов. В работе [1] процедура вычисления $\overrightarrow{(n-1)}$ и $\widehat{F}'_{i,2}$ проводилась по готовым соотношениям (5) и (7). Далее для каждой отдельной выборки $l_{i,k}$ вычислялась выборка разностей $(\ln F'_{i,2} - \ln F'_{i,k})$, положительных или отрицательных по знаку, которые ранжировали по величине, после чего проводилась оценка сходства или различия между $F'_{i,2}$ и $F'_{i,k}$ в данной выборке по парному критерию Вилкоксона. Результаты этой оценки в выборках самок голяна разных лет отлова сведены в табл. 2, в выборках самцов – в табл. 3.

Таблица 1
 Расчет значений знаменателей q_i ГП разных признаков и формы тела по ранжированным сопряжённым рядам выборок-ных средних геометрических значений одинадцати признаков самок голяна объединённой выборки ($n = 246$)

Table 1
 Calculation of Values of dominators q_i of GP of different features and body form according to ranged correlated rows of singled out average geometric meanings of eleven features of minnow females in united sample ($n = 246$)

№ выборки п/п	Признаки, см											$\tilde{F}_{10, к}$	\tilde{q}''	\tilde{q}'	$\tilde{F}_{10, к}''$	n особей	
	$\tilde{1}'^*$	$\tilde{2}'$	$\tilde{3}'$	$\tilde{4}'$	$\tilde{5}'$	$\tilde{6}'$	$\tilde{7}'$	$\tilde{8}'$	$\tilde{9}'$	$\tilde{10}'$	$\tilde{11}'$						
1	2,8405	2,7677	2,9241	2,8870	2,8332	2,8350	2,8068	2,8524	2,7577	2,6996	2,7697	2,8126	2,7946	2,8477	2,8286	2,8026	29
2	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	25
3	3,7629	3,7235	3,8023	3,7291	3,7064	3,7558	3,7721	3,7789	3,8069	3,7183	3,9360	3,7724	3,7971	3,8203	3,7471	3,7875	23
4	3,2678	4,2281	4,4570	4,2062	4,2134	4,2822	4,3260	4,2485	4,3055	4,3052	4,5518	4,3111	4,3302	4,3228	4,2871	4,3387	28
5	4,8424	4,9940	5,1832	4,7553	4,7108	4,8686	4,9349	4,8004	5,3058	5,2579	5,4874	5,0237	4,9310	4,9777	4,8848	5,0786	19
6	5,2463	5,4068	5,9162	5,1548	5,1483	5,3077	5,3960	5,1476	5,7254	5,6816	5,9503	5,4755	5,3394	5,3462	5,3469	5,5366	20
7	5,7842	6,0183	6,7193	5,6086	5,6695	5,8524	5,9239	5,7380	6,5063	6,2473	6,7584	6,0908	5,9653	5,9012	5,8308	6,1630	21
8	6,2857	6,5512	7,1408	6,0291	6,1616	6,3564	6,5439	6,1695	7,0852	7,0264	7,3797	6,6289	6,5532	6,4123	6,4041	6,7362	22
9	6,7819	7,0423	7,6637	6,3766	6,5977	6,7697	6,9927	6,8107	7,6722	7,3653	7,8708	7,1001	7,2130	6,9712	6,7532	7,2218	21
10	7,1458	7,5780	7,7579	6,6265	6,9092	7,1910	7,5109	7,0768	8,4207	8,1887	8,4308	7,5453	7,7058	7,3905	7,2154	7,7267	23
11	7,7316	8,2044	8,3434	7,0400	7,3967	7,7428	8,1405	7,7208	9,0336	8,8273	9,1678	8,1342	8,4911	8,0817	7,7424	8,3642	15
\tilde{X}_i^{***}	5,0228	5,1392	5,4159	4,8671	4,9223	5,0436	5,1370	4,9967	5,4264	5,3274	5,5692	5,1796	5,1834	5,1254	5,0490	5,2389	
R_1^{****}	3,7261	3,7149	3,8402	3,7072	3,6831	3,7298	3,7433	3,7225	3,7879	3,7472	3,8853	3,7557	3,7451	3,7696	3,7297	3,7690	
R_2^{****}	6,4420	6,7351	7,2128	6,1065	6,2680	6,4856	6,6873	6,3858	7,3216	7,1426	7,5179	6,7707	6,7959	6,6208	6,4986	6,8932	
q_i	1,0627	1,0683	1,0725	1,0570	1,0609	1,0634	1,0666	1,0618	1,0761	1,0743	1,0760	1,0677	1,0684	1,0646	1,0636	1,0694	

Примечание. Цифровые обозначения пластических признаков самок в данной таблице такие же, как у признаков самок в табл. ПП, символ ' означает, что значение признака представлено в масштабе длины тела (масштабе модели ДИВО [10]), символ '' – обратные значения признаков, вычислены по (10) в работе [1]; $\tilde{F}_{10, к}$ – средние геометрические значения формы тела для вычисления q_i первой модели динамики формы тела [1]; $\tilde{F}_{10, к}''$ – средние геометрические значения формы тела для вычисления q_i второй модели динамики формы тела [1]; * – средние геометрические значения разных признаков в каждом отдельном классе длины тела самок голяна (в масштабе длины тела); ** – среднее геометрическое значение всего ряда чисел; *** – реперная точка R_1 – среднее геометрическое значение левой части всего ряда чисел [9]; **** – реперная точка R_2 – среднее геометрическое значение правой части всего ряда чисел [9]; значение q_i ГП разных признаков вычислены по (3) из работы [1] с $n = 10$.

Таблица 2

**Сумма рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона
в выборках самок голяна разных лет отлова в р. Утка**

Table 2

**Rank – sum (+) and (-) paired test Wilcoxon in the samples
of minnow females of different years of sampling from the Utca river**

Знак Σ рангов	Суммы рангов разностей ($\ln \hat{F}'_{i,2} - \ln F'_{i,k}$) в разные годы						$\Sigma(\Sigma)$
	2006	2007	2009*	2009**	2010	2011	
+	194	170	181	173	247	180	1148
-	131	155	144	152	78	145	802
<i>n</i> пар	25	25	25	25	25	25	150

Примечание. * – «мелкие» по длине тела самки; ** – «крупные» по длине тела самки.

Знак (+) суммы рангов в таблицах означает, что суммы трансформированных значений $\hat{F}'_{i,2}$ модельной выборки самок и(или) самцов в среднем больше по величине сумм сопряженных по $l_{i,k}$ значений $F'_{i,k}$. Знак (-) отражает обратную картину.

Оценка различий между $\hat{F}'_{i,2}$ и $F'_{i,k}$ при помощи парного критерия Вилкоксона [3, табл. 21П] показала на полное их отсутствие во всех шести парных сравнениях выборок самок в табл. 2 и четырех парных сравнениях выборок самцов в табл. 3.

Таблица 3

**Сумма рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона в выборках самцов голяна
разных лет отлова в р. Утка**

Table 3

**Rank - sum (+) and (-) paired test Wilcoxon in the samples of minnow males
of different years of sampling from the Utca river**

Знак Σ рангов	Суммы рангов разностей ($\ln \hat{F}'_{i,2} - \ln F'_{i,k}$) в разные годы					$\Sigma(\Sigma)$
	2007	2009*	2009**	2010	2011	
+	218	244	166	284	190	1102
-	107	81	159	41	135	523
<i>n</i> пар	25	25	25	25	25	125

Примечание. * – «мелкие» по длине тела самцы; ** – «крупные» по длине тела самцы.

Достоверные, на 1%-м уровне значимости, различия по форме тела обнаружены у самцов, отловленных в 2010 г. По отношению к совокупности ($l_{i,2}$; $\hat{F}'_{i,2}$) значения ($l_{i,k}$; $F'_{i,k}$) выборок самок и самцов голяна отлова 2010 г. «просели» по транспозиции. Подобное «проседание» данных видно и у мелких по длине тела самцов в пробе 2009 г. (различия не достоверны).

Причины возникновения различий между $\hat{F}'_{i,2}$ и $F'_{i,k}$ проанализированы и заключаются в следующем. В летнее время 2010 г. на территории центральной части Европейской России, Среднем Урале и Зауралье отмечено выпадение аномально низкого количества атмосферных осадков на фоне аномально высоких температур воздуха в нижних слоях атмосферы. Значительно сократился объем поверхностного стока воды в р. Утка. В некоторых местах русло обмелело и представляло собой цепь мелководных плесов, соединенных друг с другом слабым ручьем.

К августу месяцу 2010 г. самки и особенно самцы голяна не набрали массу тела, свойственную особям этого вида рыб в конце периода летней межени и летних температур среды обитания в годы с благоприятными климатическими характеристиками. Недобор массы тела привел к снижению у рыб линейных размеров таких признаков, как макси-

мальная высота и максимальная толщина тела. Таким образом, из-за дефицита массы тела к концу лета 2010 г. у рыб сформировалась более прогонистая, чем обычно, форма тела.

Итак, на отрезке времени жизни с 2004 по 2011 гг. направление динамики значений формы тела, вычисленных по совокупности значений десяти пластических признаков, в онтогенезе самок и самцов речного голяна в р. Утка в целом оставалось неизменным от года к году. За этот период времени были промерены 932 голяна с длиной тела от 3,01 см до 8,27 см в разных выборках, что отражает практически весь диапазон значений длины и видовой формы тела у молоди и половозрелых голянов, обитающих в р. Утка.

Отсутствие различий между $F'_{i,k}$ и $\hat{F}'_{i,2}$ в десяти случаях из одиннадцати парных сравнений выборок ($\ln \hat{F}'_{i,2} - \ln F'_{i,k}$) убеждает нас в том, что ГП(2) и ГП(4), которым ранее присвоен статус вторых математических моделей динамики формы тела самок и самцов голяна в онтогенезе особей, несмотря на то, что значения их знаменателей $q(F'_{i,2})$ вычислены по условно профильным данным типа (С) (см. табл. 1), пригодны описывать естественную динамику всего диапазона значений формы тела самок и самцов голяна, обитающих в р. Утка, если $l_{i,2}$ модельной выборки ($l_{i,2}; F'_{i,2}$) самок или $l_{i,2}$ аналогичной выборки самцов трансформировать по ГП(1) или ГП(3) соответственно.

С другой стороны, ГП(2) и ГП(4) следует называть математическими моделями, которые отражают норму выраженности формы тела у разных по длине тела самок и самцов речного голяна в условиях верхнего течения р. Утка. Норма выраженности любого пластического признака, таким образом, в моем представлении есть его определенная величина у разных по длине тела особей вида, которая в конкретных условиях среды обитания особей воспроизводится и поддерживается в популяции вида от года к году «под контролем естественного отбора».

Термин «норма выраженности размера пластического признака» позаимствован у академика АН СССР С.С. Шварца при общении с ним автора статьи в первые годы работы в Институте экологии растений и животных в г. Свердловске (ныне г. Екатеринбург). Автор надеется на то, что по крайней мере в первом приближении ответил на вопрос С.С. Шварца: «Что представляет собой понятие «норма выраженности морфологического признака?»».

Акцентирую внимание читателя на сказанном выше. Геометрические прогрессии (1) и (2), (3) и (4) могут быть использованы для установления сходства и различий по форме тела самок и самцов речного голяна, обитающих в разных популяциях вида. Иллюстрация трансформации ($l_{i,2}; F'_{i,2}$) на выборки ($l_{i,k}; F'_{i,k}$) рыб разных лет отлова – основа метода проведения сравнительного анализа такого типа. Очевидно, что для достижения желаемого результата необходимо использовать только выборки значений ($l_{i,2}; F'_{i,2}$), т.е. значения признаков модельных выборок самок и самцов речного голяна из р. Утка. При этом для оценки морфологической определенности формы тела голянов в той или другой популяции вида достаточно, как видим, примерно на одном отрезке времени календарного года отловить для анализа и промерить всего одну выборку половозрелых самок и аналогичную выборку самцов.

Ясно при этом, что для проведения сравнительного межпопуляционного анализа набор пластических признаков, призванных отражать форму тела рыб и других животных, может быть каким угодно, но всегда одинаковым по числу и составу признаков, значения которых, в свою очередь, должны быть представлены в однородных и одного масштаба единицах измерения. Для этого желательно, чтобы набор пластических признаков был оговорен предварительно на форуме научной общественности, хотя бы на уровне тематической научной лаборатории. Последнее позволит исключить неизбежное разнообразие в вариантах выбора признаков разными исследователями и тем самым предотвратит нестыковку результатов разных исследований видовой динамики формы тела животных, проведенных в разных частях ареала вида.

Таблица 1П

**Измеренные значения пластических признаков самок речного голяна
из р. Утка в модельной выборке особей (2004 г., $n = 25$), см**

№ п/п	Признаки, см										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,01	0,6526	0,13	0,68	1,37	1,84	1,16	1,17	0,48	0,33	0,20
2	3,05	0,6542	0,14	0,66	1,37	1,90	1,24	1,15	0,49	0,36	0,16
3	3,05	0,6811	0,13	0,65	1,41	1,92	1,27	1,13	0,48	0,37	0,19
4	3,05	0,6840	0,16	0,70	1,45	1,90	1,20	1,15	0,50	0,32	0,19
5	3,06	0,6495	0,15	0,68	1,40	1,87	1,19	1,19	0,50	0,32	0,17
6	3,09	0,7159	0,13	0,66	1,48	1,98	1,32	1,11	0,47	0,37	0,18
7	3,09	0,6739	0,14	0,69	1,41	1,91	1,22	1,18	0,48	0,35	0,19
8	3,12	0,6604	0,15	0,69	1,48	1,94	1,25	1,18	0,46	0,32	0,18
9	3,13	0,6896	0,14	0,74	1,44	1,95	1,21	1,18	0,50	0,37	0,18
10	3,15	0,7230	0,18	0,73	1,50	2,00	1,27	1,15	0,48	0,39	0,22
11	3,19	0,7306	0,21	0,78	1,50	2,03	1,25	1,16	0,55	0,40	0,21
12	3,24	0,7708	0,19	0,75	1,49	2,00	1,25	1,24	0,52	0,44	0,22
13	3,28	0,7007	0,14	0,71	1,55	2,11	1,40	1,17	0,52	0,37	0,20
14	3,30	0,7368	0,14	0,72	1,49	2,06	1,34	1,24	0,53	0,35	0,21
15	3,31	0,7617	0,20	0,80	1,60	2,11	1,31	1,20	0,57	0,40	0,21
16	3,35	0,7489	0,18	0,79	1,55	2,07	1,28	1,28	0,59	0,39	0,22
17	3,36	0,7477	0,16	0,77	1,55	2,13	1,36	1,23	0,54	0,40	0,19
18	3,40	0,7405	0,14	0,77	1,53	2,11	1,34	1,29	0,55	0,31	0,22
19	3,41	0,7802	0,18	0,76	1,62	2,19	1,43	1,22	0,61	0,41	0,21
20	3,42	0,7249	0,20	0,78	1,59	2,15	1,37	1,24	0,52	0,36	0,20
21	3,45	0,8000	0,19	0,77	1,65	2,20	1,43	1,25	0,55	0,45	0,23
22	3,46	0,7835	0,16	0,77	1,62	2,21	1,44	1,25	0,59	0,42	0,23
23	3,46	0,7319	0,19	0,80	1,58	2,20	1,40	1,26	0,50	0,38	0,22
24	3,48	0,8330	0,17	0,76	1,65	2,24	1,48	1,24	0,63	0,47	0,25
25	3,48	0,7691	0,16	0,78	1,55	2,16	1,38	1,32	0,57	0,41	0,22

Примечание. 1 – длина тела промысловая, от кончика рыла до конца чешуйного покрова l ; 2 – условная масса тела Q ; 3 – длина рыла aO ; 4 – длина головы слева lC ; 5 – расстояние до брюшного плавника aV ; 6 – расстояние до анального плавника aA ; 7 – линейный размер брюшного отдела $aA-lC$; 8 – длина хвостового стебля $l-aA$; 9 – максимальная высота тела H в основании брюшного плавника; 10 – максимальная толщина тела B ; 11 – минимальная высота тела в шейке хвостового стебля h .

Условная масса тела самок голяна в табл. 1П и самок голяна в табл. 2П представлена в сантиметрах; для перевода в граммы требуется любое табличное значение условной массы тела возвести в куб [1, 10].

Если значение условной массы тела Q (см) [10] животного или любого другого физического тела возвести в квадрат и умножить на число шесть, то получим площадь поверхности куба, равную $6Q^2$, с размерностью сантиметр в квадрате. Тогда $\sqrt{6Q^2} = Q \sqrt{6}$ – сторона квадрата есть линейное выражение (в см) площади поверхности тела данного животного или любого другого физического тела и, следовательно, должна быть поименована как условная площадь поверхности. Видно, что условная площадь поверхности физического тела больше его условной массы в $\sqrt{6}$ раз.

Таблица 2 П

**Измеренные значения пластических признаков самцов речного голяна
из р. Утка в модельной выборке особей (2006 г., n=25), см**

№ п/п	Признаки, см										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,03	0,7034	0,17	0,76	1,44	1,96	1,20	1,07	0,49	0,38	0,21
2	3,04	0,6753	0,17	0,71	1,41	1,88	1,17	1,16	0,49	0,35	0,20
3	3,05	0,6724	0,16	0,70	1,41	1,90	1,20	1,15	0,46	0,35	0,20
4	3,05	0,6753	0,16	0,70	1,38	1,89	1,19	1,16	0,53	0,31	0,18
5	3,07	0,6840	0,14	0,70	1,41	1,94	1,24	1,13	0,47	0,37	0,20
6	3,10	0,6664	0,14	0,70	1,39	1,90	1,20	1,20	0,50	0,35	0,19
7	3,11	0,6790	0,16	0,71	1,38	1,99	1,27	1,12	0,50	0,34	0,19
8	3,14	0,6818	0,16	0,71	1,44	1,94	1,23	1,20	0,52	0,34	0,17
9	3,14	0,6581	0,19	0,75	1,47	1,94	1,19	1,20	0,49	0,34	0,18
10	3,16	0,6973	0,18	0,71	1,41	1,91	1,20	1,25	0,49	0,37	0,22
11	3,19	0,7133	0,13	0,71	1,47	2,01	1,30	1,18	0,52	0,37	0,19
12	3,20	0,6882	0,21	0,77	1,50	2,04	1,27	1,16	0,48	0,32	0,20
13	3,20	0,6952	0,15	0,70	1,45	1,96	1,26	1,24	0,49	0,34	0,21
14	3,20	0,7153	0,15	0,71	1,43	2,00	1,29	1,20	0,52	0,38	0,21
15	3,24	0,7054	0,16	0,71	1,44	2,01	1,30	1,23	0,51	0,35	0,21
16	3,27	0,7477	0,20	0,79	1,54	2,13	1,34	1,14	0,54	0,37	0,22
17	3,27	0,7635	0,14	0,73	1,47	2,05	1,32	1,22	0,58	0,41	0,23
18	3,28	0,6910	0,18	0,75	1,44	2,00	1,25	1,28	0,51	0,34	0,20
19	3,32	0,7606	0,14	0,79	1,49	2,08	1,29	1,24	0,55	0,40	0,23
20	3,34	0,7047	0,15	0,73	1,48	2,05	1,32	1,29	0,52	0,36	0,20
21	3,40	0,7140	0,18	0,77	1,49	2,08	1,31	1,32	0,55	0,34	0,21
22	3,44	0,7429	0,18	0,78	1,55	2,17	1,39	1,27	0,52	0,36	0,21
23	3,48	0,7797	0,17	0,79	1,51	2,15	1,36	1,33	0,59	0,39	0,23
24	3,49	0,8010	0,18	0,79	1,59	2,19	1,40	1,30	0,61	0,44	0,25
25	3,49	0,7312	0,19	0,81	1,54	2,15	1,34	1,34	0,52	0,33	0,22

Примечание. Цифровые обозначения пластических признаков самцов в данной таблице такие же, как у признаков самок в табл. 1 П.

Модельные отношения между выборочной средней геометрической длиной тела и выборочными средними геометрическими значениями всех других признаков самок в модельной выборке особей. Цифровое обозначение признаков соответствует их словесному названию в таблице исходных данных самок.

$$\bar{1}/\bar{2} = 4.490178; \bar{1}/\bar{3} = 20.245796; \bar{1}/\bar{4} = 4.429446; \bar{1}/\bar{5} = 2.152074; \bar{1}/\bar{6} = 1.591035; \bar{1}/\bar{7} = 2.484595; \bar{1}/\bar{8} = 2.696056; \bar{1}/\bar{9} = 6.190219; \bar{1}/\bar{10} = 8.644018; \bar{1}/\bar{11} = 16.023801.$$

Модельные отношения между выборочной средней геометрической длиной тела и выборочными средними геометрическими значениями всех других признаков самок в модельной выборке особей:

$$\bar{1}/\bar{2} = 4.55344; \bar{1}/\bar{3} = 19.50431; \bar{1}/\bar{4} = 4.37071; \bar{1}/\bar{5} = 2.20851; \bar{1}/\bar{6} = 1.60542; \bar{1}/\bar{7} = 2.53828; \bar{1}/\bar{8} = 2.65375; \bar{1}/\bar{9} = 6.23960; \bar{1}/\bar{10} = 8.99674; \bar{1}/\bar{11} = 15.66007.$$

Расчет значений заменателя q геометрических рядов средних геометрических значений $\bar{x}_{i,k}, \bar{y}_{i,k}, \bar{F}_{i,k}$ самок речного голяна приведен в табл. 1 текста статьи. При $n = 10$ в соотношении (3) [1] имеем: $q(\bar{1}) = 1.062719; q(\bar{2}) = 1.068343; q(\bar{3}) = 1.072548; q(\bar{4}) = 1.057019; q(\bar{5}) = 1.06086; q(\bar{6}) = 1.063398; q(\bar{7}) = 1.066595; q(\bar{8}) = 1.061799; q(\bar{9}) = 1.075972; q(\bar{10}) = 1.074305; q(\bar{11}) = 1.076099; q(\bar{F}_{i,k}) = 1.067672$ (первая модель); $q(\bar{4}) = 1.068449$ (обратные величины, см. текст); $q(\bar{5}) = 1.064583$ (обратные величины); $q(\bar{8}) = 1.063640$ (обратные величины); $q(\bar{F}_{i,k}) = 1.069382$ (вторая модель, $n = 10$, по прямым и обратным величинам признакам).

Расчетные значения заменателей геометрических прогрессий q рядов средних геометрических значений признаков $\bar{x}_{i,k}, \bar{y}_{i,k}, \bar{F}_{i,k}$ самок речного голяна, вычисленные для интервала средних значений длины тела от $\bar{2}.88$ до $\bar{6}.82$ см. При $n=10$ в соотношении (3) [1] имеем: $q(\bar{1}) = 1.05552; q(\bar{2}) = 1.06235; q(\bar{3}) = 1.06155; q(\bar{4}) = 1.05082; q(\bar{5}) = 1.05132; q(\bar{6}) = 1.05392; q(\bar{7}) = 1.05566; q(\bar{8}) = 1.05814; q(\bar{9}) = 1.07267; q(\bar{10}) = 1.06912; q(\bar{11}) = 1.07333; q(\bar{F}_{i,k}) = 1.06086$ (первая модель); $q(\bar{4}) = 1.06023$ (обратные величины); $q(\bar{5}) = 1.05973$ (обратные величины); $q(\bar{6}) = 1.05711$ (обратные величины); $q(\bar{F}_{i,k}) = 1.06297$ (вторая модель, $n = 10$, по прямым и обратным величинам признакам).

Видим, что пришло время создавать на базе Интернета банки первичных данных, состоящие из модельных выборок измеренных значений некоторого числа пластических признаков Y и длины тела X особей популяции конкретного вида животных, модельных отношений x_i / y_i значений признаков в модельных выборках, расчетных величин знаменателей геометрических прогрессий – моделей динамики значений длины тела X , отдельных признаков Y и формы тела F_i для самок и самцов из отдельных популяций вида.

Все перечисленные выше необходимые исходные данные для организации и проведения исследований по оценке динамики формы тела самок и самцов речного голяна в разных частях ареала вида помещены в приложении.

Список литературы

1. Беляев В.И. Использование геометрической прогрессии y_i / x_i для оценки половых различий во внешнем облике животных (на примере рыб) // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2012. – Т. 25. – С. 23-35.
2. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
3. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М., 1984. – 424 с.
4. Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. – 264 с.
5. Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 408 с.
6. Беляев В.И. Степень соответствия экспоненциального и степенного уравнений для описания роста молоди карпа в длину // Количественные методы в экологии позвоночных. – Свердловск: УНЦАН СССР, 1983. – С. 127-133.
7. Бронштейн В.И., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Гос. изд-во технико-теорет. лит-ры, 1953. – 608 с.
8. Беляев В.И. Оценка функциональных отношений биологических признаков животных в выборочных базах данных (на примере рыб) // Проблемы отдаленных эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв. – Екатеринбург, 2000. – С. 88-98.
9. Беляев В.И. Принцип связи двух переменных в алгоритмах оценки функциональных отношений биологических признаков животных (на примере рыб) // Сибирский эколог. ж. – 2001. – № 5. – С. 637-643.
10. Беляев В.И., Русанов В.В. Отражение статики и динамики формы тела животных при помощи модели двумерного изометрического виртуального облика (на примере рыб) // Вест. Тюменского гос. ун-та. – Тюмень. – 2005. – № 5. – С. 202-212.

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

УДК 639.3 : 593.953

Г.Г. Калинина, В.В. Евдокимов, И.В. МатросоваДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГАМЕТ И ИХ ПОТЕНЦИЙ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЕТОМ НА МОРСКОГО ЕЖА
*STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS***

*Проведено исследование влияния монохроматического света на половой процесс серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в контролируемых условиях. Масса гонад морских ежей, объем ацинусов, рост и созревание гамет свидетельствовали о том, что красный и зеленый свет на фоне температурной стимуляции оказывает определенное воздействие на половой процесс морских ежей, причем его проявление на процессы оо- и сперматогенеза различно, красный свет стимулирует, а зеленый угнетает, что отражается на морфофункциональных показателях.*

Ключевые слова: морской еж, гаметы, свет, половой процесс.

G.G. Kalinina, V.V. Evdokimov, I.V. Matrosova**MORPHOFUNCTIONAL ESTIMATE OF GAMETS AND THEM POTENTIONS
WHEN INFLUENCE LIGHT ON THE GREY SEA URCHINS
*STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS***

*Research of influence monochromatical light on the grey sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* sexual process in artificial conditions were conducted. Weight sea urchins gonad, volume of acinuses, growth and maturing of gametes, testified that red and green light, on a background of temperature stimulation, renders the certain influence on sexual process of sea urchins, and its display on processes oo-and spermatogenesis variously, red light stimulates, and green oppresses, that is reflected on morphofunctional parameters.*

Key words: sea urchin, gamets, light, sex process.

Введение

Исследования проводили на морском еже *Strongylocentrotus intermedius*. Мы использовали определенные зоны спектров света, исходя из анализа собственных данных [1]. Выбранный свет соответствует местам обитания морских ежей в естественных условиях (от 300 до 800 нм). Для определения морфофункциональной оценки гамет и их потенций у ежей мы использовали стандартные абсорбционные светофильтры: ЗС-2, который поглощает все спектры света, кроме зеленого (495-550 нм), и КС-11, который поглощает все спектры света, кроме красного (675-770 нм). Красный свет мы условно обозначаем 720 нм, зеленый свет – 520 нм.

Объекты и методы исследований

Эксперименты проводились с использованием метода температурной стимуляции [2]. Этот метод удобен для экспериментального изучения регуляторных механизмов роста и созревания гамет морских ежей при промышленном их воспроизводстве, так как позволяет в любое время года иметь в достаточном количестве зрелые гаметы, которые можно использовать для различных экспериментальных исследований, а также для получения спата в хозяйствах марикультуры. Он относится к современным мировым биотехнологиям в области марикультуры.

Метод стимуляции гаметогенеза морских ежей заключался в том, что в сжатые сроки в лабораторных условиях воспроизводился ход изменения температуры воды естественной среды. Рассчитывалась сумма градусодней, необходимая для созревания гамет у животных с учетом сезона года.

Весной гонадный индекс и объем половых клеток находятся в линейной зависимости от температуры воды:

$$T = 803 \cdot 10^{-7} \cdot V - 5,9; \quad T = 1,99 \cdot G - 29,15,$$

где T – температура; V – объем клеток; G – гонадный индекс.

С помощью формул зависимости величины гонадного индекса и размера половых клеток от суммы температур определяли количество градусодней, полученных морскими ежами в море и необходимых для созревания половых клеток в искусственных условиях. Для этого измеряли температуру воды в период взятия животных из моря. Сумму градусодней рассчитывали по формуле

$$D = d(t - t_0),$$

где D – сумма градусодней; d – время, сут; t – температура окружающей среды; t_0 – критическая температура.

Стимуляция гаметогенеза морского ежа включала 3 периода:

1. Адаптация к искусственной среде при температуре, соответствующей температуре воды в море.
2. Адаптация гаметогенеза – сжатое воспроизведение естественного хода температур, при котором созревают гонады.
3. Завершение гаметогенеза с помощью устойчивых температур (зависит от уровня развития гонады).

Исходная температура в емкостях с производителями задавалась в зависимости от зрелости гонады и температуры воды в море в момент взятия морского ежа.

При активации гаметогенеза температуру воды доводили до 14-16 °С и поддерживали на таком уровне три недели. Далее температуру поднимали до нерестовой (18-21 °С).

Период завершения гаметогенеза составлял 7 сут.

Эксперименты проводили в весенний период, когда ежи находились на стадии пролиферации – первая стадия, в течение трех лет. Всего поставлено 6 опытов, в которых исследовано 1440 серых морских ежей.

Морских ежей размером 60-80 мм отлавливали в море, перевозили в лабораторию и помещали в аквариумы с той же температурой воды, что и в естественных условиях, для прохождения адаптации. В воде с этой температурой ежей выдерживали 1-2 сут, после чего производили медленное повышение температуры на 1-2 °С. Время, в течение которого животные находились при заданной температуре, зависело от их состояния. Если ежи интенсивно работали амбулакральными ножками, активно передвигались, имели упругие иглы, значит, адаптация происходила успешно, и температуру повышали, если этого не наблюдалось, температуру оставляли прежней. После адаптации животных помещали в опыт.

В аквариумы помещалось по 30 животных. Три аквариума были полностью затемнены, в два из них подавался свет определенного спектра. Третий оставался затемненным и служил контролем для определения воздействия тепловых лучей. Один аквариум оставался незатемненным.

В незатемненном аквариуме животные подвергались температурной стимуляции при освещении белым светом, это мы принимали за контроль. В первом, затемненном аква-

риуме, ежей на фоне температурной стимуляции подвергали воздействию светом с длиной волны 720 нм, применяя светофильтр марки «КС-11». Во втором, затемненном аквариуме, животных на фоне температурной стимуляции освещали светом с длиной волны 520 нм, используя для этого светофильтр марки «ЗС-2». В третьем, затемненном аквариуме, ежи находились без освещения, только под воздействием температурной стимуляции.

Для исключения влияния ультрафиолетового света животных содержали в стеклянных аквариумах, поскольку стекло не пропускает ультрафиолетовый свет.

Воздействие тепловых волн мы пытались анализировать, используя для этой цели затемненные аквариумы, где содержали животных при постоянной температуре воды.

На протяжении всего эксперимента источником света в аквариумах, где анализировался красный и зеленый свет, была электрическая лампа (25 Вт), освещенность достигалась с помощью электронного реле регулятора (ЭРМ) и составляла 20 лк. Нужную температуру во всех аквариумах устанавливали по контактному электротермометру и поддерживали с помощью реле регулятора автоматически. Аэрацию воды производили посредством микрокомпрессоров МК-1. В качестве корма использовали водоросли: ламинария японская *Laminaria japonica*, ульва фенестрата *Ulva fenestrata*, тихокарпус косматый *Tichocarpus crinitus*, грацилярия бородавчатая *Gracilaria verrucosa*. Водоросли подавали ежам в равных количествах во все аквариумы одновременно.

Опыты по выявлению воздействия света на репродуктивный процесс морских ежей на фоне температурной стимуляции проводили параллельно с опытами без температурной стимуляции для определения только светового влияния. Для этого морских ежей помещали в аналогичные условия в такие же аквариумы и содержали при постоянной температуре воды, адекватной той, что и в естественных условиях моря в этот весенний период.

Стадии развития гонады морского ежа определяли по шкале, предложенной Ю.С. Хотимченко с соавторами [3].

Перед помещением животных в эксперимент для исследования использовали гонады от 10 самок и 10 самцов, при промежуточных наблюдениях из каждого аквариума брали по 5 особей обоего пола, оставшихся животных вскрывали в конце эксперимента. В начале опыта, на промежуточном этапе (через 15 сут после начала эксперимента), и в конце опыта (через 30 сут) у ежей определяли тургор, цвет и массу гонад, после чего для микроскопического изучения из половой железы вырезали кусочки ткани размером 5x5 мм, которые фиксировали в жидкости Буэна и 10%-м растворе нейтрального формалина. По общепринятой гистологической методике полученный материал заливали в парафин [4]. Срезы толщиной 7 мкм окрашивали железным гематоксилином и гематоксилином Эрлиха с докраской 0,5%-м раствором эозина. Для оценки состояния гонад определяли средний объем ацинусов, половых клеток, их ядер и ядрышек по формуле эллипсоида: $V = \pi/6 \times A \times B^2$, где A – большой, B – малый диаметры.

Качественные изменения в гонадах самок определяли по наличию в ацинусах половых клеток различных стадий развития. Для этого все половые клетки были разделены на пристеночные, свободнолежащие ооциты и половые клетки, готовые к вымету.

У самцов выделяли зоны размножения, роста, формирования и зону, незанятую половыми клетками. Используются критерии достоверности различий при уровне значимости $P = 0,01$. Все полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики [5].

В конце эксперимента определяли плодовитость у морских ежей по методу С.Н. Яковлева [6]. Для подсчета яйцеклеток у самок после измерения диаметра панциря целиком удаляли яичники, определяли их объем в мерном цилиндре с морской водой и фильтровали через газ. Полученную суспензию, состоящую почти целиком из гамет, доводили до 100 мл и под биноклем в камере Богорова подсчитывали количество яйцеклеток, содержащихся в 1 мл конечной суспензии. Затем определяли общее количество яйцеклеток, содержащихся в яичниках одной самки.

С помощью эмбриональных экспериментов определяли полноценность полученных гамет. Для того чтобы судить, насколько потенции гамет животных отличаются при формировании в гонадах морских ежей после воздействия на животных красным и зеленым светом, мы прослеживали ранний онтогенез, ориентируясь на стадии развития. Определяли наступление стадий развития, закладку органов, долю аномалий. Развитие ежей прослеживали до плутеуса I стадии.

Изучение раннего онтогенеза морского ежа проводили следующим образом. Половые продукты от половозрелых морских ежей получали у самок введением в перивисцеральную полость 0,5 мл 0,5 М раствора KCl. У самцов железу извлекали из перивисцеральной полости в чашку Петри; концентрированную сперму забирали микропипеткой. Осеменивание проводили в следующем порядке. Яйца, суспензированные в морской воде, оседали, затем большая часть воды сливалась. Каплю «сухой» спермы разводили 5 мл морской воды. Разбавленную сперму смешивали с яйцеклетками. Через 1-2 мин суспензию разбавляли в 15 раз морской водой и после оседания яйцеклеток воду заменяли новой. Дополнительно зиготы промывали два раза свежей морской водой.

Осеменивание яйцеклеток и последующую инкубацию зародышей проводили при температуре 19 °С. Развитие зигот до плутеуса I стадии происходило в морской воде, профильтрованной через бумажный фильтр.

В процессе опытов морская вода имела следующие показатели: pH 8,4-7,95; концентрация кислорода 12,4-9,9 мг/л; соленость 33-30‰.

Полученные гистологические препараты изучались и фотографировались в проходящем свете при различном увеличении (9 x 10, 8 x 20, 8 x 40, 9 x 100) на микроскопе «Olympus» ВНТ с использованием Olympus Photomicrographic System Model PM-10 AD и цифровой фотокамеры «Digital camera» C-2020 ZOOM.

Математическую обработку данных, полученных в результате исследований, проводили на персональном компьютере IBM PC/AT с использованием электронных таблиц Microsoft Excel.

Результаты

В результате проведенных исследований нами было установлено воздействие света с длиной волны 720 нм и 520 нм на половой процесс морских ежей. Изучение воздействия света при постоянной температуре +4 °С позволило установить, что свет 720 нм положительно действует на репродуктивный процесс. Это выражается в нарастании массы гонады на $2,0 \pm 0,3$ г, увеличении числа пристеночных ооцитов на 20 % и свободнолежащих ооцитов вдвое в сравнении с контролем. Свет с длиной волны 520 нм оказывает негативное воздействие на гонадогенез морских ежей. Это выражается в уменьшении объема ацинусов в 1,5 раза, в уменьшении сперматоцитов на 10 % в сравнении с контролем.

На фоне температурной стимуляции отмечается, что исследуемые длины волн оказывают различное воздействие на половые железы морских ежей в соответствии с законом Вант-Гоффа-Аррениуса, т.е. скорость ферментативных реакций при повышении температуры на 1 °С возрастает на 9,6 %, что соответствует $Q_{10} = 2$.

Критерием оценки нормального развития репродуктивных органов морских ежей при световой стимуляции являлись изменения массы гонады, размер ацинусов и количество в них клеточных элементов. Их удобно сопоставить с соответствующими параметрами гонад животных, обитающих в естественных условиях.

Масса гонад

Средняя масса зрелой гонады у морского ежа $25,0 \pm 0,5$ г. При воздействии светом 720 нм на фоне температурной стимуляции происходит закономерное увеличение массы на ста-

статистически достоверную величину. Нарастание массы гонад у животных зависит от длительности температурной стимуляции, от ее исходного состояния и влияния световой волны.

Размеры ацинусов

У животных вместе с массой гонад в ходе экспериментов увеличиваются объемы ацинусов. Они при световом воздействии на фоне температурной стимуляции изменяются на статистически достоверную величину ($P < 0,001$).

Рост ооцитов и изменение клеточного состава гонад

Для того чтобы судить о качественных изменениях в гонаде самок, исследовались следующие гаметы.

Пристеночные ооциты – это клетки, преобладающие в начале опыта. В ходе эксперимента число их уменьшается и резко сокращается в конце опыта.

Число свободнолежащих ооцитов увеличивается в ходе опытов. Часть их в ходе экспериментов подвергается резорбции с образованием трофического субстрата, т.е. наблюдается то же, что происходит и в процессе естественного гаметогенеза. Разница заключается в том, что резорбция выросших клеток при воздействии красным и зеленым светом на фоне температурной стимуляции регистрируется на коротком отрезке времени и носит более выраженный характер. Число свободнолежащих ооцитов заметно увеличивается на промежуточных этапах и сокращается к концу опытов.

В конце опытов преобладают зрелые яйцеклетки. Наглядным показателем прогрессирующего развития гонады следует считать закономерное увеличение средних объемов клеток, постоянство ядерно-плазменных, ядрышко-ядерных отношений на протяжении роста ооцитов и уменьшение ядерно-плазменного коэффициента в зрелых яйцеклетках.

Изменение клеточного состава в ацинусах самцов

При сперматогенезе у морского ежа дифференцировка гамет в ацинусах идет от периферии к центру. На базальной мембране располагаются сперматогонии, образуя зону размножения. За зоной размножения располагается зона роста, которая представлена сперматоцитами I и II порядка. Далее в центре ацинусов сперматиды и спермии образуют зону формирования. Зрелость железы определяется двумя показателями: величиной зоны формирования и плотностью распределения в них клеточных элементов. В процессе светового воздействия на фоне температурной стимуляции происходит активация сперматогенеза. Прежде всего, заметно расширяется зона роста и формирования, к концу опытов зрелость гонад увеличивается. При этом следует отметить, что животные, содержащиеся под воздействием света с длиной волны 520 нм, в конце опытов не содержат выраженной зоны формирования.

Таким образом, масса гонад морских ежей, объем ацинусов, рост и созревание гамет свидетельствуют о том, что красный и зеленый свет на фоне температурной стимуляции оказывает определенное воздействие на половой процесс морских ежей, причем его проявление на процессы оо- и сперматогенеза различно, красный свет стимулирует, а зеленый угнетает, что отражается на морфофункциональных показателях.

Проведенные исследования по определению плодовитости у морских ежей, находящихся под воздействием монохроматического света на фоне температурной стимуляции, преследовали одну цель: показать, влияет ли свет определенной длины волны на формирование гамет. Для решения поставленной задачи определяли плодовитость у самок морских ежей на преднерестовой стадии.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наименьшая плодовитость – $23,0 \pm 1,7$ млн яйцеклеток – у ежей из опыта, где животные содержались под воздействием зеленого света, наибольшая – $30,1 \pm 1,9$ млн яйцеклеток - при освещении ежей красным светом.

Эмбриологические наблюдения

В процессе экспериментальных исследований установлено, что гаметы, полученные у ежей после содержания их под воздействием красного и зеленого света, обладают различной потенциальной возможностью. Это выражается в выживаемости эмбрионов в процессе прослеженного раннего онтогенеза. Минимальная доля отклонений от нормального развития (8 %) наблюдается у эмбрионов из гамет, полученных от ежей, содержавшихся при освещении светом длиной волны 720 нм. Максимальная доля аномалий (30 %) в ходе раннего онтогенеза у животных при воздействии на них светом 520 нм. Все это свидетельствует о том, что потенции гамет у морских ежей, сформировавшиеся под воздействием красного света, реализуются у организмов наиболее полно.

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования на морских ежах позволили установить, что в процессе светового воздействия на фоне температурной стимуляции у них происходит достоверное увеличение веса гонады, размеров ацинусов, созревание половых гамет, т.е. наблюдается комплекс прогрессивных формативных изменений.

Учитывая ведущее значение женского гонадогенеза, в первую очередь необходимо было доказать полноценность «искусственно полученных» яйцеклеток. Для этого использовались цитологические, морфометрические и эмбриологические методы исследования. При эмбриологических методах определялась равная потентность как яиц, так и спермиев.

Наглядным показателем нормального развития яйцеклеток следует считать закономерное увеличение их средних объемов, постоянство ядерно-плазменных отношений на протяжении роста ооцитов и резкое уменьшение этого показателя после редукционных делений в зрелых яйцеклетках.

Большую роль в плане доказательства полноценности полученных гамет играет эмбриологический метод. Поэтому каждый опыт заканчивался оплодотворением половых клеток и изучением раннего онтогенеза морских ежей вплоть до образования малого плутеуса. Во всех наблюдениях оплодотворение происходило одновременно, дробление начиналось с закладки меридиональных борозд, характеризовалось равномерностью и синхронностью. В результате дробления формировались бластула, гастрюла, призма, плутеус. Отклонений от нормального развития наблюдалось не более чем при изучении дробящихся клеток, созревающих в естественных условиях.

Таким образом, морфологическое, морфометрическое и эмбриологическое изучение половых клеток, полученных в эксперименте со световой стимуляцией, доказывает их равноценность с яйцеклетками, сформированными в естественных условиях. Следует отметить, что исследуемые длины волн оказывают различное воздействие на половые железы морских ежей.

Полученные нами данные указывают на то, что свет не только определенным образом действует на репродуктивный процесс морского ежа, но его воздействие на процессы оо- и сперматогенеза различно.

Свет с длиной волны 720 нм активизирует развитие гонад. Об этом свидетельствуют увеличение таких показателей, как масса гонад, число половых клеток в ацинусах. У ежей увеличивается плодовитость, повышается жизнестойкость эмбрионов. Полученные нами результаты согласуются с литературными данными других авторов, отмечающих положительное действие тепловых лучей на развитие организма [7, 8].

Свет с длиной волны 520 нм тормозит развитие гонад морских ежей, т.е. снижает содержание оогониев и сперматогониев, но при этом не нарушается структура клеток.

Световые сигналы поступают в клетки морских ежей через сложный сенсорно-секреторный комплекс, находящийся на поверхности подий и иридофоры морских ежей, и служат, по-видимому, рефлектором кожных фоторецепторов [9]. Посредником между световым воздействием из окружающей среды и половым процессом морских ежей является нервная система. Ее нейроны секретируют разнообразные биологически активные вещества (биогенные моноамины, нейропептиды), которые доставляются к гонаде гуморальным путем и аксональным транспортом. Мешенью для нейропептидов считаются вспомогательные (фоликулярные) клетки, способные продуцировать стероидные гормоны [3].

Половые стероидные гормоны в семенниках ежей ускоряют пролиферацию гониев, созревание сперматоцитов II, формирование сперматид и спермиев, а в яичниках - пролиферацию гониев, цито- и трофоплазматический рост за счет активации синтетических процессов как в половой железе, так и в самом ооците.

Мы полагаем, что свет 720 нм, по всей видимости, активизирует выработку стероидных гормонов, поскольку в наших опытах отмечается увеличение аналогичных параметров половой железы. В сравнении с контролем: масса гонады больше на $2,0 \pm 0,3$ г, количество пристеночных ооцитов - на 4 %, свободнолежащих ооцитов - на 50 %, зрелых гамет - на 8 %.

В семенниках количество сперматоцитов почти вдвое больше, чем в контроле, а зона формирования полностью занимает ацинус.

Плодовитость в опытах при освещении светом 720 нм увеличивается на $3,0 \pm 0,2$ млн в сравнении с контролем. Действие красного и зеленого света на жизнедеятельность морских ежей в конечном итоге отражается на жизнестойкости эмбрионов, которые развиваются из гамет, обладающих различной потенциальной возможностью. Это объясняется, по всей видимости, тем, что согласно литературным данным [3] формирующиеся в ооците пептидергическая и стероидергическая системы сохраняются после его созревания и начинают функционировать в раннем эмбриогенезе, осуществляя регуляцию развития.

Совершенно очевидно, что исследование размножения морских ежей, при воздействии на них определенными световыми волнами в комплексе с другими экологическими факторами, важно для изучения морфофункциональной оценки гамет и продукционных возможностей этих животных при воспроизводстве их в искусственных и естественных условиях.

Проведенные нами исследования позволяют ответить на вопрос, который стоит перед морскими хозяйствами и от правильного ответа на который зависит успешное развитие прибрежного рыболовства. Для мореводов необходимо знать, какая стадия жизненного цикла промыслового объекта (в данном случае морского ежа) лимитирует формирование запасов и какие мероприятия при этом следует проводить. Согласно литературным данным [7, 8] основными лимитирующими факторами являются: 1) развитие гонад; 2) гибель личинок; 3) выживаемость молоди. Мы считаем, что первый фактор является основополагающим, т.е. количество полноценных гамет, формирующихся у морских ежей, в значительной мере определяет успешное развитие прибрежного рыболовства. Проведенное нами исследование позволяет рекомендовать получение в контролируемых условиях жизнестойкой молоди из гамет морских ежей, которые на фоне температурной стимуляции подвергаются воздействию светом 720 нм. Полученная молодь из гамет от производителей, подвергшихся воздействию красным светом на фоне температурной стимуляции, обладающая повышенной жизнестойкостью, в дальнейшем может выращиваться с применением различных биотехнологий при донном и садковом воспроизводстве в морских хозяйствах.

Список литературы

1. Калинина Г.Г., Евдокимов В.В., Матросова И.В. Влияние монохроматического света на половой процесс серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы II Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012.
2. Евдокимов В.В., Бирюкова И.В., Евдокимов А.В. Воздействие света с различной длиной волны на гаметогенез черного морского ежа (*Strongylocentrotus nudus*) // Морфология. – 2001. – Т. 120, № 6. – С. 75-79.
3. Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. – М.: Наука, 1993. – 168 с.
4. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. – М.: Медицина, 1989.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 184 с.
6. Яковлев С.Н. Плодовитость морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* и методы ее оценки // Биол. моря. – 1987. – № 5. – С. 46-52.
7. Евдокимов В.В. Изучение размножения морских ежей в условиях марикультуры в ТИНРО-Центре // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 141. – С. 284-295.
8. Константинов А.С., Пушкарь В.Я., Аверьянова О.В. Влияние колебаний абиотических факторов на метаболизм некоторых гидробионтов // Изв. АН. Сер. биол. – 2003. – № 6. – С. 728-734.
9. Deridovich I.I., Motavkin P.A., Evdokimov V.V. et al. Marine biotechnology. Vol. 1. Endocrinology and Reproduction. New Delhi; Calcutta: Oxford & IBN Publishing Co. PVT. LTD, 1998. P. 1-78.

Сведения об авторах: Калинина Галина Георгиевна, кандидат биологических наук, профессор;

Евдокимов Владимир Васильевич, доктор биологических наук, профессор,
e-mail:evdokimov@tinro.ru;

Матросова Инга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент,
e-mail:ingam@rbcmail.ru.

УДК 594.524.11

И.М. Мирабдуллаев¹, А.Р. Кузметов², Р.С. Уразова³, Х.Х. Абдиназаров⁴¹Институт зоологии АН Республики Узбекистан,
100095, г. Ташкент, ул. А. Ниязова, д. 1²Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
100174, г. Ташкент, Вузгородок НУУ³Самаркандский государственный университет им. Алишера Навои,
140104, Университетский бул., д. 15⁴Кокандский государственный педагогический институт им. Муками,
г. Коканд, ул. Истамбул, д. 23**ЦИКЛОПЫ ПОДСЕМЕЙСТВА *CYCLOPINAЕ* (*CRUSTACEA*, *COPEPODA*)
ФАУНЫ УЗБЕКИСТАНА**

*Впервые разработаны определительные таблицы и даны краткие описания видов циклопов родов *Apocyclops*, *Metacyclops*, *Microcyclops*, *Cryptocyclops* фауны Узбекистана.*

Ключевые слова: циклопы, подсемейство *Cyclopinae*, Узбекистан, определительные таблицы.

**I.M. Mirabdullaev, A.R. Kuzmetov, R.S. Urazova, H.H. Abdinazarov
CYCLOPINAЕ (*CRUSTACEA*, *COPEPODA*) OF UZBEKISTAN: GENERA
METACYCLOPS, *APOCYCLOPS*, *MICROCYCLOPS* AND *CRYPTOCYCLOPS***

*Determinative keys and short descriptions of species of genera *Apocyclops*, *Metacyclops*, *Microcyclops*, *Cryptocyclops* of the fauna of Uzbekistan have been developed for the first time.*

Key words: *cyclops*, *subfamily Cyclopinae*, *Republic of Uzbekistan*, *determinative keys*.

Одной из актуальных проблем в Узбекистане является эффективный мониторинг экосистем, в том числе водных. Важным компонентом водных экосистем являются веслоногие ракообразные циклопы. Циклопы обитают практически во всех типах водных экосистем, входят в состав планктона, бентоса, перифитона, нейстона, населяют различные биотопы, в том числе грунтовые воды. Значение циклопов в водоемах определяется их значительной численностью и многообразием связей с другими элементами экосистем.

Видовая диагностика циклопов Центральной Азии представляет большую проблему, поскольку имеющиеся определительные руководства либо сильно устарели, либо относятся к другим регионам, что тормозит прогресс в гидробиологических исследованиях. Ниже мы приводим определительные ключи видов родов *Apocyclops*, *Metacyclops*, *Microcyclops* и *Cryptocyclops*. Данная работа продолжает предшествующие публикации по определению циклопов Узбекистана (Мирабдуллаев и др., 2009, 2011), является первой в Узбекистане и Центральной Азии в целом и будет полезна в процессе обучения студентов вузов.

Род *Apocyclops* (Lindberg, 1942)

Apocyclops dengizicus (Lepeschkin, 1900) – единственный представитель рода в Узбекистане, обитатель соленых водоемов. Длина тела 950-1350 мкм. Последний абдоминальный сегмент и фуркальные ветви несут короткие ряды небольших шипиков. Задняя сторона последнего абдоминального сегмента с группами небольших зубчиков на его вентральной стороне. *L/W* фурки 5-8. Антеннулы 11-членистые. Третий членик антенны несет 10 щетинок. Соединительная пластинка *P4* с 4 рядами шипиков. Внутренняя сторона базиподита *P4* без сетул. Широкий свободный членик *P5* со сравнительно коротким внутренним шипом и длинной внешней щетинкой.

Род *Metacyclops* (Kiefer, 1927)

Metacyclops minutus (Claus, 1863) – единственный представитель рода в Узбекистане, обитатель мелких и временных водоемов. Длина тела 765-980 мкм. *L/W* фурки 3,0-4,5. *Ti* в 1,6-2,0 раза короче *Te*. Антеннулы 11-членистые, короткие. Базиподит *P1* без внутренней щетинки. Базальный членик *P5* слит с торакальным сегментом и несет мощную длинную щетинку, свободный членик с длинной апикальной щетинкой и внутренним субапикальным шипом.

Род *Microcyclops* (Claus, 1893)

Microcyclops rechtyae (Lindberg, 1960). Длина тела 740-900 мкм. Задний край анального сомита несет ряд спикул одинакового размера на вентральной, латеральной и дорзальной сторонах. *L/W* фурки 3,6-4,3. Основания *Me* без вооружения, *Te* – со спикулами. Антеннулы 12-члениковые. Внутренняя когтевидная щетинка максилл несет 2-3 крепких шипа на внутреннем крае (табл. 1).

Microcyclops pachyspina (Lindberg, 1937). Длина тела 700-930 мкм. Шипики заднего края последнего абдоменального сегмента одинакового размера. *L/W* фурки 3,1-3,8. Антеннулы 12-члениковые. Третий членик эндоподита антенн несет 6 щетинок. Соединительные пластинки *P1-P4* без орнамента. Внутренние края базиподитов *P1-P3* несут сетулы, края *P4* несут короткие шипики. Внутренний шип *Enp2P4* почти вдвое короче членика и в 1,5-2,0 раза длиннее внешнего шипа.

Microcyclops rubellus (Lilljeborg, 1901). Длина тела 550-750 мкм. Анальный сегмент несет по 9-12 крупных шипиков по заднему вентральному краю и по 5-6 крошечных шипиков латерально. Длина фуркальных ветвей в 2,8-3,3 раза больше их ширины. Внутренний шип *Enp2P4* в 1,5 раза длиннее внешнего и почти вдвое короче длины самого членика. Внутренние края базиподитов *P4* несут сетулы.

Microcyclops karvei (Kiefer et Moorthy, 1935). Длина тела 690-775 мкм. Каудальный край анального сегмента со многими шипиками одинакового размера. *L/W* фурки 2,7-3,2. Основания *Te* и *Me* с шипиками. Третий членик антенн несет 6, редко 7 щетинок. Внутренние края базиподитов *P1-P4* несут сетулы. Внутренний шип *P4Enp2* в 1,7-2,0 раза длиннее внешнего шипа.

Microcyclops afghanicus (Lindberg, 1948). Известен из Афганистана, Казахстана, Монголии, возможны находки в Узбекистане.

Таблица 1

Ключ для определения видов рода *Microcyclops* фауны Центральной Азии

Table 1

The determinative keys of species of genera *Microcyclops* in Central Asia

№ п/п	Признаки	Виды
1	Соединительная пластинка <i>P4</i> с разорванным рядом тонких длинных шипиков, внутренний край базиса <i>P4</i> несет короткие толстые спикулы, <i>3A2</i> несет 8-9 щетинок	<i>M. rechtyae</i>
	Соединительные пластинки без орнамента	2
2	Внутренние края базисов <i>P4</i> несут короткие толстые спикулы; <i>3A2</i> несет 6 щетинок; внутренний апикальный шип <i>Enp2P4</i> толстый	<i>M. pachyspina</i>
–	Внутренние края базисов <i>P4</i> несут сетулы; внутренний апикальный шип <i>Enp2P4</i> тонкий	3
3	Антеннулы 9-10-членистые; <i>3A2</i> несет 6-7 щетинок	<i>M. karvei</i>
	Антеннулы 11-членистые; <i>3A2</i> несет 7 щетинок	<i>M. afghanicus</i>
	Антеннулы 12-членистые; <i>3A2</i> несет 8-9 щетинок	<i>M. rubellus</i>

Род *Cryptocyclops* (Sars, 1927)

Cryptocyclops cf. linjanticus (Kiefer, 1928). Длина тела 600-775 мкм. Длина фуркальных ветвей в 2,7-3,5 раза больше их ширины. Антеннулы 11-членистые, короткие. Соединительные пластинки плавательных ног голые. Внутренние края базисов *P3-P4* несут шипики. Соединительная пластинка *P4* широкая и короткая. Коксоподит *P4* с короткой щетинкой на внутреннем дистальном углу. Длина *Enp2P4* в 2,2-2,4 превышает его ширину. Внутренний апикальный шип *Enp2P4* в 2,9-4,3 раза длиннее наружного шипа (табл. 2).

Cryptocyclops bicolor (Sars, 1863). Длина тела 550-800 мкм. Длина фуркальных ветвей в 3,3-4,7 раза больше их ширины. В остальном строение аналогично предыдущему виду.

Таблица 2

Ключ для определения видов рода *Cryptocyclops* фауны Центральной Азии

Table 2

The determinative keys of species of genera *Cryptocyclops* in Central Asia

Признаки	Виды
Длина апикального шипа последнего членика экзоподита <i>P3</i> составляет менее 0,60 длины членика	<i>C. cf. linjanticus</i>
Длина апикального шипа последнего членика экзоподита <i>P3</i> составляет более 0,65 длины членика	<i>C. bicolor</i>

Список литературы

1. Мирабдуллаев И.М., Абдурахимова А.Н., Уразова Р.С. Циклопы подсемейств *Halicyclopinae* и *Eucyclopinae* (*Crustacea, Copepoda, Cyclopoida*) фауны Узбекистана // Актуальные проблемы современной зоологии. – Ташкент, 2009. – С. 36-39.
2. Мирабдуллаев И.М., Абдурахимова А.Н., Уразова Р.С. Циклопы подсемейства *Cyclopinae* (*Crustacea, Copepoda, Cyclopoida*) фауны Узбекистана. 1. Роды *Cyclops*, *Diacyclops*, *Acanthocyclops*, *Megacyclops* // Актуальные проблемы изучения и сохранения животного мира Узбекистана. – Ташкент, 2011. – С. 63-65.

Сведения об авторах: Мирабдуллаев Искандер Мирбатирович, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом водной зоологии, e-mail: iskandar@tps.uz;

Кузметов Абдулахмет Раимбердиевич, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: kuzmetov6108@rambler.ru;

Уразова Р.С., ассистент;

Абдиназаров Х.Х., ассистент.

УДК 639.2.053.7

С.Ю. Синельников, И.Н. МаринИнститут проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
107140, г. Москва, Ленинский проспект, 33**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ФАУНЫ ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ РОССИИ
КАК ОДНОГО ИЗ ОСНОВНЫХ МОРСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

Процессы вселения видов и изменения их ареалов происходят во всех морях России и требуют особого изучения, так как современное состояние региональных фаун имеет высокое теоретическое и хозяйственное значение. В рамках работ по грантам Президента МК 7747.2010.4 и МК-1235.2012.4 нами была проведена ревизия состава региональных фаун морей России. Было установлено, что за последние годы ряд видов десятиногих ракообразных существенно сдвинули границы своих ареалов на север в Японском море и часть видов из Приморья были вселены в Черное море и Понто-Каспийский бассейн, возможно, с балластными водами транспортных судов.

Ключевые слова: фауна, десятиногие ракообразные, биологические ресурсы.

S.Yu. Sinelnikov, I.N. Marin**DECAPODS FAUNA INVENTORY IN RUSSIA
AS ONE OF THE MAIN MARINE BIOLOGICAL RESOURCES**

The processes of species invasion and habitat changes occur in all seas of Russia and require specific investigation, since the current state of regional faunas is of a high theoretical and economic importance. Within the scope of President Grants no. MK 7747.2010.4 and no. MK-1235.2012.4 we have checked out regional faunas composition in the seas of Russia. It was determined that the number of decapods species have recently relocated their habitat to the north of Japan Sea and some species were inhabited into the Black Sea and Ponto-Caspian basin probably together with ballast water of transport vessels.

Key words: fauna, decapods, biological resources.

Введение

В течение последних трех десятилетий зарегистрированы активные процессы расселения видов и изменения состава региональных фаун многих животных, включая морских беспозвоночных. Во многих регионах эти процессы носят массовый характер и угрожают нативным морским экосистемам. Среди морских беспозвоночных десятиногие ракообразные являются крупными хищниками, порой видами-эдификаторами, обладают значительным расселительным потенциалом и являются одним из примеров видов-вселенцев. Наиболее яркие примеры – это вселение камчатского краба *Paralithodes camtchaticus* в Баренцево море, активная миграция китайского мохнаторукого краба *Eriocheir sinensis* в окраинные моря (Каспийское, Черное, Балтийское и Японское) и вселение пресноводных хищных креветок рода *Macrobrachium* в Понто-Каспийский бассейн. Всего за последние годы в морях России зарегистрировано более 30 ранее неотмечаемых видов десятиногих ракообразных, специально или случайно интродуцированных из других акваторий.

Общее число ныне живущих десятиногих ракообразных свыше 12700 видов, что приблизительно в полтора раза больше всех видов птиц и в 3 раза больше, чем амфибий. Десятиногие ракообразные распространены чрезвычайно широко, населяя все моря и океаны от Арктики и до Антарктиды, от уреза воды до абиссальных глубин. Тем не менее подавляющее большинство десятиногих ракообразных обитает в области морского мелководья, особенно велико их разнообразие в тропиках. На данный момент в фауне России отмечено более 260 видов десятиногих ракообразных, распределенных по 11 морям, относящимся к

разным биогеографическим зонам. Эти ракообразные являются важными компонентами всех морских экосистем от литорали до батинальных глубин, и их разнообразие отражает многие экологические параметры морских сообществ.

Благодаря хозяйственной деятельности человека и естественным колебаниям границ ареалов состав региональных фаун многих морей России существенно изменился за последние 50-70 лет. Изучение регионального разнообразия десятиногих ракообразных с применением современных методов позволят провести ревизию и инвентаризацию современного состояния региональных фаун. Анализ экологии и ареалов распространения отдельных видов позволит предложить рекомендации по сохранению разнообразия нативной фауны этих животных в фауне России и выработать меры, препятствующие распространению видов-вселенцев. Наибольшее внимание региональному разнообразию декапод фауны России уделялось в 30-50-х гг. XX в., что привело к созданию ряда полезных хорошо иллюстрируемых изданий. Тогда были опубликованы региональные и общие фаунистические работы, позволяющие быстро идентифицировать собранных животных в любом регионе в пределах фауны бывшего СССР. Однако на данный момент большая часть этих работ существенно устарела по ряду причин, перечисленных ниже. Стоит отметить, что с тех пор подготовлено лишь две обзорные работы по биоразнообразию десятиногих ракообразных российского Севера [1, 2] – обе являются кандидатскими диссертациями, доступными только специалистам. В 2004 г. опубликован список десятиногих ракообразных Украины [3], где отмечены виды, обитающие в Черном море. Большая часть современных публикаций посвящена биологии отдельных промысловых видов, тогда как о разнообразии и биологии остальных видов можно судить только по отрывочным данным, которые не дают представления о региональном разнообразии группы. Используемые списки видов в основном базируются на ранее опубликованных данных, полученных более полувека назад [4, 5, 6, 7, 8]. Однако за последние десятилетия произошли существенные изменения в составе региональных фаун десятиногих ракообразных морей России. В настоящее время усилился процесс миграции и вселения морских беспозвоночных в моря России из других бассейнов, а в результате искусственной акклиматизации чужеродных видов в новых местообитаниях активно изменяются морские экосистемы и вытесняются виды, обитавшие в них ранее. Таким образом, современное состояние региональных фаун имеет высокое теоретическое и хозяйственное значение.

Результаты

В 2009-2011 гг. нами была проведена ревизия состава региональных фаун морей России, в частности Баренцева, Балтийского Черного и Японского морей. Было установлено, что за последние годы ряд видов десятиногих ракообразных существенно сдвинул границы своих ареалов на север в Японском море и часть видов из Приморья были вселены в Черное море и Понто-Каспийский бассейн, возможно, с балластными водами транспортных судов. Так, мелкие литоральные раки-отшельники *Diogenes nitidimanus* и *Pagurus minutus*, ранее лишь единично отмечаемые в средней части зал. Петра Великого [8], на данный момент являются наиболее массовыми видами раков-отшельников на литорали в северной части зал. Петра Великого. В 2011 г. в водах зал. Посыет и южной части зал. Петра Великого впервые отмечены тропические креветки *Lysmata vittata* [9]. Данный вид широко распространен в Индийском и Тихом океанах; встречается вдоль восточного побережья африканского континента и материкового побережья Китая, на Филиппинах, в Японии, Индонезии, Австралии и вдоль северного побережья Новой Зеландии. Есть предположение, что во многие области, особенно в крайние северные и южные районы ареала, этот вид мог быть занесен вместе с балластными водами транспортных судов. В 2010 г. впервые в фауне России отмечен симбиотический краб *Sestrostoma balssi*, который также широко рас-

пространен в тропических водах западной части Тихого океана [9]. В 2010 г. впервые зарегистрировано присутствие дальневосточных видов – краба *Hemigrapsus sanguineus* и креветок *Palaemon macrodactylus* – в водах Черного моря. На данный момент известно лишь одно нахождение обоих видов, но, возможно, эти виды смогут образовать стабильные популяции в новой акватории. Полученные данные позволили установить, что ряд видов из фауны региона был описан неоднократно, например, *Areopaguristes nigroapiculus* известен также под названиями *Clibanarius hirsutimanus* и *Clibanarius sachalinicus* [6, 7]. *Diogenes penicillatus*, описанный Макаровым (1938) по единственному экземпляру, был определен ошибочно, и данный экземпляр, скорее всего, относится к виду *Diogenes nitidimanus*, широко распространенному в зал. Петра Великого. В зал. Восток обнаружен новый вид для фауны России – *Pagurus parvispina*, обитающий на глубине 80-100 м [10]. Впервые получены фотографии прямохвостого рака-отшельника *Discorsopagurus mcLaughlinae*, обитающего в трубках полихеты *Sabellaria* sp. В Приморье за полтора месяца обследования рек, впадающих в акваторию зал. Петра Великого, нами не было обнаружено ни одного речного рака рода *Cambaroides*, которые ранее были массовы в исследуемых реках. Скорее всего, причина вымирания – это строительство дорог вдоль моря, которое сильно загрязняет и разрушает нативные экосистемы.

Если есть постоянные наблюдения за выбранным районом, то можно объективно оценивать происходящие в нем изменения по видовому составу фауны. Такая работа была проведена нами в районе станции «Восток» ИБМ ДВО РАН, что позволило уточнить состав видов раков-отшельников, а также обнаружить представителей нового семейства *Varunidae*, ранее для России не отмеченного. Впервые для фауны на основании личинок было отмечено 4 вида раков-отшельников и 2 вида каридных креветок. Совместно с коллегами из ИБМ собран материал по личинкам раков-отшельников Японского моря для сравнения ДНК личинок и взрослых особей из музейных коллекций. Таким образом, были получены новые данные, позволившие начать ревизию фауны раков-отшельников Японского моря. В дальнейшем возможно изучение биоразнообразия этой группы с помощью молекулярно-генетического исследования взрослых особей и планктонных личинок. Полученные данные будут обобщены и опубликованы в отдельном томе в серии «Биота российских вод Японского моря», издаваемой Институтом биологии моря.

В результате работ получены новые данные по инвентаризации фауны России: обнаружено 2 новых для науки вида (+ род, новый для Японского моря); найдено 5 видов, новых для морей России (Японское море); подтверждено наличие (вселение) 3 видов в Черном море и 3 видов на Дальнем Востоке.

Работа поддержана грантом Президента МК-1235.2012.4. и грантом РФФИ 12-04-00540-а, 12-04-10017-к.

Список литературы

1. Соколов В.И. Десятиногие ракообразные (*Crustacea Decapoda*) евразийских морей Полярного бассейна: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. – М., 2001. – 248 с.
2. Бандурин К.В. Креветки (*Crustacea, Decapoda, Natantia*) северной части Охотского моря. Распространение, биология и перспективы промыслового использования: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. – М., 2007. – 218 с.
3. Макаров В.В. Аномуга. Фауна СССР. Ракообразные. – М.; Л., 1938. – Т. 10, вып. 3. – 377 с.
4. Кобякова З. И. Десятиногие раки Охотского и Японского морей // Уч. зап. ЛГУ. – 1937. – Т. 15. – С. 93-154.
5. Кобякова З.И. Отряд десятиногие раки (*Decapoda*) // Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР. – М.; Л., 1955. – С. 146-157.

6. Кобякова З.И. Закономерности распределения десятиногих раков (*Decapoda*) в районе Южного Сахалина // Тр. проблемных и тематических совещаний. Третья конф. по исследованию фауны дальневосточных морей / под ред. Н.Б. Ломакиной. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – Вып. VI. – С. 47-64.

7. Кобякова З.И. Закономерности распределения десятиногих раков в районе Южного Сахалина // Исследование дальневосточных морей. – 1967. – Т. 5 (13). – С. 16-21.

8. Виноградов Л.Г. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 33. – 280 с.

9. Марин И.Н., Корн О.М., Корниенко Е.С. Новый для фауны России симбиотический краб *Sestrostoma balssi* (Shen, 1932) (Varunidae: Gaeticinae) из залива Восток Японского моря // Биол. – 2011. – Т. 37, № 6. – С. 483-485.

10. Марин И.Н., Корн О.М., Корниенко Е.С. Раки-отшельники *Pagurus parvispina* Komai, 1997 и *Discorsopagurus mcLaughlinae* Komai, 1995 (Decapoda: Anomura: Paguridae) – новые виды для фауны российских вод Японского моря // Биол. моря. – 2012. – Т. 38, № 3. – С. 257-259.

Сведения об авторах: Синельников Сергей Юрьевич, соискатель,
sinelnikofff@yandex.ru;

Марин Иван Николаевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК.639.2.061.081

Т.П. Карпелев

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОПРИВОДОВ В МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ ГИДРОБИОНТОВ МАЛЫМ ФЛОТОМ ПРИБРЕЖНОГО РЫБОЛОВСТВА

Анализируются направления развития гидроприводов, применяемых в механизации добычи рыбных объектов и морепродуктов, в первую очередь отмечается тенденция роста рабочего давления в гидросистемах. Это позволяет увеличить тяговые усилия механизмов с сохранением скоростных характеристик, уменьшить массогабаритные размеры лебёдок и других тяговых органов исполнительных машин.

Рассмотрены методы и пути развития механизации и автоматизации гидроприводов с ограниченной потребляемой мощности главного двигателя для маломерных судов.

Ключевые слова: гидропривод, малый флот, промысловые механизмы.

T.P. Karpelev

PROSPECTS OF HYDRAULIC IN MECHANIZATION AND PRODUCTION PROCESS AUTOMATION HYDROBIONTS SMALL COASTAL FISHING FLEET

Direction of hydraulic analyzes used in the mechanization of production facilities of fish and sea food, especially the tendency of growth of the working pressure in hydraulic systems. This allows you to increase the traction mechanism with preservation of high-speed performance, reduce weight and size dimensions of traction winches and other bodies of executive cars.

The methods and the development of mechanization and automation of hydraulic actuators with limited power consumption of the main motor for small boats.

Key words: hydraulic, small fleet, commercial arrangements.

Введение

С ростом рабочего давления в гидросистемах резко уменьшается долговечность гидроприводов, значительно увеличивается шум и вибрация, повышается температура масла, ужесточаются требования к фильтрации рабочей жидкости, увеличиваются пики давления в динамических режимах условия моря, увеличивается потребляемая мощность насоса.

Для промысловой механизации первостепенное значение имеют вопросы обеспечения долговечности низкой стоимости и удобство обслуживания.

Результаты и их обсуждение

Дальнейшее развитие необходимо направить не на повышение рабочих давлений, а прежде всего на улучшение эксплуатационных характеристик. Этого можно добиться за счёт изменения рабочего объёмного регулирования насосов, что приведёт к уменьшению энергетических показателей, так необходимых в добывающем малом флоте прибрежного рыболовства.

Решению этой проблемы способствует применение гидравлических насосных установок. Опыт показывает, что, как правило, экономически наиболее целесообразно создавать узлы гидроприводов целевого назначения для механизмов того или иного назначения, вида промысла. Эффективность использования гидрофицированной промысловой механизации с учётом регулируемых насосов определяется качеством обслуживания, поэтому подготовке квалифицированных кадров должно уделяться серьёзное внимание.

Особое внимание необходимо обратить на унификацию узлов промысловых механизмов, так необходимых для использования в малом добывающем флоте. Это позволит выпускать большое количество разнообразных типов исполнительных органов, будь то барабан навивки каната или фрикционные шкивы различных модификаций и требований, при обработке большого количества разнообразных орудий лова.

С переходом к применению гидронасосов с электрогидравлическим управлением (ЭГУ) в сочетании с пропорциональными и дискретными электрогидрораспределителями электронными блоками дистанционного управления можно передать текущее положение рабочего объёма гидронасоса. Упрощается процесс монтажа, так как вместо шлангов и трубок для управления используются электрические провода.

В основе определения положения поршня регулятора гидронасоса лежит бесконтактный индуктивный метод, тем самым устранены дополнительные обратные механические связи, имеющиеся в гидромашинах с гидравлическим управлением. Это повышает надёжность и точность выставления рабочего объёма насоса с ЭГУ. Управление поршнем регулятора насоса осуществляется «по высокому давлению», т.е. для регулирования используется «собственное» давление насоса. Это позволяет применить поршень с меньшими диаметрами, при этом отпадает необходимость использования подпиточного насоса.

Кратко рассмотрим принцип регулирования, заложенный для изменения рабочего объёма в гидронасосах с наклонным блоком с ЭГУ. В процессе работы насоса электронный блок формирует сигнал разности, соответствующий разности сигнала, с датчика обратной связи и входного электрического сигнала управления (рис. 1).

Электронный блок подаёт на пропорциональный электромагнит ЭМ1 электрическую мощность, соответствующую сигналу разности. Гидрораспределитель Р1 может соединять полость цилиндра большого диаметра регулятора РГ1 с каналом высокого давления либо со сливом. Полость цилиндра меньшего диаметра регулятора РГ1 постоянно соединена с каналом высокого давления. Из-за разности сил, действующих на ступенчатый поршень, происходит изменение рабочего объёма.

При подачи напряжения питания и входного электрического сигнала управления к электронному блоку гидронасоса рабочий объём насоса соответствует входному электрическому сигналу управления (рис. 2).

На основе гидронасосов с наклонным блоком с ЭГУ конструктивное решение находят широкое применение в строительной-дорожной технике и во всех отраслях промышленности, в том числе железнодорожной технике, спецтехнике, лесоперерабатывающем оборудовании, судостроении и др.

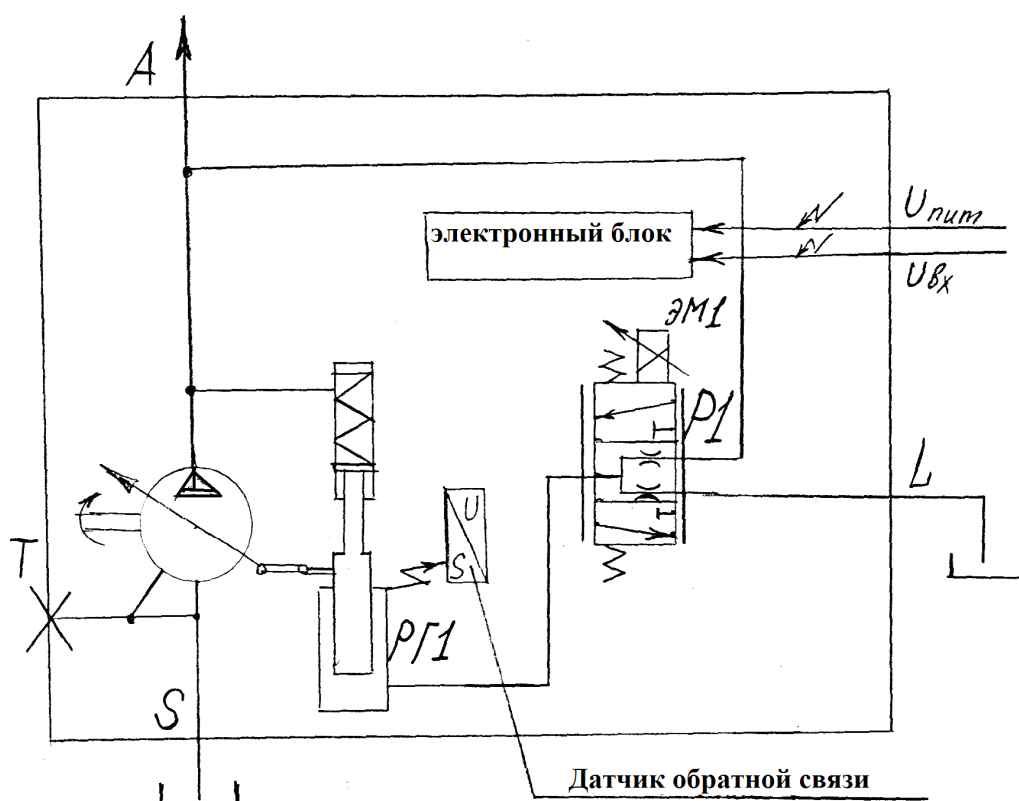


Рис 1. Комбинированная схема управления гидронасосом с ЭГУ:
 А – линия нагнетания; L – линия слива (соединить с гидробаком);
 S – линия всасывания; Т – дренаж (заглушен)

Fig 1. Combined with the hydraulic pump control circuit EGU: A discharge line; L-line drain (connected to the hydraulic tank); S-suction line; T-drain (plugged)

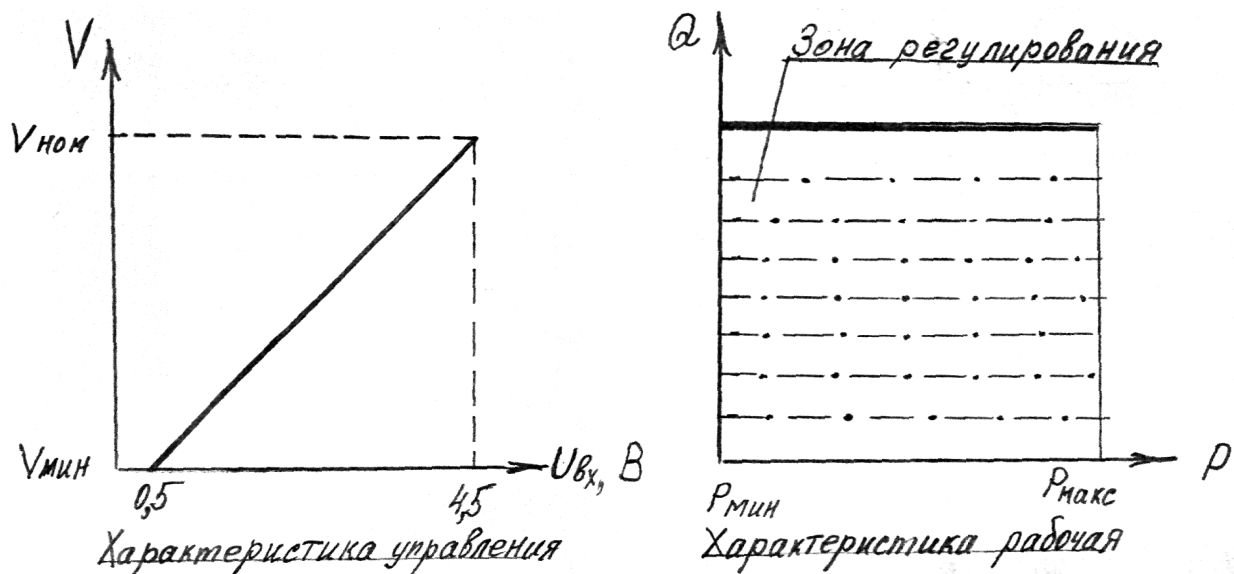


Рис. 2. Характеристики гидронасоса с ЭГУ
 Fig. 2. Characteristics of hydraulic pump with EGU

Выводы

Таким образом, средствами применения насосов с наклонным блоком с ЭГУ можно добиться уменьшения потребляемой мощности привода насоса от отбора мощности главного двигателя маломерного флота прибрежного рыболовства, не уменьшая тягово-скоростных характеристик.

Ток потребления не более 0,2 А, а во время изменения рабочего объема энергопотребление увеличивается, но не более 0,8 А. Диапазон напряжения питания в зависимости от привязки можно применить от 12 В до 30 В. Упрощается процесс монтажа и возможность применения гидросистемы на привод промысловых машин для обработки большого количества разнообразных орудий лова.

Ограниченную площадь промысловой палубы малотоннажного флота возможно увеличить за счет уменьшения массогабаритных размеров исполнительных промысловых машин. Эта задача решается в строительстве маломерного рыболовного флота.

Список литературы

1. Кулага В.Г., Осипов Е.В. Методика размещения на промысловом судне рыболовных механизмов с учетом эффективности эксплуатационно-экономических показателей // Проблемы транспорта Дальнего Востока: материалы Пятой Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток: ДВО Российской академии транспорта, 2003. – С. 228-230.

2. Осипов Е.В., Павлов Г.С. Новые подходы при проектировании судов прибрежного рыболовства // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития – 2006: материалы Междунар. науч.-практ. конф. /Одесский национальный морской университет. – Одесса: Черноморье, 2006. – Т. 5. – Транспорт, Физика и математика, Химия. – С. 15-18.

Сведения об авторах: Карпелев Тимофей Павлович, старший преподаватель, e-mail: oev@mail.ru.

УДК 639.2.081.7

Г.Г. Котов, Т.Н. ЦветковаДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ОЦЕНКА РЫБНЫХ СКОПЛЕНИЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ***Повышение эффективности промысла рыбы и других объектов невозможно без их качественной и количественной оценок.***Ключевые слова:** сила цели, плотность биомассы, эхолот.**G.G. Kotov, T.N. Zvetkova****THE VALUATION ON OF FISH SCHOOLS BY HYDVOAUCUSTIC DEVICES***The effieiciency increasing of fishing and othev objects of fishing is impossible without their quality and guantity valuation.***Key words:** dencity, echo sounder biomass, sonar.

В настоящее время широко распространен косвенный метод оценки плотности биомассы, основанный на следующем представлении фундаментального уравнения эхоинтегрирования:

$$\rho_s = c_{an} c_p m, \quad (1)$$

где c_{an} – инструментальная постоянная аппаратуры; c_p – коэффициент, обратно пропорциональный силе цели объекта в действующем объеме; m – показания эхоинтегрирующей системы; ρ_s – плотность биомассы на единицу площади.

Такой подход имеет ряд преимуществ для поиска путей увеличения точности оценки плотности биомассы, выбора пределов допустимых погрешностей при определении величины каждого параметра, даёт возможность поэтапного развития методов и средств автоматизации эхосъёмки [1].

Другой способ косвенного определения силы цели основан на статистической модели распределения рыбы в зоне облучения эхолотом (ЭЛ), которая математически записывается в виде

$$P_I(I) = C \int_0^{T_{\max}} P_T(t) P_B(I, t) dt, \quad (2)$$

где $P_I(I)$ – функция плотности вероятности измеренных эхоинтенсивностей сигналов отдельных рыб; $P_T(t)$ – неизвестная функция вероятности силы цели рыб; $P_B(I, t)$ – расчётная функция плотности вероятности распределения интенсивности в зоне действия акустического луча при однородном распределении рыб; T_{\max} – максимальная ожидаемая сила цели; C – масштабирующая константа.

Техника решения этого уравнения состоит в разделении неизвестной функции на ряд интервалов, в пределах которых она раскладывается в полином не выше третьего порядка, что обеспечивает непрерывность аппроксимирующей функции и её производной. Коэффициенты полиномов определяются методом наименьших квадратов.

Для оценки плотности разреженных рыбных скоплений используются как специальные высокочастотные эхолоты с узкой диаграммой направленности с буксируемыми аку-

стическими системами и высокой разрешающей способностью, так и обычные промышленные эхолоты с относительно малой разрешающей способностью и сравнительно низкой рабочей частотой (28-30 кГц) [1]. Мощность в импульсе в этих эхолотах от 1 кВт на высоких частотах до 8 кВт на частотах ниже 30 кГц, а длительность импульсов от 0,1 до 2 мс. Во многих эхолотах усилители имеют ВАРУ с диапазоном регулировки 70 дБ. Устройство счета импульсов подключается к калиброванному выходу с постоянным коэффициентом усиления. Для работы в придонном слое используются схемы придонной блокировки с аналоговыми и цифровыми линиями задержки. Для большей точности и наглядности индикации используются крупномасштабные самописцы.

В качестве параметра для выделения эхо-сигналов от отдельных рыб используется длительность импульса [3, 5]. Для перехода от относительных величин к абсолютным, т. е. от числа эхо-сигналов от рыб к числу рыб, зарегистрированных в исследуемом слое за определенный промежуток времени, производится деление общего числа эхо-сигналов на среднее число эхо-сигналов от одной рыбы за время ее пребывания в зоне действия эхолота. Среднее число эхо-сигналов от одной рыбы зависит от скорости судна, режима работы эхолота, расстояния (глубины) до рыбы, вертикальной протяженности скопления, а также размера рыб. Эти зависимости определяются предварительно экспериментально, а затем используются оператором для перехода к абсолютным количественным данным.

Эхосчетные системы имеют ряд недостатков [2]:

- погрешность оценки числа рыб в скоплении растет при увеличении вертикальной протяженности скопления и перераспределении рыб в пределах зоны действия эхолота, когда увеличиваются вариации среднего числа эхо-сигналов от одной рыбы;
- существенная недооценка скоплений может произойти при изменении плотности скоплений, когда не все рыбы регистрируются эхолотом по отдельности, а возникают суммарные эхо-сигналы от стай, т. е. от нескольких рыб.

Поэтому использование счетных систем в большинстве случаев ограничивается определением числа рыб в небольшом слое по глубине (например, в зоне облова донного или пелагического тралов) и только при наличии скоплений небольшой плотности. Если же требуется с высокой точностью оценить скопления рыб, распределенных в пределах всей зоны действия эхолота, необходимо несколько таких устройств, одновременно работающих в разных слоях, или многоканальные счетные системы. Это усложняет эхометрические съемки скоплений рыб, распределенных по значительной глубине, например, ночных скоплений путассу, мойвы, хека, кильки и др.

Для оценки плотных рыбных скоплений с помощью эхолотов применяются эхо-интеграторы. Эхо-интегратор подключается к эхолоту. С выхода эхолота эхо-сигналы от скопления рыб поступают на линейный детектор и затем на схему электронного интегратора, через стробирующую схему (в соответствии с установленными оператором расстоянием до скопления и толщиной скопления). Эхо-сигналы поступают на вход интегратора дискретно, соответственно числу посылок эхолота в секунду. В интервалах между посылками напряжение на выходе интегратора является постоянным, а приращение его происходит только в период интегрирования.

Оценка плотности скоплений производится как в относительных величинах, так и в абсолютных (штуках на м³; штуках на милю²; центнерах или тоннах на милю² и т.д.). Для абсолютной оценки проводится калибровка эхо-интегратора одним из следующих способов:

- на разреженных скоплениях с одновременным использованием эхосчетных систем;
- на искусственной стае с известным числом рыб, помещенной в зону действия эхолота.

Для оценки рыбных скоплений большой вертикальной протяженности, а также для оценки скоплений, состоящих из различных видов рыб, неоднородно распределенных по глубине, используют несколько интеграторов или многоканальные интегрирующие системы.

Использование высокочастотных узконаправленных систем для непосредственного измерения плотности представляет наибольший интерес, так как этот процесс легко автоматизируется (применением эхосчетных систем) и не требует обязательной работы с бортовым устройством (фотокамера, трал, подводный аппарат и др.).

На основании проведенного анализа можно сформулировать следующие основные требования к гидроакустической технике для оценки плотности и других характеристик рыбных скоплений различной концентрации с использованием существующих методов:

- для оценки плотности разреженных, смешанных и плотных рыбных скоплений требуется не менее двух эхолотов: низкочастотного с широкой диаграммой направленности и узконаправленного высокочастотного с высокой разрешающей способностью;

- в эхолотах с калиброванным выходом должно быть предусмотрено оперативное переключение мощности и длительности излучаемых сигналов, ширины диаграммы направленности, ВАРУ (по двум законам – 401 g r и 201g r) [6];

- должна быть обеспечена одновременная работа двух систем: узконаправленного эхолота с подключенным к нему счетчиком и низкочастотного эхолота с подключенным к нему интегратором.

В настоящее время широкое применение получили приставки с цветным изображением объектов промысла на дисплее, что позволяет оператору произвести более качественную оценку объекта.

Список литературы

1. Деев В.В., Забродин Ю.М., Пахомов А.П., Тенетко В.А., Титов М.С. Анализ информации оператором-гидроакустиком. – Л., 1990. – 192 с.
2. Долгих В.Н., Казанцев Г.И. Прикладная гидрофизика. – Владивосток, 2005. – Ч. 1. – 488 с.
3. Кудрявцев В.И. Промысловая гидроакустика и рыболокация. – М., 1998. – 287 с.
4. Букатый В.М. Промысловая гидроакустика и рыболокация. – М., 2003. – 494 с.
5. Справочник по гидроакустике. – Л., 1988. – 548 с.
6. Robert j.Urik Principles of underwater sound // McGraw-Hilf. – 1975. – 444 p.

Сведения об авторах: Котов Геннадий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Цветкова Татьяна Николаевна, доцент.

УДК 639.2

В.В. Кудакаев, А.Н. БойцовДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ПРИМЕНЕНИЕ ГИБКИХ РАСПОРНЫХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ТРАЛОВОГО ПРОМЫСЛА КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА
НА СЛОЖНЫХ ГРУНТАХ В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ**

В настоящее время в районе Курильских островов недоосваиваются запасы командорского кальмара. Это связано с тем, что траление в этих районах ведется в основном по «траловым дорожкам», отход от которых ведет к порывам тралов. Поэтому сейчас конструкторы траловых систем работают над усовершенствованием распорных устройств горизонтального раскрытия тралов и пытаются получить совершенную конструкцию, которая уменьшит аварийность тралов и облегчит работу ими на сложных грунтах. Представлено гибкое распорное устройство (ГРУ), схема оснастки трала таким устройством и рассмотрены результаты его использования на промысловых испытаниях.

Ключевые слова: командорский кальмар, траление

V.V. Kudakaev, A.N. Boitsov**THE USE OF THE FLEXIBLE OTTER DEVICES FOR TRAWL FISHING
OF THE SCHOOLMASTER GONATE SQUID (BERRYTEUTHIS MAGISTER)
ON ROUGH BOTTOMS AROUND KURIL ISLANDS AREA**

These days the trawl system designers are working on the improvement of the trawl net-mouth spreading devices for horizontal opening. They are trying to get a perfect design which will reduce the collision rate and make it possible to enable fishing on rough bottoms. In this work presented a flexible otter device (FOD), shown the trawl rigging with FOD and also reviewed the results of the field tests.

Keywords: commander squid, trawling.

Командорский кальмар. Иностранные названия: *Schoolmaster gonate squid* (англ.), *encornet sucoir* (франц.), *gonalura magister* (исп.); *dosuika* (япон.).

Командорский кальмар (лат. *Berryteuthis magister*) – вид головоногих моллюсков из отряда десятируких (*Decapodiformes*). Кальмары имеют обтекаемое торпедообразное тело, что позволяет им двигаться с большой скоростью «хвостом» вперед, основной способ движения – реактивный. Встречается в Охотском, Беринговом и Японском морях. Самки командорского кальмара крупнее самцов; их максимальные размеры 42-43 см, масса до 2,2-2,6 кг. Питается командорский кальмар крупным зоопланктоном и мелкой рыбой. Половая зрелость наступает при достижении длины 20-25 см у самцов и 25-30 см у самок. Командорский кальмар служит предметом промысла в России, Японии, КНДР и Южной Корее [1].

Распространение командорского кальмара определяется системой течений вод субарктической Пацифики. В зоне РФ Берингова моря до середины 1990-х г. его максимальные концентрации наблюдались в северо-восточной части района, в последующие годы вследствие изменений океанологических условий – в юго-западных. У Курильских о-вов, в зависимости от разноса течениями его молоди к Западной Камчатке или к Северному Сахалину, в различные годы более плотные скопления взрослых кальмаров наблюдаются то у северных, то у центральных островов, что связано с миграционными путями более старших размерно-возрастных групп [2].

Основные районы нереста кальмара в Беринговом море находятся у западных и центральных островов Командорско-Алеутской гряды и хребта Бауэрса; на материковом склоне Наваринско-Прибыловского района; в зал. Олюторском и материковом склоне Олюторско-Карагинского района. В Охотском море нерестовые участки располагаются на тихоокеанской стороне Северных и Центральных Курильских о-вов и у Юго-Восточного Сахалина. В Беринговом море и у Курильских о-вов наблюдается два периода нереста: осень – начало зимы и весна – начало лета. У Командорских о-вов время между осенне-зимним и весенне-летним нерестами сокращается до 2,0-2,5 месяцев, а у Алеутских о-вов, вероятно, нерест длится непрерывно с осени до весны [2].

Процесс массового созревания у самцов начинается при размерах мантии 18-19 см у самок – при 20-22 см в возрасте около года. Нерест кальмара порционный у сезонной нерестовой группировки длится до 1,5-2,0 месяцев [2].

Продолжительность жизненного цикла командорского кальмара около двух лет, включая почти полугодовой эмбриональный период. Темп роста ранней молоди (до 6-8 см) составляет 0,3-0,4 мм/сут, у нагульных (до 14-17 см) он возрастает до 1,1 мм/сут, снижается в период созревания до 0,3-0,4 мм/день и остается примерно на таком уровне до конца жизни [2].

Молодь кальмара с нерестилищ разносится течениями, от интенсивности и изменчивости которых зависят ее горизонтальное и вертикальное распределение, район перехода более старших возрастных групп к придонному образу жизни и, следовательно, протяженность и направление обратных миграционных путей созревающих особей [2].

Анализ имеющихся данных о распространении и биологии командорского кальмара позволяет предположить существование в Беринговом море трех популяций: командорско-алеутской (Командорские, Алеутские о-ва, хребет Бауэрса), восточнберингоморской (Наварино-Прибыловский район) и западнберингоморской (Олюторско-Карагинский район). В Охотском море можно выделить две популяции: курильско-североохотоморскую (Северные, Центральные Курильские о-ва, северная часть Охотского моря) и небольшую южноохотоморскую (южная часть Охотского моря). У популяций кальмара Берингова и Охотского морей выделены сезонные нерестовые группировки - осенне-зимние и весенне-летние [2].

По оценкам разных лет, биомасса командорского кальмара в зоне РФ западной части Берингова моря составляет 230-390 тыс. т, в зоне США восточной части Берингова моря – 1200-1270 тыс. т. Общая биомасса популяций Охотского моря составляет около 3 млн т, из них 151-415 тыс. т взрослого кальмара у Курильских о-вов [2].

В зоне РФ западной части Берингова моря рекомендованная величина ежегодного изъятия составляет 40 тыс. т, из них в Западно-Берингоморской промысловой подзоне – 25 тыс. т и в Карагинской подзоне – 15 тыс. т. Популяции командорского кальмара Охотского моря промыслом недоиспользуются. С учетом освоения скоплений кальмара на глубинах более 500 м ежегодный вылов может достигать 130 тыс. т, из них у Юго-Восточной Камчатки до 25 тыс. т, у Северных Курильских о-вов – 90 тыс. т и у Южных Курильских о-вов – 15 тыс. т. [2]

Наиболее полно освоен промыслом командорский кальмар, распространенный от северной части Берингова моря до Южного Приморья. Основными задачами для развития промысла кальмаров являются: освоение новых районов промысла командорского кальмара, выявление новых участков, доступных для ведения промысла, более полная оценка запаса с охватом акваторий всех российских морей (командорский кальмар), разработка и внедрение прогрессивных способов лова и переработки [3].

Наиболее массовые промысловые виды беспозвоночных в районе Курильских о-вов – кальмары (командорский, Бартрама, тихоокеанский). Основной промысел кальмара сконцентрирован в районе Северных Курильских о-вов и базируется на командорском кальма-

ре. Вылов достигает 70 тыс. т в год и составляет 75-100 % определяемого ОДУ. При этом имеет место недооценка запаса кальмара в связи с особенностями промысла и сложными условиями исследований у Курильских о-вов. *Полная оценка запаса командорского кальмара у Курильских о-вов и его связи с охотоморской популяцией кальмара (которая до сих пор точно не определена) позволят увеличить ОДУ командорского кальмара в Северо-Курильской и Южно-Курильской зонах, ориентировочно, не менее чем до 100 тыс. т [3].*

Траловый промысел командорского кальмара ведется в Беринговом море, где освоение рекомендуемых величин в последние годы приблизилось к 10-15 %, и у Восточной Камчатки, где освоение рекомендуемого ОДУ превышает 50 %. За счет кальмара возможно увеличение объемов вылова беспозвоночных до 40 тыс. т в год в Беринговом море и до 20-25 тыс. т в год у Восточной Камчатки и Командорских о-вов. Запас кальмара в указанных зонах в настоящее время недооценен вследствие многолетнего отсутствия специализированных исследований. Основной задачей исследований данного объекта является получение точной оценки запаса и его динамики и определение районов и сроков возможного эффективного промысла. Запасы малого осьминога Дофлейна в Западно-Берингоморской и Восточно-Камчатской зонах не оценивались, но имеются данные, свидетельствующие о его значительной численности на шельфе Берингова моря. Оценка его численности в рамках комплексных донных съемок и попутно при проведении других специализированных съемок может позволить начать его промысловое освоение, на первом этапе на уровне порядка 0,3-0,7 тыс.т [3].

Траловый промысел кальмара

Один из методов уменьшения сопротивления траловой системы – это использование близнецовых тралов, в которых для горизонтального раскрытия используются суда-«близнецы».

Если говорить о зарубежном траловом промысле кальмара, то там тоже были предприняты попытки использования близнецовых тралов. Так, к примеру, для увеличения эффективности промысла длиннопёрого кальмара в 1977 г. в США была предпринята попытка использования близнецового траления с двух тральщиков, которые до этого вели промысел по отдельности [4]. Чертеж трала и таблица с результатами экспериментов приведены на рис. 1.

Идея этого эксперимента заключалась в том, что 2 тральщика могут буксировать трал большего размера с большей скоростью и меньшим сопротивлением. В результате эксперимента за 9 дней промысла (5 рейсов) было сделано 51 траление, улов составил 6 441 кг. По наблюдениям за другими судами в этом районе за траление близнецовым методом изымалось одинаковое количество кальмара, как и у судов, работающих поодиночке. Такой исход эксперимента не дал достаточного основания, чтобы сделать близнецовый лов кальмара жизнеспособным. Капитаны судов в конце эксперимента сочли, что еще необходим долгий путь оптимизации орудия лова. По их мнению, трал не давал достаточной уловистости при донном тралении. Они также считали, что размер ячеи в крыльях трала 127 мм очень мал, так как, по данным ФАО (1976), японские рыбаки использовали ячею на внутренней части крыла 240 мм, а на внешней – 120 мм. Французские кальмароловные тралы имеют ячею на крыльях 100 мм, в то время как немецкие тралы имеют ячею 145 мм и на крыльях – 180 мм. В любом случае, по мнению капитанов, принимавших участие в эксперименте, ячея не должна быть больше чем 229-224 мм, так как, по данным ФАО (1976), не облавливается с большим размером ячеи. Еще одной причиной неудачи могла быть скорость траления, которая составляла всего 2,5 уз, в то время как скорость траления в упомянутых выше странах выше, притом, что использовались тралы большего размера. По мнению автора статьи [4], скорость траления должна быть приближена к 3,5-4 уз.

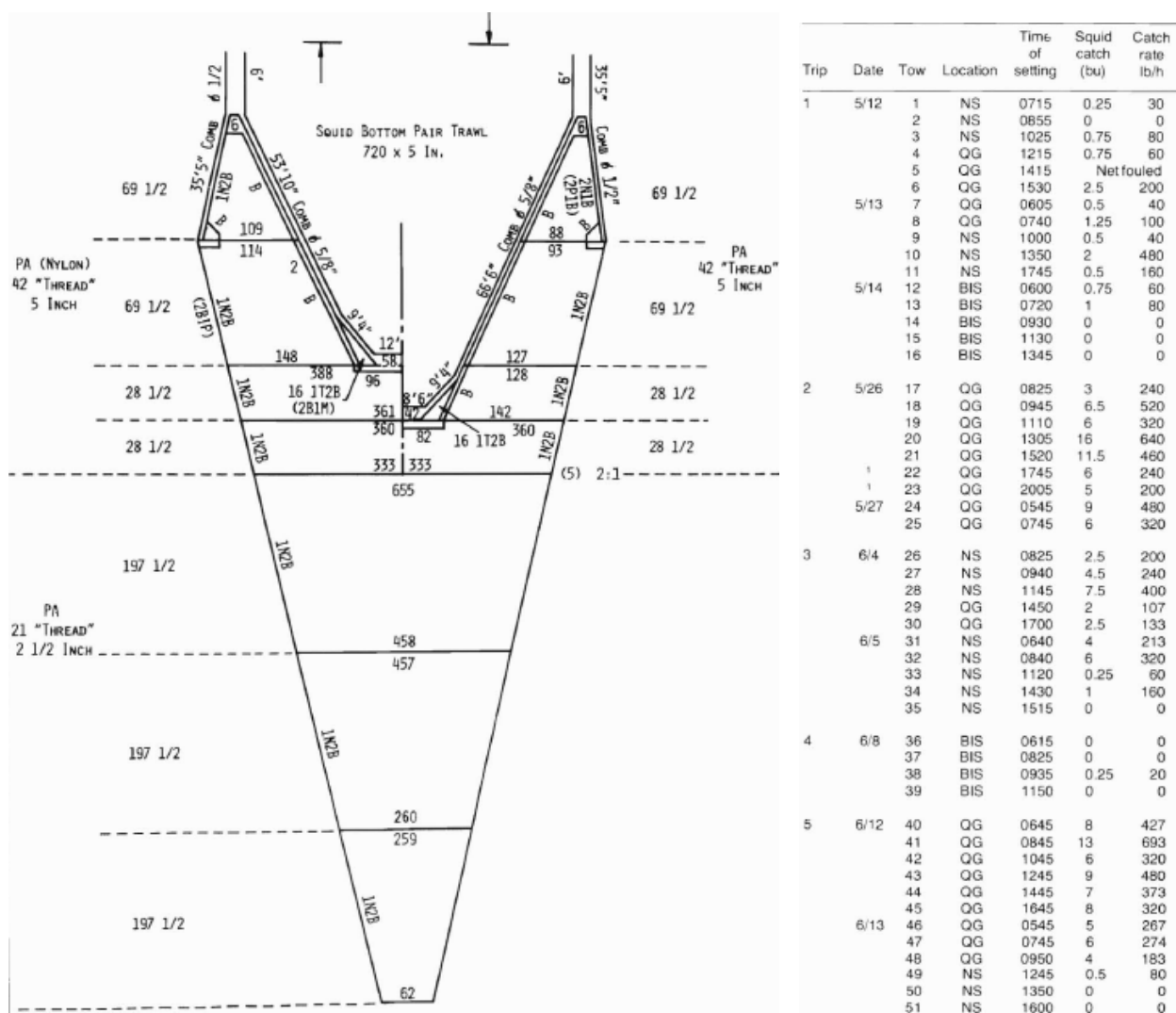


Рис. 1. Американский экспериментальный трал для близнецового промысла длиннопёрого кальмара

Fig. 1. American experimental trawl for the pair trawling of the long fish squid

По нашему мнению, для усовершенствования промысла командорского кальмара и уменьшения сопротивления траловых систем наиболее эффективно было бы использовать гибкие распорные устройства (ГРУ) взамен траловых досок. Такие устройства легки в управлении не только самих ГРУ, но также и траловой системы в целом. Использование ГРУ не требует точной настройки, как траловые доски, так как изменение углов атаки возможно непосредственно во время траления.

Изменяя размеры устья трала таким образом, чтобы крылья трала и ГРУ ложились примерно в одну плоскость по отношению к потоку воды, можно добиться уменьшения общего сопротивления траловой системы, что в конечном итоге приведет к экономии топлива при поиске рыбных скопления.

Ранее в работах [5, 6, 7] исследовались различные модификации этих устройств. Накопленный материал был использован в создании конструкторской документации на ГРУ. Включение ГРУ в траловую систему аналогично траловым доскам (рис. 2) позволяет снять множество проблем при его использовании на разноглубинных канатных тралах: влияние крутки канатов на работу щитков, запутывание щитков в элементах оснастки, большое вертикальное раскрытие трала при относительно малом размере щитков.

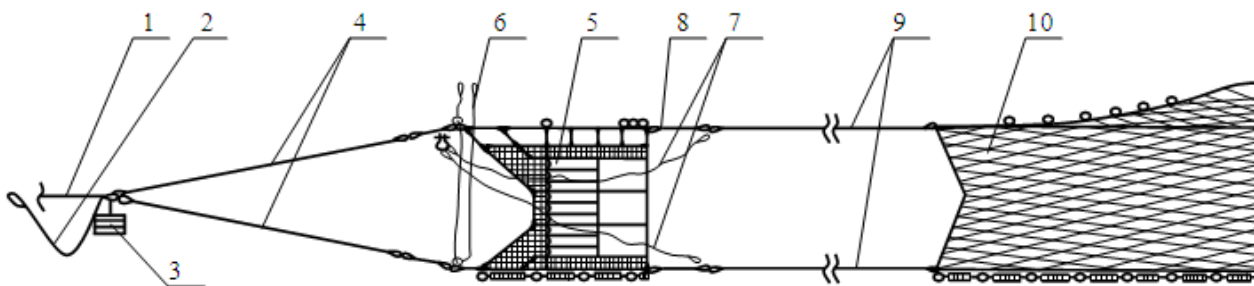


Рис. 2. Схема подключения ГРУ к тралу: 1 – ваер; 2 – переходник; 3 – груз-углубитель; 4 – кабель (верхний/нижний), часть 1; 5 – гидродинамические щитки с оснасткой; 6 – проводник стопора; 7 – переходной конец (верхний, нижний); 8 – лапки щитков (верхняя/нижняя); 9 – кабели (верхний/нижний); 10 – трал

Fig. 2. Arrangement FOD and trawl: 1 – warp; 2 – pennant; 3 – weight; 4 – bridle (upper/lower) part 1; 5 – flexible otter device; 6 – pennant; 7 – pennant upper/lower; 8 – backstrops; 9 – bridles (upper/lower); 10 – trawl

Конструктивные элементы ГРУ и их назначение

После модельных, технических и промысловых испытаний устройство приобрело следующие конструктивные признаки:

1. Элементы оснастки и гидродинамические щитки представляют гибкую оболочку (рис. 3).

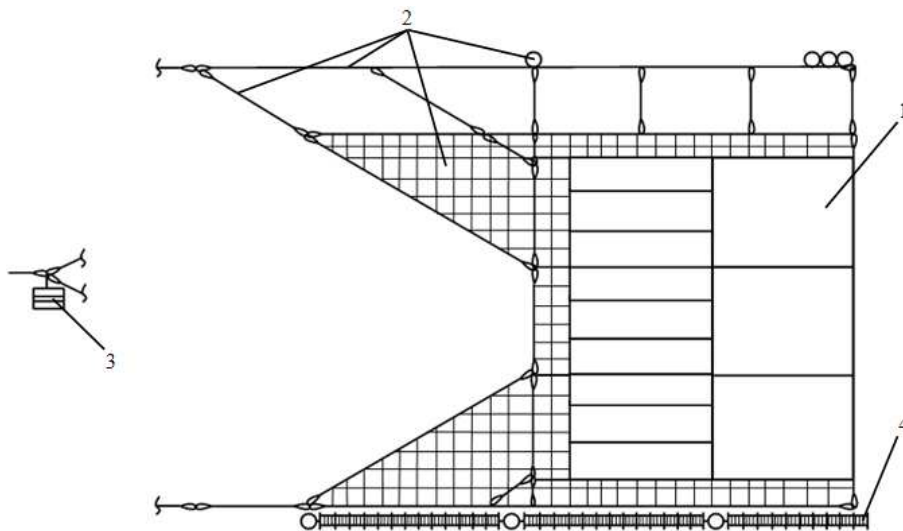


Рис. 3. Устройство раскрытия трала: 1 – гидродинамические щитки; 2 – оснастка гидродинамических щитков; 3 – грузы-углубители; 4 – грунтроп щитков

Fig. 3. Flexible otter device: 1 – shield; 2 – rigging; 3 – weight; 4 – ground rope

2. Распорная поверхность щитков имеет специальные гидродинамические карманы, обеспечивающие положительные углы атаки передней кромки щитков, и стабилизаторы, задающие углы атаки щитков и обеспечивающие устойчивое движение трала (рис. 4).

3. Гидродинамические щитки посажены на сетную вставку, с «зеркальной» ячейей, служащей для обеспечения рабочих углов атаки щитков и задания определенного положения стабилизаторов в водном потоке (рис. 5).

4. Угол атаки устройства раскрытия обеспечивается конструктивно без специального натяжения задних кромок гибких щитков.

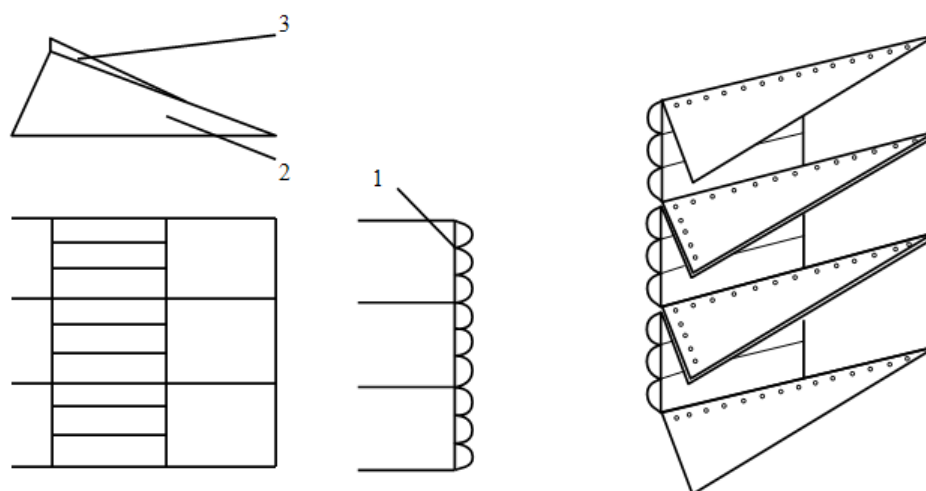


Рис. 4. Гидродинамические щитки из гибких элементов: 1 – рабочая поверхность щитков; 2 – стабилизатор; 3 – карманы-стабилизаторы
 Fig. 4. Flexible shield: 1 – main wear plate; 2 – stabilizer; 3 – pocket-stabilize

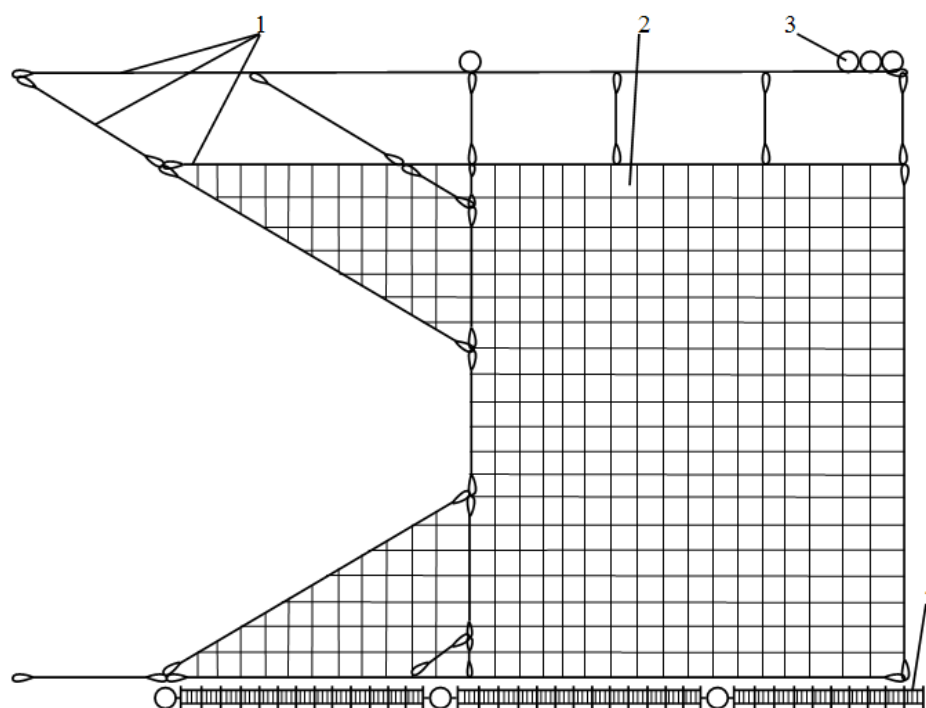


Рис. 5. Оснастка гидродинамических щитков: 1 – конструктивный элемент (стальной трос); 2 – сетная вставка щитков (дель с зеркальной ячейей); 3 – положительная плавучесть (кухтыли); 4 – грунтроп щитков
 Fig. 5. Flexible otter device rigging: 1 – structural element (wire); 2 – net with square mesh, 3 – buoyancy; 4 – ground roupe

5. Расположение щитков асимметрично относительно оси симметрии крыла трала, что обеспечивает стабильное движение траловой системы на грунте.

6. Устройство раскрытия оснащается концентрированной плавучестью (в районе вертикальных сборочных щитков) для создания дополнительного натяжения в сборочной и уменьшения прогиба. Роль отрицательной плавучести в нижней части сборочной выполняет грунтроп устройства.

7. В точке соединения верхнего и нижнего кабелей с ваером устройство оснащается грузами-углубителями для обеспечения устойчивого движения траловой системы на определенной глубине.

8. Управление параметрами входного устья трала (горизонтального и вертикального раскрытия) осуществляется с помощью штатной судовой автоматической лебедки кабельного прибора контроля орудия лова.

Техника постановки трала, оснащенного ГРУ

Особенность техники постановки трала с ГРУ заключается в следующем:

1. При заводке переходника в ваерные блоки скорость судна снижается до 1,5 уз. В это время происходит заглубление грузов-углубителей ниже оси симметрии щитков трала.

2. После подключения ГРУ скорость судна резко увеличивается от 1,5 до 6,5 уз, в результате чего грузы-углубители начинают подниматься и приближаются к оси симметрии щитков. Одновременно происходит ориентация стабилизаторов щитков в горизонтальной плоскости. При достижении судном скорости 6,5 уз начинается травление ваеров. Таким образом, внесение только скоростного эффекта судна в технику постановки трала обеспечивает полную работоспособность гидродинамического распорного устройства.

Схема подключения и отключения ГРУ (см. рис. 3) прошла испытания на крупномасштабных моделях на промысловом судне МРС-225 и подтвердила свою работоспособность на донных объектах промысла.

Обеспечение устойчивости движения устройства при ходе трала в касании с грунтом – это наиболее сложная проблема из всех, с которыми пришлось столкнуться при использовании ГРУ на донном трале, для её решения потребовалось испытать множество вариантов оснастки щитков.

В ходе экспериментов установлено, что наиболее существенное влияние на всплытие или заглубление гидродинамических щитков оказывает их расположение по высоте крыла трала (рис. 6).

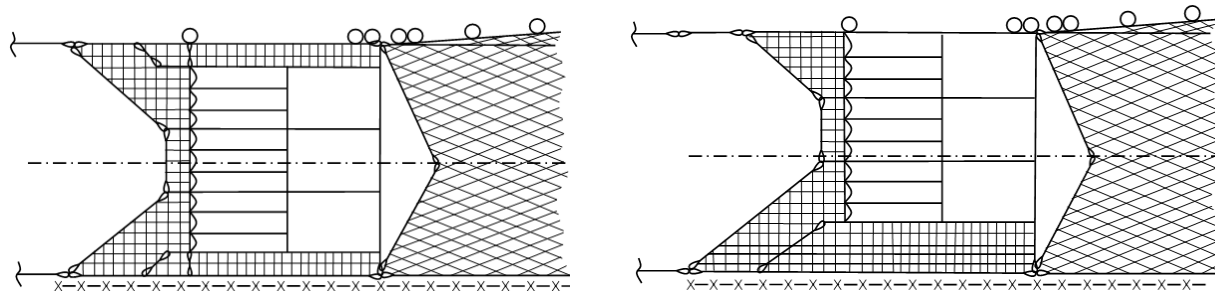
Это происходит вследствие прогиба вертикальной сборочной щитков в момент их работы и, соответственно, ориентации стабилизаторов щитков в водном потоке, на всплытие или заглубление.

На рис. 6, в показана схема расположения щитков, позволяющая обеспечить устойчивое движение грунтропа по грунту.

Анализ эхолот хода трала по грунту показал, что изменение характера грунта от легкого до тяжелого практически не приводит к аварийности тралов с ГРУ.

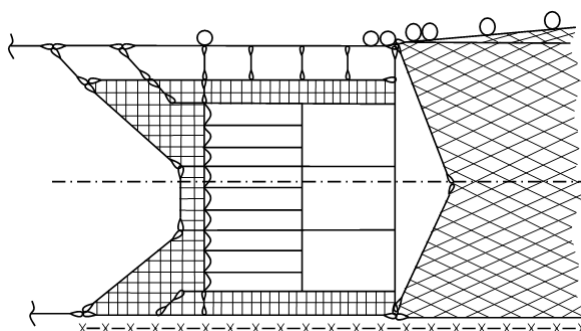
Рассмотрим эксперимент сравнительных тралений на тяжелых грунтах во время промысла красного окуня с японской шхуны «Сейтоку-Мару-7» в районе Северных Курил по представленным копиям эхолота, рис. 7. Из анализа этих эхолот следует, что при наличии на дне моря резких перепадов глубины в сторону увеличения траловые доски, имея значительный вес в воде, быстро погружаются, в то время как трал, находясь на расстоянии длины кабелей от досок, продолжает еще буксироваться по грунту на меньшей изобате, в результате чего вертикальное раскрытие трала начинает резко уменьшаться и кабельная оснастка с погружением доски все глубже и глубже прижимает трал к грунту. При достаточно большом перепаде глубин трал полностью закрывается и в этом случае возможен порыв не только сетной части, но и верхней подборы, так как трал со сквером.

Аналогичное рассмотрение движения в пространстве траловой системы с погружением одной из досок приведет к порыву, соответственно, одного из крыльев трала. Так как у трала с ГРУ грузы-углубители расположены аналогично траловым доскам, т.е. на удалении от трала на длину кабеля погружение их не происходит или почти не происходит – в зависимости от скорости буксировки, в результате чего закрытие трала и последующий его порыв практически исключаются.



а – щитки расположены по центру крыла трала

б – щитки смещены к верхней кромке крыла трала



в – щитки смещены к нижней кромке крыла трала

Рис. 6. Расположение щитков на крыле трала
Fig. 6. Arrangement of the Flexible shield on the trawl wing

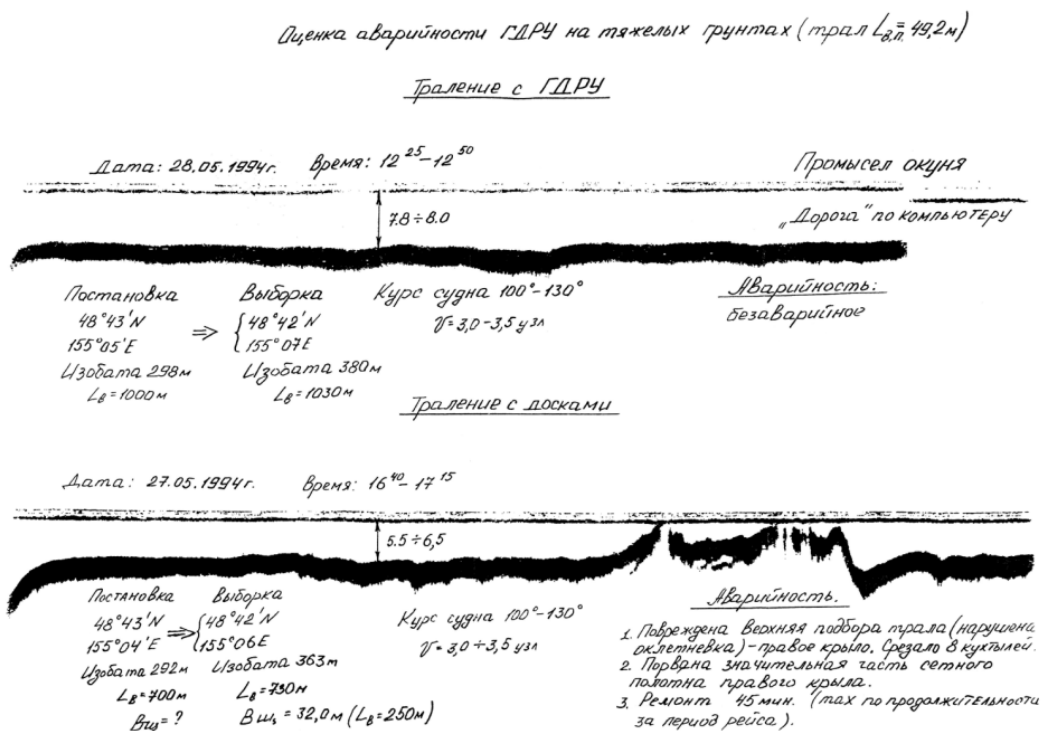


Рис. 7. Эхоленты тралений на тяжелых грунтах
Fig. 7. Echo-graph of the trawling on rough bottoms

Таким образом, трал, оснащенный ГРУ, может эффективно использоваться на тяжелых грунтах при промысле командорского кальмара по относительно узким каньонам, по гребням подводных хребтов, склонам, где, как правило, находятся его значительные скопления и где траления с досками практически невозможны. Для выполнения этой задачи необходима более полная информация о характере грунта, поэтому надо заранее произвести съемку района промысла.

Список литературы

1. Командорский кальмар [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия, 2012. – Режим доступа свободный <http://ru.wikipedia.org>. – Загл. с экрана.
2. Федорец Ю.А. Командорский кальмар *Beryteuthis Magister* (Berry, 1913) Беренгова и Охотского морей (распределение, биология, промысел): автореф. ... канд. биол. наук. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. – 24 с.
3. Комплексная целевая программа научных исследований в интересах рыбного хозяйства Российской Федерации на 2010-2014 гг. «Научное обеспечение и мониторинг в целях сохранения, воспроизводства и рационального использования водных биологических ресурсов».
4. Blot A.J. Experimental Pair Trawling for Squid in New England // *Marine Fisheries Review* 42(7-8). New England. – 1980. – P. 57-59.
5. Бойцов А.Н., Висягин О.А., Зыкин В.И., Габрюк В.И., Осипов Е.В. Результаты экспериментальных и теоретических исследований гидродинамического распорного устройства раскрытия и управления параметрами входного устья трала: отчет о НИР. – Владивосток, 1994.
6. Кудакаев В.В., Бойцов А.Н., Чернецов В.В., Висягин О.А. Устройства горизонтального раскрытия тралов // *Науч. тр. Дальрыбвтуза*. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2009. – Вып. 21, Ч. 1. – С. 108-118.
7. Кудакаев В.В. Некоторые конструкторские решения в траловых системах // *Наука и образование – 2007: материалы Междунар. науч.-техн. конф.* – Мурманск: Мурманский гос. техн. ун-т, 2007. – С. 1026-1029.

Сведения об авторах: Кудакаев Василий Владимирович, кандидат технических наук; Бойцов Анатолий Николаевич, кандидат технических наук.

УДК 639.2/.3.001.5

А.А. Недоступ, А.А. Павленко, А.О. Ражев
Калининградский государственный технический университет,
236000, г. Калининград, Советский проспект, 1

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТА СЕТНЫХ ОБОЛОЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ

Разработан алгоритм расчета сил натяжения в сети, закрепленной к обручу. На графиках изображены 3D-формы сетей, закрепленные на верхнем обруче. Цветовой спектр отображает величины силы натяжения в нитках. Разработана компьютерная программа расчета силовых и геометрических характеристик сети, прикрепленной к обручу.

Ключевые слова: сетное полотно, математическая модель, 3D-форма сети, компьютерная программа.

A.A. Nedostup, A.A. Pavlenko, A.O. Razjev
**PRACTICAL APPLICATION OF CALCULATION NETTING ENVIRONMENTS
WITH USE OF DISCRETE MODEL**

The algorithm of calculation of forces of a tension in a netting attached to a hoop is developed. On schedules are represented 3D the forms of netting fixed on the top hoop. The color spectrum displays sizes of force of a tension in thread. The computer program of calculation of force and geometrical characteristics of the netting attached to a hoop is developed.

Key words: netting, mathematical model, 3D the forms of netting, computer program.

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется дискретным моделям, которые применяются при моделировании и проектировании современной техники. Проектирование сложных объектов, например, сетных орудий рыболовства и многих других требует проведения колоссальных объемов вычислений, так как сетная часть состоит из огромного количества ячеек. Следует отметить, что дискретные модели применяются для построения трехмерных инженерных сооружений – орудий рыболовства [1-5]. Наличие актуальной трехмерной модели, интегрированной с данными внешней среды и эксплуатационными параметрами, позволяет проводить различные инженерные расчеты характеристик орудий и процессов рыболовства, таких, как, например, расчет на прочность, гидродинамические расчеты, расчеты времени эксплуатации и т.д. Применение таких подходов будет способствовать переходу от системы плано-предупредительной к считающейся в настоящее время наиболее эффективной системе обслуживания по состоянию. Таким образом, применение трехмерных орудий рыболовства совместно с верификационными расчетами позволит инженерам по промышленному рыболовству осуществлять более точное прогнозирование и обеспечит инструментальную базу для внедрения современных подходов к управлению и эксплуатации орудиями рыболовства.

Решение связанных задач определения напряженности, сил натяжения в элементах орудий рыболовства и динамики напряженно-деформированного состояния в трехмерных расчетных программах невозможно без использования дискретных моделей – 3D. Разработка компьютерных моделей/программ орудий рыболовства или его отдельных элементов в этой связи является приоритетной задачей промышленного рыболовства [6, 7]. Численные эксперименты на компьютерных моделях с применением методов вычислительной

гидромеханики или использования простых эмпирических зависимостей позволяют без проведения дорогостоящих физических экспериментов получать достоверную информацию об условиях работы наиболее напряженных элементов/узлов орудий рыболовства. Такой подход возможен только при условии верификации применяемых зависимостей и разрабатываемых алгоритмов расчетов на отдельных физических моделях. Применение современных компьютерных технологий на стадии проектирования является неотъемлемым условием успешной эксплуатации орудий рыболовства. Внедрение 3D-моделирования в процессы жизненного цикла орудий рыболовства позволяет не только выполнить расчеты и проекты на качественно новом уровне, но и обеспечивает эффективное управление сложных инженерных сооружений - орудий рыболовства на этапе эксплуатации.

Объекты и методы исследований

Для практических задач довольно редко удается найти аналитическое решение уравнений, составляющих математическую модель явления. Поэтому приходится применять численные методы. Сущность применения численных методов рассмотрим на схеме вычислительного эксперимента, показанной на рис. 1.

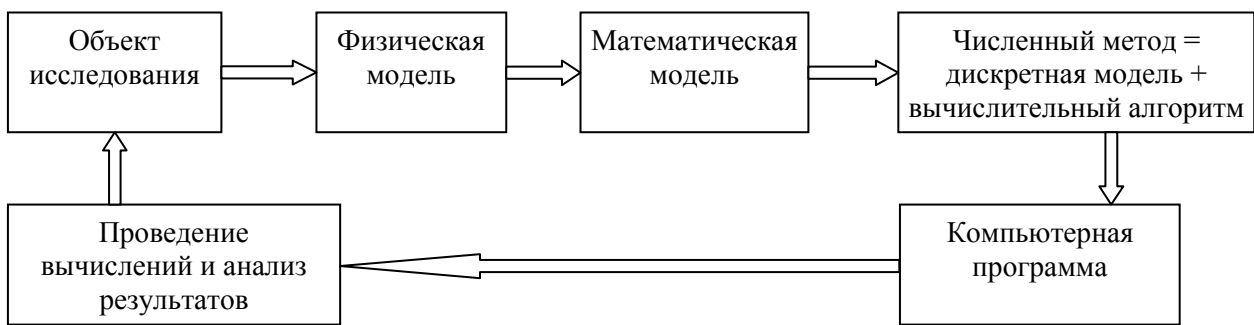


Рис. 1. Схема вычислительного эксперимента
 Fig. 1. The circuit of computing experiment

Основу вычислительного эксперимента составляет триада: модель – метод (алгоритм) – программа. Проблемой определения силы натяжения в нитках сети и формой сети занимались многие ученые [8-18]. В настоящей работе применяются алгоритмы, разработанные авторами. Цель настоящих исследований – применение дискретной модели для расчета силовых и геометрических характеристик сети, закрепленной на обруче.

Рассмотрим три случая:

- сеть закреплена на двух обручах (рис. 2);
- сеть закреплена на одном обруче;
- сеть закреплена на одном обруче с грузом внутри ее.

Спектр натяжений предназначен для более наглядного представления натяжений в нитках прямо на 3D-виде модели. Этот способ отображения натяжений основан на сопоставлении области значений натяжений цветовой шкале. Для этого используется тон цветовой модели HSV. Меньшее значение натяжения ставится в соответствие синему тону, большее – красному.

Сеть закреплена на двух обручах. Сеть, посаженная на обручи, имеет переменный шаг ячеей a , а нить сети обладает определенным модулем упругости E , значение которого известно. На рис. 3 изображены оси координат системы: OR – радиальная, направлена от точки окружности к ее центру; OH – осевая, направлена вверх параллельно оси; OT – касательная, параллельна касательной, проходящей через точку окружности.

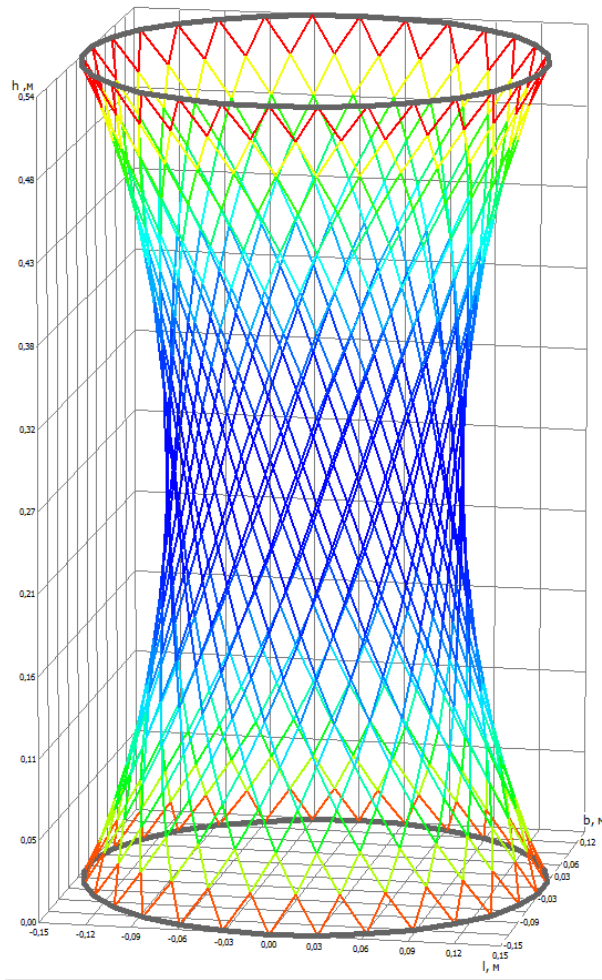


Рис. 2. Сеть, закрепленная на двух обручах
Fig. 2. The netting fixed on two hoops

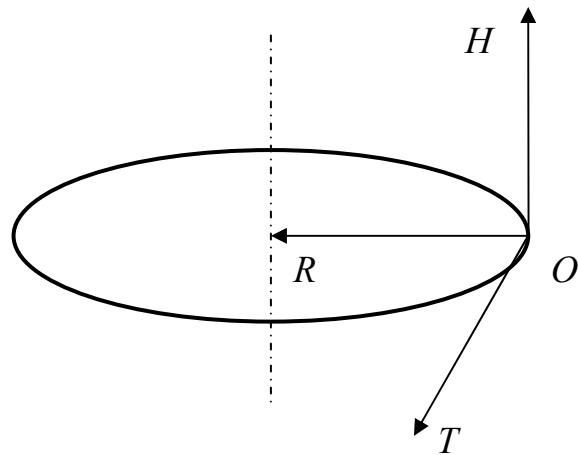


Рис. 3. Оси координат системы
Fig. 3. Axes of coordinates of system

Приведем математические модели, связывающие геометрические характеристики ячей сети:

$$a_{R_i} = R_i \cos \frac{\pi}{n} - R_{i+1}; \quad (1)$$

$$a_{T_i} = R_i \sin \frac{\pi}{n}; \quad (2)$$

$$a_i^2 = a_{0_i} \left(1 + \frac{4T_i}{\pi E d^2} \right); \quad (3)$$

$$a_i^2 = a_{T_i}^2 + a_{H_i}^2 + a_{R_i}^2, \quad (4)$$

где a_{0_i} – длина нити i -го ряда до деформации; a_i – длина нити i -го ряда после деформации; $a_{R_i}, a_{H_i}, a_{T_i}$ – проекции нити на оси; R_i – радиус описывающей окружности i -го ряда (координата R); n – количество ячеек по окружности; i – номер ряда, $i = [0 \dots 2m]$, где m – коли-

чество ячеей по высоте; E – модуль упругости нитки; d – диаметр нитки; T_i – сила натяжения нити i -го ряда.

Геометрические зависимости представлены на рис. 4.

Силовые зависимости представлены на рис. 5.

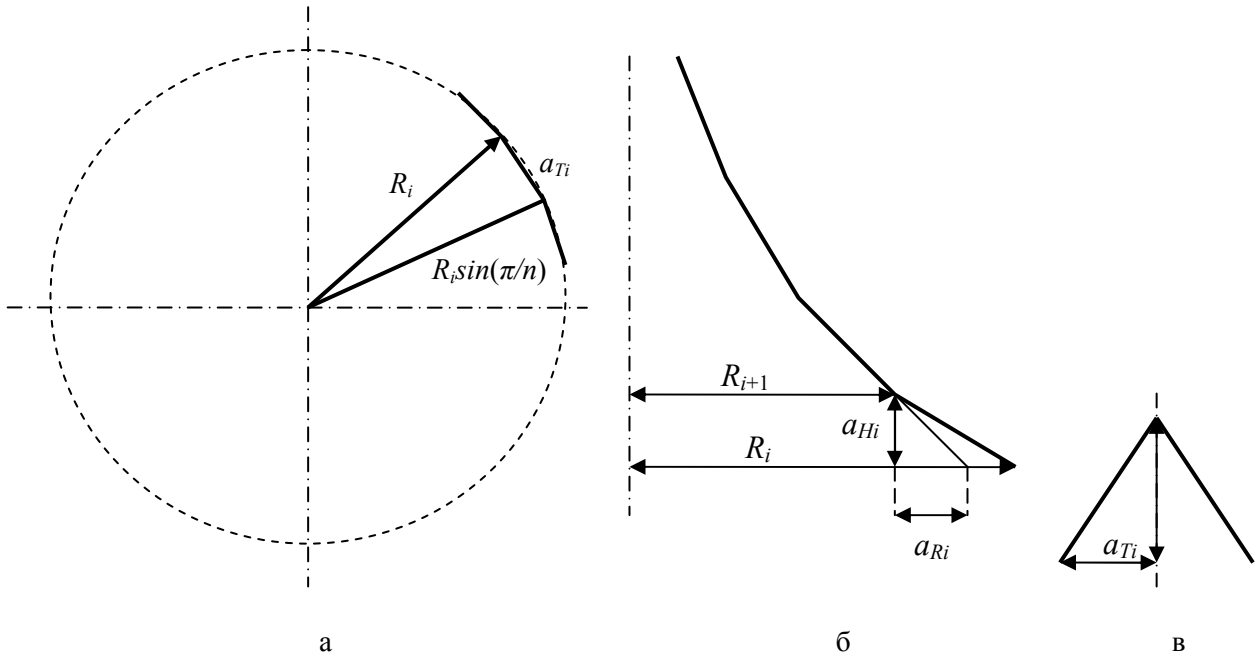


Рис. 4. Геометрические зависимости
Fig. 4. Geometrical dependences

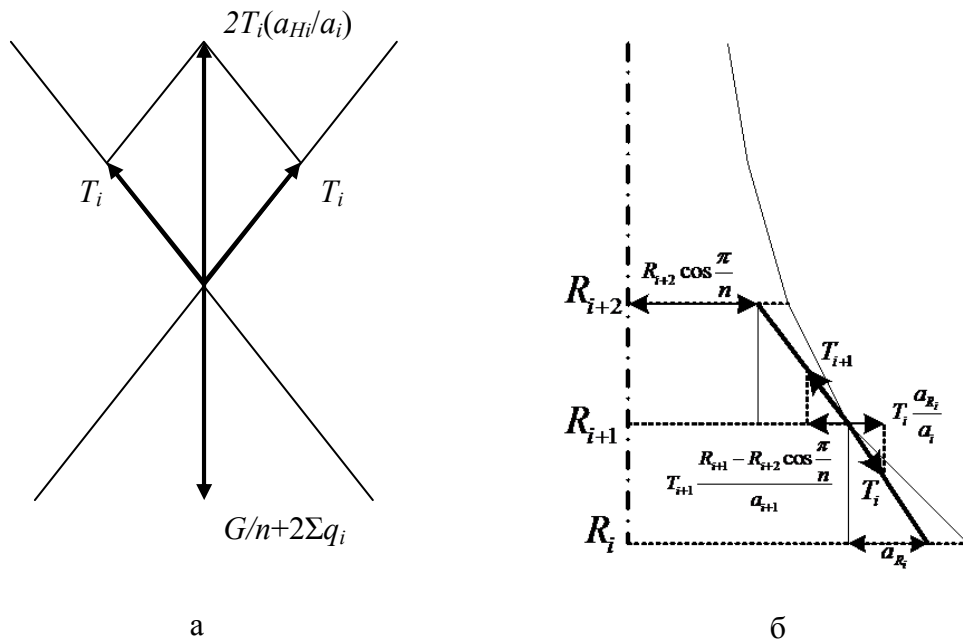


Рис. 5. Силовые зависимости
Fig. 5. Force dependences

Зависимости, связывающие силовые характеристики ячей сети по оси OH :

$$F_{H_i} = 2T_i \frac{a_{H_i}}{a_i} - \left(\frac{G}{n} + 2 \sum_{j=0}^{i-1} q_j \right) = 0, \quad (5)$$

$$T_i \frac{a_{H_i}}{a_i} = T_{i+1} \frac{a_{H_{i+1}}}{a_{i+1}}, \quad (6)$$

по оси OR :

$$T_i \frac{a_{R_i}}{a_i} = T_{i+1} \frac{R_{i+1} - R_{i+2} \cos \frac{\pi}{n}}{a_{i+1}}, \quad (7)$$

где G – вес нижнего обруча с грузом или вес загрузки (для случая без нижнего обруча); q_j – вес нити j -го ряда; F_{H_i} – осевая проекция результирующей силы, приложенной к узлу i -го ряда.

Составим систему уравнений при искомым неизвестных: $R_1, \dots, R_{2m-1}, a_{H_0}, \dots, a_{H_{2m-1}}, T_0, \dots, T_{2m-1}$. Для сети получаем $6m-1$ неизвестных. Подставляя (1)-(3) в (4), получаем одно уравнение, связывающее геометрические характеристики (для каждого ряда). Для сети получаем $2m$ таких уравнений. Подставляя (6) в (5), получаем одно уравнение, связывающее осевые силовые характеристики (для каждого ряда) и одно уравнение (7), связывающее радиальные силовые характеристики (для каждого ряда, кроме верхнего). Для сети получаем $4m-1$ таких уравнений. В результате получаем систему из $6m-1$ уравнений с $6m-1$ неизвестными.

Зная для каждого ряда R , по формулам (1) и (2) находим a_T и a_R . Приведем результаты численного моделирования сети, закрепленной на двух обручах. На рис. 6 изображены 3D-формы сетей, закрепленные на двух обручах: $q = 0,0006$ Н; $d = 0,61$ мм; $E = 1,1$ ГПа; $D_1 = 0,5$ м – диаметр верхнего обруча; $D_2 = 0,4$ м – диаметр нижнего обруча; $n = 100$ яч; $m = 30$ яч; $G = 50$ Н.

Сеть закреплена на верхнем обруче. Добавим одно неизвестное R_0 и одно уравнение, определяющую радиальную проекцию нити, равную 0:

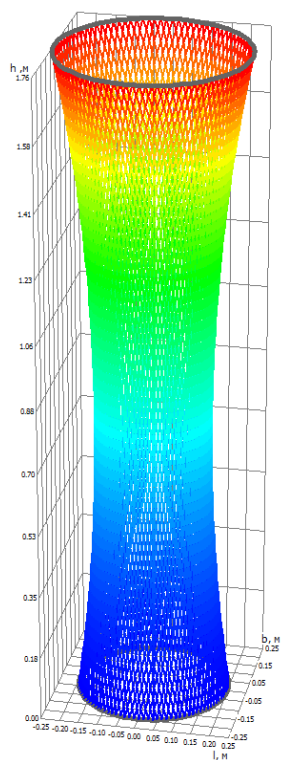
$$R_0 \cos \frac{\pi}{n} = R_1. \quad (8)$$

Приведем результаты численного моделирование сети, закрепленной на одном верхнем обруче. На рис. 7 изображены 3D-формы сетей, закрепленные на верхнем обруче при условии $q = 0,0006$ Н; $d = 0,61$ мм; $E = 1,1$ ГПа; $D_1 = 1,0$ м – диаметр верхнего обруча; $D_2 = 0,5$ м – диаметр нижнего обруча; $n = 100$ яч; $m = 20$ яч; $G = 500$ Н, $a = (100 \div 20)$ мм и $a = (100 \div 10)$ мм.

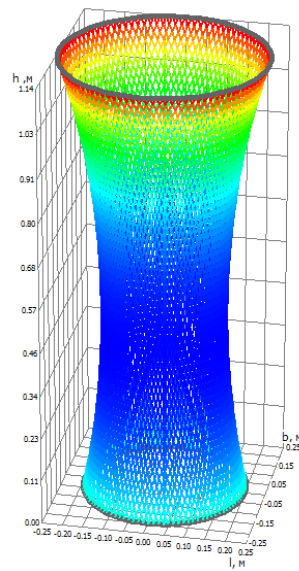
Сеть закреплена на одном обруче с грузом внутри ее. Расчет объема груза. Возьмем за исходный алгоритм с двумя обручами при $R = 0$ (сеть связана снизу). При этом G – масса груза. Добавим одно неизвестное H_c – высота груза и одно уравнение

$$V = V_c, \quad (9)$$

где V – объем груза (входной параметр); V_c – объем груза, вычисляемый исходя из геометрии.

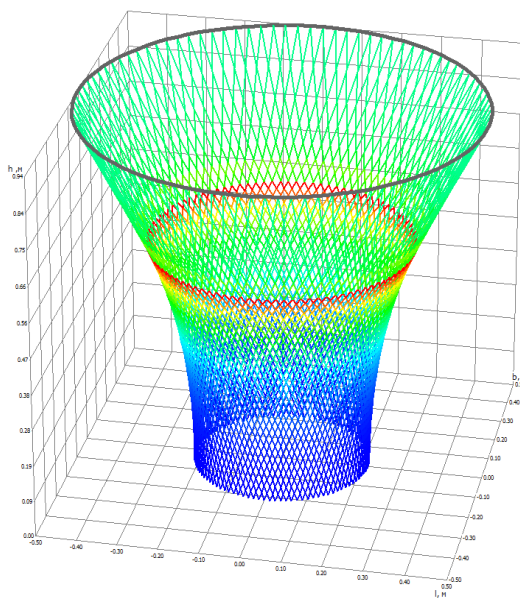


а
а = 30 мм

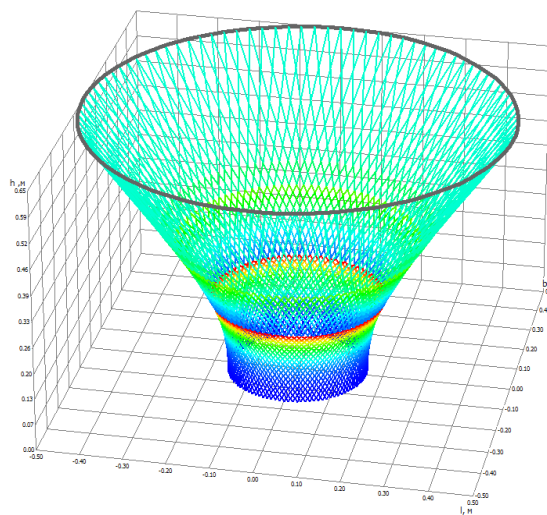


б
а = 20 мм

Рис. 6. 3D-форма сетей, закрепленных на двух обручах
Fig. 6. 3D the form of the netting fixed on two hoops



а
а = (100 ÷ 20) мм



б
а = (100 ÷ 10) мм

Рис. 7. 3D-форма сетей, закрепленных на верхнем обруче
Fig. 7. 3D the form of the netting fixed on the top hoop

$$V_c = \frac{1}{3} \sum_{i=0}^{k-1} a_{H_i} \left(S_i + \sqrt{S_i S_{i+1}} + S_{i+1} \right) + \frac{1}{3} \left(S_k + \sqrt{S_k S_c} + S_c \right) (H_c - H_k), \quad (10)$$

где S_i – площадь сечения i -го ряда; S_{i+1} – площадь сечения $i+1$ -го ряда; k – номер ряда, на котором заканчивается груз; S_k – площадь сечения k -го ряда; S_c – площадь сечения на уровне H_c ; H_k – высота ряда k .

Для расчета используется формула объема правильной усеченной пирамиды. Площадь сечения S_i определяется по формуле расчета площади вписанного правильного многоугольника:

$$S_i = \frac{n}{2} R_i^2 \sin \frac{2\pi}{n}. \quad (11)$$

Расчет распорной силы. Введем понятие распорной силы F_e , образованной давлением груза. Обозначим F_{e_H} и F_{e_R} проекции распорной силы на оси OH и OR . Изменим уравнение (7):

$$T_i \frac{a_{R_i}}{a_i} - T_{i+1} \frac{R_{i+1} - R_{i+2} \cos \frac{\pi}{n}}{a_{i+1}} = F_{e_R}. \quad (12)$$

Для ряда $i = 0$

$$F_{e_{R_0}} = 0. \quad (13)$$

Для рядов $i = [1 \dots m-1]$

$$F_{e_R} = \frac{P_i}{4} \left(S_{n_i} \frac{a_{H_i}}{a_i} + S_{n_{i-1}} \frac{a_{H_{i-1}}}{a_{i-1}} \right), \quad (14)$$

где P_i – давление груза на уровне i -го ряда; S_{n_i} – площадь одной секции i -го ряда.

$$\rho_i = \rho_0 e^{kP_{i-1}}, \quad P_0 = 0; \quad (15)$$

$$P_i = \rho_i g (H_c - H_i), \quad (16)$$

где k – коэффициент объемного расширения груза.

$$S_{n_i} = (R_i + R_{i+1}) \sqrt{a_i^2 - a_{T_i}^2} \sin \frac{\pi}{n}. \quad (17)$$

Результаты и их обсуждение

На рис. 8 изображены 3D-формы грузовой сетки, закрепленные на верхнем обруче, разного диаметра.

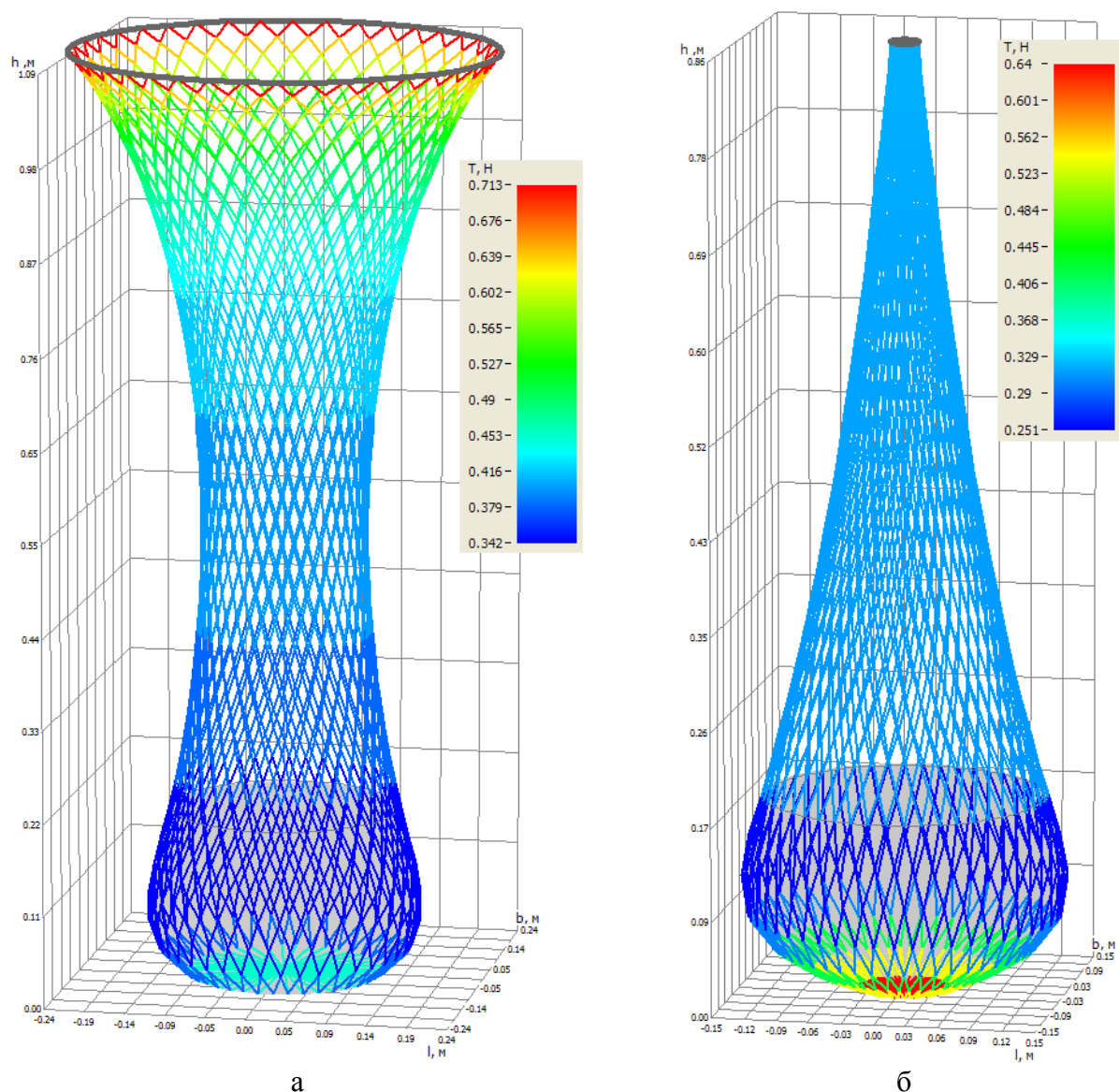


Рис. 8. 3D-форма сетей, закрепленных на верхнем обруче с грузом
 Fig. 8. 3D the form of the netting fixed on the top hoop with a cargo

На рис. 8 изображена грузовая стрелка: а - грузовая стрелка, закрепленная на обруче, $a = 30$ мм, $q = 0,0006$ Н; $d = 0,61$ мм; $E = 1,1$ ГПа; $D_1 = 0,5$ м – диаметр верхнего обруча; $n = 40$ яч; $m = 20$ яч; $G = 30$ Н, $V = 0,03$ м³; б – грузовая стрелка, закрепленная на обруче, $a = 30$ мм, $q = 0,0006$ Н; $d = 0,61$ мм; $E = 1,1$ ГПа; $D_1 = 0,025$ м – диаметр верхнего обруча; $n = 50$ яч; $m = 15$ яч; $G = 30$ Н, $V = 0,01$ м³.

По итогам выполненных исследований разработаны алгоритмы и методы расчета силовых и геометрических характеристик сети для трех случаев: сеть закреплена на двух обручах; сеть закреплена на одном обруче и сеть закреплена на одном обруче с грузом внутри ее (1)-(17). На основании алгоритмов создана компьютерная программа (рис. 9), на рис. 10 приводятся выходные расчетные параметры.

Используя вышеприведенную компьютерную программу «Сеть, закрепленная на обруче», возможно исследовать различные параметры грузовых сеток и др.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ № 11-08-00096-а.

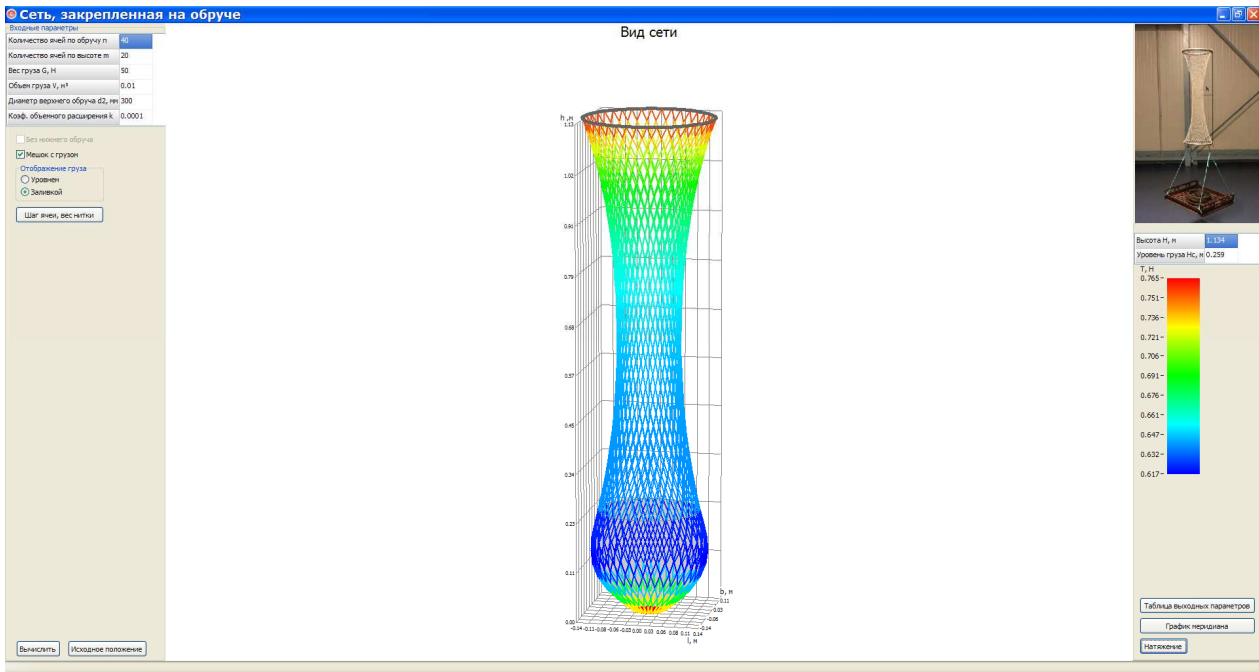


Рис. 9. Компьютерная программа «Сеть, закрепленная на обруче»
 Fig. 9. The computer program «Netting fixed on a hoop»

Таблица выходных параметров									
№	Диаметр охвата d, мм	Радиальная проекция КВИ, мм	Вертикальная проекция КВИ h, мм	Напряжение в нитках T, Н	Шаг ячеек a, мм	Посадочный коэффициент Lx	Посадочный коэффициент Ly	Угол раскрытия ячеек α, °	Плотность груза ρ, кг/л³
40	281.544637259515	9.22768137024249	25.8474520065822	0.75433530423665	30.0703952656	0.367678307958045	0.929953042823727	21.572503594188	0
39	264.421769172466	8.56143404352425	26.4236987818558	0.737162697270575	30.06879270211	0.345335401270689	0.938497934151377	20.202271246217	0
38	248.609584880494	7.9060921459865	26.9247774035305	0.722741449836309	30.0674468980	0.324669187181193	0.945817338519374	18.9473513366158	0
37	234.078086058255	7.26574941111935	27.3590295420467	0.710583627076871	30.0663123188	0.305731705525261	0.952117705032637	17.8021904705388	0
36	220.7918109264	6.64313756592742	27.7343152361706	0.700295578053817	30.0653522286	0.288387578958441	0.957513761938954	16.7614473269558	0
35	208.712106304961	6.03985231071959	28.0578595450218	0.691558533825218	30.0645366814	0.272617046484195	0.962122625223123	15.8200558947587	0
34	197.798971985569	5.45656715969572	28.3362003579351	0.68411310188807	30.0638420650	0.258368423076807	0.966046457452644	14.9732721426926	0
33	188.012533305815	4.89321933987695	28.5751853752088	0.677746952245826	30.06324797006	0.245590061494884	0.969373778113963	14.2167072001962	0
32	179.314201545453	4.34916888018117	28.7799975873559	0.672285627386698	30.0627383141	0.234231897129555	0.972180753958383	13.5463500747637	0
31	171.667578220738	3.82331166235779	28.9551970732163	0.66758512774749	30.0622996592	0.224246651416788	0.974532420870828	12.9585825218678	0
30	165.03915319383	3.31421251345386	29.104712943746	0.663526192102739	30.0619208758	0.215590760721129	0.976483806261876	12.4501882359071	0
29	159.398839662727	2.82015676555163	29.2321886990792	0.660009774178065	30.06159272026	0.208225088210969	0.978080933583481	12.0183581288921	0
28	154.720382409361	2.33922862668283	29.3404522443832	0.656953415494755	30.06130749801	0.202115467187043	0.979361699232599	11.6606931261171	0
27	150.981669572259	1.86935641855072	29.4321506941104	0.654288376487459	30.0610587941	0.197233116106617	0.980356617721773	11.3752056355649	0
26	148.164972825657	1.40834837330102	29.509506421558	0.651957299211651	30.0608412558	0.193554958336927	0.981089434304126	11.1603206534054	0
25	146.257136260038	0.95391828280969	29.5744190524261	0.649912324749003	30.0606504169	0.191063873550646	0.981577605808029	11.0148771474722	0
24	145.249730385033	0.50370293502556	29.628504684648	0.648113560373784	30.0604825546	0.189748902518535	0.981832650706327	10.9381308039028	0
23	145.13918486993	0.052729490198578	29.6731306857623	0.646527828479006	30.0603345726	0.189605422816426	0.98186036870759	10.9297980274243	0
22	145.926907955833	-0.393861734419979	29.709446233352	0.64512763014732	30.0602039060	0.190635309489079	0.981660928618432	10.989862447365	0
21	147.61940967053	-0.846250555609704	29.7384088447644	0.643890371194782	30.06000884427	0.192847091890598	0.981228820994033	11.18994058194	0
20	150.228417992787	-1.3045044628672	29.7608071905105	0.64279754799479	30.0598864594	0.196256115652202	0.980552669196872	11.3181117165736	0
19	153.771019421359	-1.77130071428577	29.7772804896131	0.64183431420271	30.0598965695	0.200884716881315	0.979614888884154	11.5886996277747	0
18	158.269799029272	-2.24938980395654	29.7883347550757	0.640989868585224	30.0598176811	0.20676241419251	0.978391181520605	11.9326885895199	0
17	163.753007122446	-2.74160404658721	29.794356129014	0.640252601507656	30.0597489627	0.213926122943235	0.976849842054794	12.35252931515	0
16	170.25474194553	-3.25086741154186	29.795621480071	0.639618816476556	30.0596898173	0.222420394964869	0.974950854096591	12.851234325822	0
15	177.815154434804	-3.78020624463728	29.792306364366	0.639083521795667	30.0596398631	0.232297686122167	0.972644737312801	13.432383972026	0

Рис. 10. Выходные расчетные параметры компьютерной программы «Сеть, закрепленная на обруче»
 Fig. 10. Target settlement parameters of the computer program «Netting fixed on a hoop»

Список литературы

1. Lee C.W., Lee G.H., Cha B.J., Kim H.Y., Lee J.H. Physical modeling for underwater flexible systems dynamic simulation // Ocean engineering. – 2005. – № 32. – P. 331-347.
2. Lee C.W., Lee G.H., Choe M.Y., Lee M.K. Development of a design and simulation tool for the moored underwater flexible system // 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2007. Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. Taylor and Francis. – London, 2007. – P. 935-939.

3. Недоступ А.А. Обоснование метода расчета сетных орудий рыболовства на основании дискретной модели // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации Фридмана Александра Львовича и 95-летию со дня основания кафедры промышленного рыболовства. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. – С. 266-275.
4. Недоступ А.А. Дискретная модель рыболовной сети // Изв. КГТУ. – 2010. – № 18. – С. 255-261.
5. Недоступ А.А., Полозков А.В. Математическое моделирование процесса погружения стенки кошелькового невода // Рыб. хоз-во. – 2011. – № 3. – С. 100-102.
6. Недоступ А.А. Методы расчета пассивных сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства: моногр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2010. – 280 с.
7. Недоступ А.А. Методы расчета сетных активных орудий прибрежного и океанического рыболовства. Методы расчета донных и разноглубинных тралов: моногр. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2011. – 156 с.
8. Андреев Н.Н. Дифференциальное определение посадочного коэффициента // Тр. Мосрыбвтуза. – 1953. – Вып. V. – С. 69-77.
9. Андреев Н.Н. Уравнение поверхности сетного полотна, прикрепленного к двум оброчам // Тр. КТИРПиХ. – 1960. – Вып. XI. – С. 15-28.
10. Андреев Н.Н. Уравнение поверхности сетного полотна кошелькового невода во время стягивания колец // Тр. КТИРПиХ. – 1964. – Вып. XVII. – С. 43-73.
11. Изнанкин Ю.А. Геометрия рыболовной сети на поверхности вращения отрицательной кривизны // Тр. КТИРПиХ. – 1969. – Вып. XXI. – С. 70-79.
12. Коротков В.К. Рабочая форма трала и метод расчета его конической части // Тр. КТИРПиХ. Промышленное рыболовство. – 1971. – Вып. L. – С. 115-124.
13. Дверник А.В., Долин Г.М. К изучению усилий, действующих в устье траловой сети // Тр. КТИРПиХ. Промышленное рыболовство. – 1973. – Вып. LIII. – С. 88-91.
14. Иванов Э.П. Расчет сетной оболочки постоянной отрицательной гауссовской кривизны с учетом растяжимости нитей // Тр. КТИРПиХ. Промышленное рыболовство. – 1975. – Вып. LVII. – С. 80-83.
15. Гукало Я.М. О нагрузках в пространственных сетных фигурах и на моделях трала // Тр. КТИРПиХ. Промышленное рыболовство. – 1977. – Вып. 62. – С. 109-115.
16. Кулагин В.Д., Печерский Б.Г. Номограмма для расчета кошельковых неводов с учетом опушек // Тр. КТИРПиХ. Промышленное рыболовство. – 1977. – Вып. 62. – С. 121-126.
17. Изнанкин Ю.А., Котик В.П. О репрезентативности континуальной и дискретной моделей сетных мешков // Тр. КТИРПиХ. Промышленное рыболовство. – 1977. – Вып. 65. – С. 47-52.
18. Кулагин В.Д. Атлас расчетных диаграмм сетных частей некоторых типов орудий лова // Тр. КТИРПиХ. Теория, проектирование и эксплуатация рыболовных систем. – 1980. – Вып. 89. – С. 44-49.

Сведения об авторах: Недоступ Александр Алексеевич, кандидат технических наук, проректор по научной работе, зав. кафедрой промышленного рыболовства, e-mail: nedostup@klgtu.ru, anedostup@yahoo.com;
Павленко Александр Александрович, зав. лабораторией промышленного рыболовства, e-mail: pavlenko@pinro.ru;
Ражев Алексей Олегович, аспирант.

УДК 639.2.081.16

Е.В. Осипов, И.В. ТитовДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ
ПО ИЗМЕНЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ ОТТЯЖЕК СТАВНЫХ НЕВОДОВ**

Предложен подход, позволяющий учитывать динамические нагрузки на элементы ставного невода, а на основе теоретических моделей и экспериментальных исследований показаны методы конструирования элементов ставного невода.

Ключевые слова: ставной невод, оттяжка, динамические нагрузки.

E.V. Osipov, I.V. Titov**APPLICATION OF DYNAMIC METHODS AND PROPOSALS FOR CHANGE
IN STRUCTURES GUYS SHUTTERS NET**

In this paper we propose an approach to take into account the dynamic loads on the elements ponent nets, but on the basis of theoretical models and experimental design methods are shown ponent elements of the net.

Keywords: Shutters net, guy, dynamic loads.

Введение

В основном все существующие методики расчета конструкций ставных неводов базируются на подходе, предложенном В.С. Калиновским [1], где рассмотрены методики к расчету всех элементов ставного невода. В дальнейшем, несмотря на применение дифференциальных уравнений гибкой нити для расчета оттяжек невода [2], подход к расчету конструкции ставного невода не претерпел значительного изменения. Однако практика использования ставных неводов и результаты исследования динамических нагрузок, приведенные в работе [3], показали, что волновое воздействие составляет от 16,4 до 94,7 % от суммарной нагрузки, что является причиной разрушения невода. Предложенный способ оснастки ставных неводов В.С. Калиновским [1], когда под действием течения крыло складывается, тем самым уменьшается его сопротивление, не решает проблему сохранения невода, поскольку не учитывает ряд причин:

- на участках с медленно изменяющейся глубиной, а также на малых глубинах течение имеет почти равную скорость по глубине (рис. 1), поскольку слой возмущенной воды η приходится на половину высоты крыла или совпадает с глубиной постановки невода h , поэтому скорость течения \bar{v} при расчетах максимальных нагрузок надо учитывать одинаковыми по глубине;

- ветровые волнения, особенно в закрытых бухтах, не всегда приводят к увеличению течения и достижению значений, способствующих притапливанию невода, что ведет к разрушению его элементов, и он становится неработоспособным.

Результаты и их обсуждение

Для расчета динамических нагрузок в работе [4] предложены формулы

$$T^A = \Sigma R_N + R_b + \Delta R ;$$

$$\Sigma R_N = 0,5(C_x^{N1}S^{N1} + C_x^{N2}S^{N2}) \frac{\rho v^2}{2}; \tag{1}$$

$$\Delta R = 0,054h_\lambda^2 (C_h + v)^2 \frac{\rho}{2\pi} \Sigma S,$$

где h, λ – высота, длина волны; $C_h = 1,25\sqrt{\lambda}$ – скорость распространения волнового профиля; $\Sigma R_N, R_b, \Delta R$ – сопротивление половины двух участков крыла, буй и дополнительного сопротивления буй и половины двух участков крыла (рис. 2).

В этом случае минимальная длина оттяжки с учетом, что якорь останется неподвижным, найдем по формулам (рис. 2)

$$T_{0z}^{max} = Q_a \frac{h_a}{h_0} = T \sin \alpha = T \frac{h}{l} \Rightarrow l^{min} = \frac{T h h_0}{Q_a h_a}, \tag{2}$$

где h_a, h_0 – плечи сил Q_a (вес якоря) и T_{0z} ; $h = h_w + h_g$, здесь h_w – максимальная высоты волны, h_g – высота от поверхности воды до оси x .

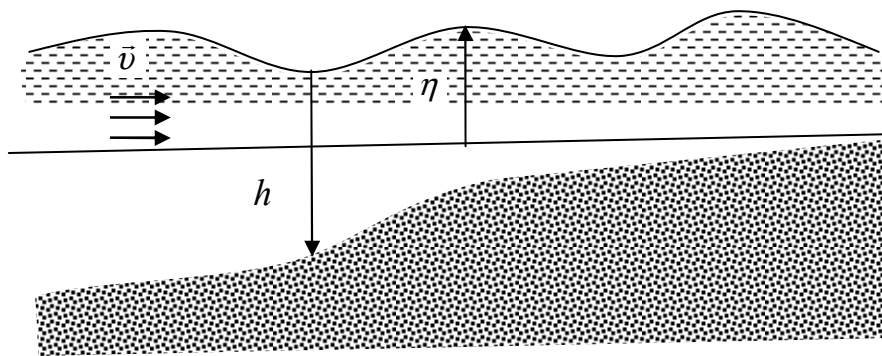


Рис. 1. Схема потока на мелкой воде
Fig. 1. Scheme of flow in shallow water

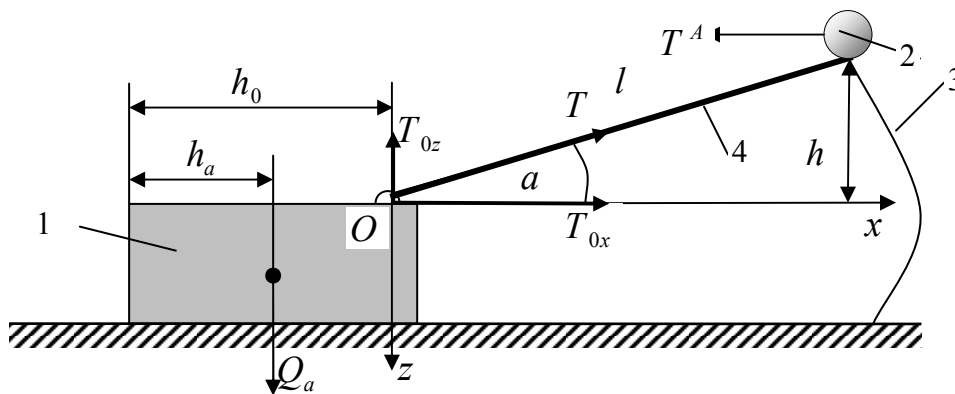


Рис. 2. Характеристики якоря и оттяжки: 1 – якорь; 2 – буй; 3 – крыло; 4 – оттяжка
Fig. 2. Characteristics of an anchor and guay: 1 – anchor; 2 – buoy; 3 – wing; 4 – guay

Функцию удлинения оттяжки запишем в виде

$$\varepsilon_{\%} = f(d, \zeta, P), \quad (3)$$

где d – диаметр оттяжки, мм; ζ – тип материала; P – нагрузка, Н.

Для капроновых канатов функцию (1) опишем корреляционным уравнением (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,96$) [4]

$$\varepsilon_{\%} = a + b \ln(d/C) + c \ln(P/P_{\max}), \quad (4)$$

где коэффициенты $a = 167,75$, $b = 64,40$, $c = 23,48$; C – длина окружности; P_{\max} – разрывная нагрузка каната, Н.

При выборе каната оттяжки, ее конструкции необходимо учитывать, что уровень воды в течение суток меняется – этот факт сказывается на работе оттяжек. Если осуществлять постановку невода во время прилива, то после отлива нагрузка в оттяжки уменьшится и ставной невод получит больше свободы для перемещения, изменения затронут форму крыла и снизят уловистость невода. При постановке невода во время отлива после прилива нагрузка в оттяжках возрастет, что дополнительно скажется на удлинении оттяжки и ее прочностных характеристиках. Проведенные исследования [6] показывают, что длинные оттяжки оказывают вредное изменение формы крыла (рис. 3).

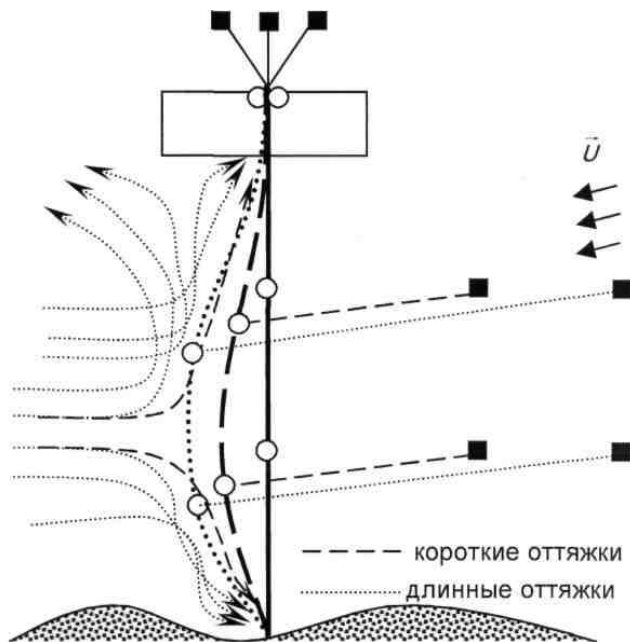


Рис. 3. Формы крыла ставного невода в зависимости от длины оттяжки и направление перемещения косяков (показаны стрелками) при длинных и коротких оттяжках

Fig. 3. Ponent seine wing shape depending on the length and direction of procrastination displacements stocks (indicated by arrows) with long and short guy

В районе установки ставного невода возникают течения, которые, воздействуя на крыло невода, создают стрелку прогиба, влияющую на поведение рыб. В работе [7] на основе подводных исследований указывается на чрезвычайную важность строго прямолинейного направления крыла. Для решения этой задачи в работе [8] предлагается использовать дополнительные оттяжки, это утверждение затем вошло в учебник [9]. Таким образом, практически повсеместно в России крыло ставного невода проектируется по такому принципу. Однако проведенные исследования [10] показали, что эффективность прямого крыла ниже криволинейного (рис. 4), при этом процент особей, попавших в ловушку, составил 46 %, а для прямолинейного крыла – намного ниже (23 %) [11].

Как показала практика, применение дополнительных оттяжек не решает полностью проблемы прогиба крыла. Поэтому для снижения влияния прогиба крыла предлагаются две конструкции крыла невода (рис. 4, а, б).

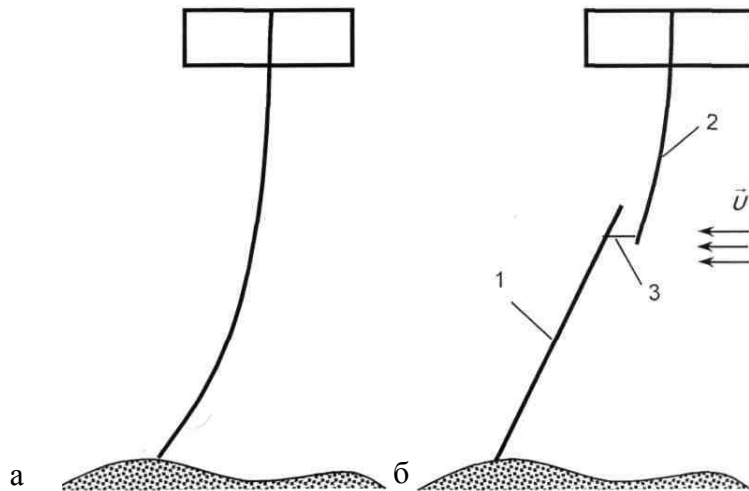


Рис. 4. Форма крыла ставного невода: а – небольшая длина крыла; б – большая длина крыла;
 1 – первый участок; 2 – второй участок; 3 – сетная перегородка
 Fig. 4. The shape of the wing ponent seine: а – small length of the wing; б – great length of wing;
 1 – first section; 2 – the second section; 3 – partition of net

Конструкцию крыла (рис. 4, а) рекомендуется использовать, когда расстояние от берега до ловушки составляет не более 400 м. Конструкцию крыла, состоящую из двух участков (рис. 4, б), рекомендуется применять, когда расстояние от берега до ловушки составляет более 400 м. Применение крыла с двумя участками обеспечивает равномерное распределение нагрузки на каждый участок, уменьшая их стрелку в сторону вектора течения. Направленные под углом к течению крылья снижают сопротивление ставного невода и обеспечивают оптимальный угол подхода косяков к крылу невода, что повысит уловистость невода.

Входящее в уравнения (1) ΔR показывает, что для реальных условий максимальная масса якоря ограничена возможностями плавсредств, с которых устанавливаются якоря. Одним из методов снижения массы якорей является уменьшение расстояния между оттяжками [5].

Также ΔR вносит значительный вклад в увеличение T^A , поэтому необходимо уменьшить одновременное влияние буюв и сетной части в ΔR . Решения этой задачи лежит в области изменения конструкции оттяжки.

На рис. 5, а показана наиболее используемая в настоящее время конструкция, обладающая перечисленными выше недостатками. Конструкция (рис. 5, б) позволяет снизить ΔR за счет уменьшения размеров буюв 5 и 1. Пользуясь этим принципом, предлагается разнести буюв по оттяжке. В этом случае оттяжка будет состоять из двух частей (рис. 5, в, г): 1 – оттяжка, оснащенная распределенной плавучестью; 2 – оттяжка, обеспечивающая связь с якорем. Как можно заметить, в случае увеличения необходимой массы якорей к участку 1 оттяжки подсоединяется дополнительная часть 2, которая устанавливается в одном направлении с оттяжкой. Это позволяет снять ограничение по суммарной массе устанавливаемых якорей на одну оттяжку. Применение части 1 с распределенной плавучестью позволяет решить задачу затопления невода при приближении шторма (в тех рай-

онах, где это будет эффективно) за счет отсоединения одного или двух буюв с линиями 6, присоединенными к части 1 (рис. 5, д). В настоящее время на данный тип конструкции получен патент [12].

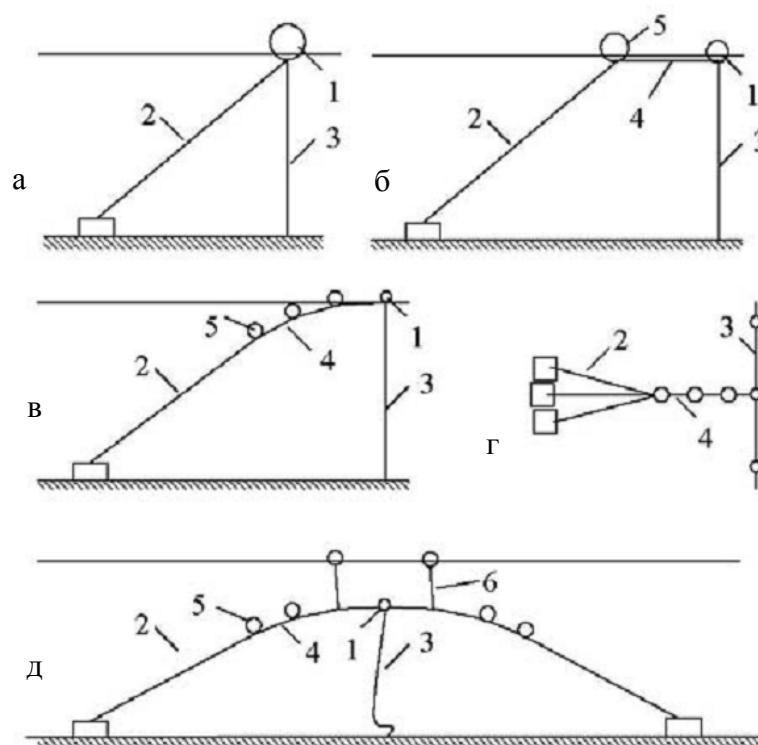


Рис. 5. Схема изменения конструкции оттяжки [4]: 1 – буй на крыле; 2 – оттяжки; 3 – крыло; 4 – промежуточная оттяжка; 5 – буй (буи) оттяжки; 6 – линия

Fig. 5. The scheme design changes guy [4]: 1 – buoy on the wing; 2 – guy; 3 – wing; 4 – intermediate guy; 5 – buoy (buoys) guy; 6 – line

Для расчета оттяжек с учетом динамической нагрузки систему уравнений (1) дополним ограничениями:

$$\begin{aligned} & \text{если } Q_b > \sum R_N, \\ & \text{если } Q_b < \sum R_N, \text{ то} \\ & T^A = \sum R_N + R_b, \end{aligned} \quad (5)$$

где Q_b – вес буя; R_b – сопротивление буя.

Расчет нагрузки в оттяжке стандартной конструкции (см. рис. 5, а) и предложенных (см. рис. 5, в) представим на графике (рис. 6).

Выводы

Разработанная ранее методика расчета динамических нагрузок в оттяжках ставных неводов 1 дополнена ограничениями 5.

Предложенная конструкция оттяжки ставного невода позволяет снизить динамическую нагрузку в крыле ставного невода по сравнению с существующими конструкциями в три раза (см. рис. 6). Это приведет к повышению эффективности работы невода путем увеличения уловистости за счет повышения его штормоустойчивости.

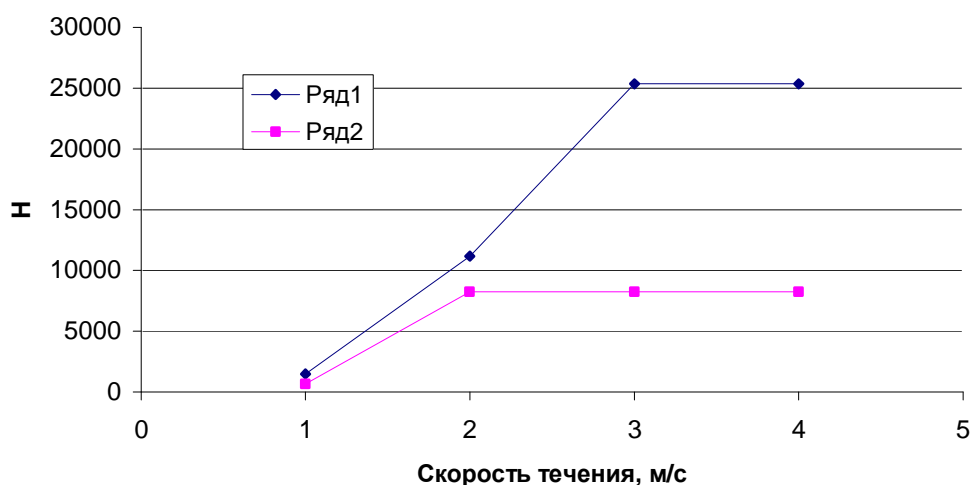


Рис. 6. Расчет нагрузки в оттяжки: ряд 1 – стандартная; ряд 2 – предложенная
 Fig. 6. Calculation of the load in procrastination: series 1 – standard; series 2 – proposed

Список литературы

1. Калиновский В.С. Проектирование и расчет штормоустойчивости ставных неводов // Промышленное рыболовство: обзор. информ. – 1995. – Вып. 1. – 44 с.
2. Габрюк В.И., Тимошок А.Е. Расчет характеристик крыла ставного невода // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001. – Вып. 14. – Ч.1. – С. 112-117.
3. Коваленко М.Н., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. Исследования показателей промыслово-технологических параметров, интенсивности и уловистости ставных неводов для лова лососей // Успехи рыболовства: сб. науч. тр. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. – С. 46-67.
4. Осипов Е.В. Совершенствование конструкций оттяжек ставных неводов // Наука и образование – 2007: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Мурманск: МГТУ, 2007. – С. 1039-1043.
5. Розенштейн М.М. Проектирование орудий рыболовства. – Калининград: КГТУ, 2003. – 367 с.
6. Осипов Е.В. Методика выбора формы крыла лососевого невода с учетом поведения рыб // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. – Вып. 19. – С. 126-131.
7. Алексеенко Т.К. Подводные наблюдения над неводами-гигантами в Керченском проливе // Рыб. хоз-во. – 1938. – № 7.
8. Баранов Ф.И. Техника промышленного рыболовства. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 696 с.
9. Фридман А.Л. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. – М.: Пищепромиздат, 1969. – 568 с.
10. Inoue Y. Effect of Blocking and Leading Fish School by Set-net Leader // Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. – 1987. – 53(7). – P. 1135-1140.
11. Inoue Y. Fish Behavior in the Capturing Process of the One-trapped and the Two-trapped Set-net // Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. – 1986. – 53(10). – P. 1739-1744.
12. Ставной невод: пат. на полезную модель RU 93216 / Осипов Е.В.; № 2009146485/22; заявл. 14.12.2009.

Сведения об авторах: Осипов Евгений Валериевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: oev@mail.ru;

Титов Иннокентий Владимирович, аспирант, e-mail: oev@mail.ru.

УДК 639.3

А.Г. Платонов

Дальневосточная ассоциация «Аквакультура»,
690091, г. Владивосток, ул. Пологая, 63

АКВАКУЛЬТУРА В ПРИМОРСКОМ КРАЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Проведен анализ современного состояния аквакультуры, определены основные проблемы и перспективы развития, в частности в Приморском крае.

Ключевые слова: аквакультура, мариккультура, государственная поддержка, выращивание.

A.G. Platonov

AQUACULTURE IN PRIMORYE: PROBLEMS AND PROSPECTS

The analysis of the current state of aquaculture, identified key issues and development prospects, particularly in the Maritime Territory.

Key words: aquaculture, mariculture, government support, growing up.

Мировое потребление рыбопродукции достигло 160 млн т, из которых 67 млн т дает аквакультура. Причем объем последней постоянно растет. По совокупной стоимости продукции рыболовство дает 91,2 млрд дол., аквакультура – 78,8 млрд дол. США. Наиболее высокие темпы развития морской аквакультуры наблюдаются в странах АТР.

С 1988 г. стабильным мировым лидером в рыбохозяйственной отрасли является Китай. В 1985 г. центральным правительством КНР был провозглашен отказ от «старомодной» концепции поддержки рыболовства и был определен приоритет в развитии аквакультуры перед рыболовством и обработкой. Уже в 1988 г. объем культивирования достиг 5,43 млн т и составил 51 % от общего объема рыбопродукции.

Эти цифры очень любят приводить руководители нашей отрасли и страны, никогда не задумываясь, за счет чего достигнуты такие результаты.

А эти впечатляющие результаты были достигнуты за счет ряда политических и организационных решений. В прибрежных районах были созданы специальные зоны экономического развития. Водные акватории для мариккультуры были закреплены на 30 лет. С 2001-2005 гг. финансовая поддержка отрасли составила 4,55 млрд юаней – 570 млн дол. США, или 17 млрд руб. Средства направлялись на создание центров воспроизводства и культивирования посадочного материала, внедрение технологий устойчивого культивирования, технологий контроля качества продукции, на защиту природных ресурсов и улучшение безопасности рыбных портов и гаваней. Более 990 млн юаней направлялось на переподготовку рыбаков, с переходом последних в аквакультуру и обработку продукции. Объемы собственно мариккультуры в Китае достигли 13 млн т, что составило 47,6 % от общей продукции морского происхождения. Кроме того, мариккультура во всех странах неотделима от восстановления природных морских биоресурсов методами пастбищного культивирования и восстановления биотопов.

Объемы производства рыбопродукции в Российской Федерации не достигают и 4 млн т. При этом основная доля приходится на счет рыболовства. Наиболее ценная рыбопродукция морского происхождения из России уходит на экспорт. Доставка ценной морской рыбопродукции на стол российского потребителя с Дальнего Востока РФ ограничена высокими транспортными тарифами. С другой стороны, объемы продукции мариккультуры слишком малы, чтобы говорить о полноценном рынке.

В Приморском крае 33 предприятия мариккультуры вели свою деятельность на 71 морском участке общей площадью более 10,0 тыс. га. Из них реально используется только

около 7,0 тыс. га, т.е. 68 %. На этих площадях, с небольшими изменениями по годам, выращивается около 3,0 тыс. т продукции, а собирается порядка 1,5 тыс. т. Эффективность выращивания объектов марикультуры на 1 га плантаций – 440 кг/га. Основные объекты выращивания – приморский гребешок, мидия, ламинария.

А, например, в Канаде, практически с такими же климатическими условиями, как и в Приморье, одна Ассоциация марикультуры PEI, которая специализируется на выращивании мидии, с площади около 3,0 тыс. га собирает 20,0 тыс. т продукции. Урожайность составляет более 7,0 т с гектара. За десятилетие объемы производства здесь выросли в пять раз. В Британской Колумбии (Тихоокеанское побережье) ежегодный объем выращенных объектов марикультуры (гребешок, мидия, устрица, морской еж, трепанг) составляет около 10,0 тыс. т и 80,0 тыс. т атлантического лосося. Это и называется развитием.

А вот развития марикультуры в Приморском крае, как и в России в целом, по-прежнему не происходит. Хотя некоторые успехи все-таки есть. Построен и запущен завод по выращиванию молоди гидробионтов в пос. Веселый Яр (зал. Владимира). В 2011 г. получено более 5,0 млн шт. молоди трепанга. Подобный завод спроектирован в пос. Зарубино. В Большом Камне построен современный цех по переработке мидии. Активную и весьма успешную работу ведет подразделение марикультуры Дальрыбвтуза в пос. Славянка.

Но в большей степени у нас развиваются марикультурные проблемы. Главная проблема состоит в отсутствии заинтересованности государства. Декларативные заявления Правительства о необходимости развития аквакультуры поступательного движения этому развитию не придают. Объявленная Правительством в 2006 г. идея включения марикультуры в приоритетный национальный проект АПК осталась только идеей, которая фактически ничего не изменила. Более того, включение ряда предприятий в программу выделения субсидий по кредитным ставкам принесло им больше проблем, чем пользы, в виде бесконечных проверок ОБЭП и прекращения кредитования банками.

В конце 2008 г. хозяйства аквакультуры объединились в Дальневосточную ассоциацию «Аквакультура», чтобы целенаправленно добиваться своих целей. Главная задача – юридическое оформление водных акваторий марикультуры.

В результате совместной активной работы с ЗАКСом Приморского края начались некоторые подвижки.

Вышло долгожданное Постановление Правительства № 136 от 14.02.09. «О проведении конкурса на право заключения договора о предоставлении рыбопромысловых участков (РПУ) для осуществления товарного рыбоводства», но понадобился еще год, пока начали проводить конкурсы по закреплению акваторий.

Сегодня закреплено 96 рыбопромысловых участков для марикультуры общей площадью около 16,0 тыс. га. Число хозяйств увеличилось до 45. В 2011 г. было собрано 1,8 тыс. т продукции – уровень 1980 г. (ламинария и морской гребешок). Впервые был собран не большой урожай выращенного трепанга – чуть более 12 т.

До сих пор нет четкой определенности, кто руководит в стране аквакультурой. Росрыболовство усиленно перетягивает эти функции на себя. Даже создало Управление аквакультуры, но пока это никак не сказалось на развитии аквакультуры.

Хотя практики-марикультуристы считают правильным кураторство Минсельхоза. Этот вид деятельности все-таки сельскохозяйственный, и преференции, которые есть в сельском хозяйстве, должны распространяться на них.

И вот при формировании нового Правительства РФ снова Федеральное агентство по рыболовству возвратили под крышу Минсельхоза. Что изменится и когда?

С 2004 г. в Государственную думу РФ вносятся проекты Закона «Об аквакультуре». Сегодня этих проектов уже семь, и последний принят Государственной Думой в первом чтении. Но дальше дело не идет, – причина в разногласиях Минсельхоза и Росрыболовства.

Закон должен четко определить право собственности пользователя на все гидробионты, находящиеся в границах данного участка. В какой-то степени решить вопрос закрепления земельных участков. Определить меры реальной государственной поддержки хозяйств аквакультуры. Сегодня аквакультура практически не имеет научного обеспечения. И похоже, в ближайшем будущем на нашу науку рассчитывать не приходится. Нет финансирования, нет специалистов и, более того, как недавно сказал на совещании руководитель отраслевого института Тинро-Центра Л.Н. Бочаров: «Да у нас даже в названии института нет слова «аквакультура», о чем нам с вами говорить?». Поэтому аквакультурщикам следует использовать передовой зарубежный опыт, технологии выращивания и переработки, методы борьбы с болезнями гидробионтов, покупать оборудование, снабжение, корма. Чем большинство хозяйств сегодня и занимается.

Все эти проблемы являются следствием полного отсутствия государственного управления аквакультурой. За год существования Управления аквакультуры в Росрыболовстве фактически не было принято ни одного управленческого решения. Руководители хозяйств даже не знают о существовании такого Управления. Отдел аквакультуры Управления рыбного хозяйства Приморского края занимается формированием участков для товарного рыбоводства и статистикой. Никаких инициатив, никакой помощи в решении проблем, которых с избытком на региональном уровне. Регулирование отношений между хозяйствами и контролирующими органами, правовые формы борьбы с браконьерством, проблемы регистрации маломерного флота и сроков навигации, разработка краевой программы развития аквакультуры, т.е. создание нормальных условий работы для предприятий.

Только ответив на главный вопрос: «Нужна государству аквакультура или нет?», можно говорить о развитии аквакультуры или по-прежнему вести кустарно-бесперспективное мелкотоварное производство.

Сведения об авторе: Платонов Александр Григорьевич, исполнительный директор.

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

УДК 629.127.4-52:62.501.55-531.501

С.А. Бахарев¹, В.В. Карасев,² А.В. Карасев²

¹123990, г. Москва, ул. Фестивальная, 73, корп. 2, кв. 131

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

Рассмотрены современные образцы автономных необитаемых подводных аппаратов и оценены возможности и перспективы использования их для решения промысловых и народнохозяйственных задач.

Ключевые слова: необитаемые подводные аппараты.

S.A. Bakharev, V.V. Karasev, A.V. Karasev

THE USE OF AUTONOMOUS UNMANNED UNDERWATER VEHICLES IN THE PROCESS OF STUDYING THE WORLD OCEAN

The article considers the modern samples of Autonomous unmanned underwater vehicles and assessed opportunities and prospects of using them for the decision of fishing and other tasks.

Key words: unmanned undersea vehicles.

Наша цивилизация в начале третьего тысячелетия столкнулась с множеством глобальных проблем, в числе которых ограниченность сырьевых ресурсов суши выдвигается на одно из первых мест.

В этих условиях взгляды дальновидных политиков и ученых устремлены к Мировому океану, в недрах которого скрыт огромный минерально-сырьевой потенциал. Узнать, постичь и освоить богатства Мирового океана – другой альтернативы выживания быстро растущему человечеству в обозримом будущем нет. И это должно произойти уже в середине XXI столетия. Большое количество проблем и сложностей в изучении Мирового океана и его богатств уже не может остановить современного человека на пути их освоения.

Кроме того, принадлежность дна океана, так же, как и суши Земли, становится новой геополитической проблемой России. Нет сомнения в том, что она станет актуальной в ближайшее десятилетие и может быть успешно решена только при наличии передовых экологических технологий и техники погружения, в том числе на предельные глубины океана.

Безусловно, «вход в океан» представляется делом трудоемким и технически сложным. Ведь сам по себе этот шаг есть вхождение человека в новую среду обитания, в чем-то подобную по сложности освоению космического пространства.

В этой связи особую актуальность приобретает развитие работ в области специального судостроения, включая обитаемые подводные аппараты (ОПА) и необитаемые подводные аппараты (НПА), последние, в свою очередь, подразделяются на автономные (АНПА) и телеуправляемые (ТНПА).

К видам технических и исследовательских работ, осуществляемых подводными аппаратами различного назначения, можно отнести [1-10]:

I. Общие виды работ:

- отработка методов подводного судовождения;
- установка и обслуживание донных навигационных систем;
- отработка схем взаимодействия со средствами надводного обеспечения;
- проверка точности карт;
- доставка и подъем материалов;
- выбор места установки подводных лабораторий;
- испытания аппаратуры различного назначения;
- замена деталей подводного оборудования;
- обслуживание подводных полигонов и заповедников;
- обследование трубопроводов и кабелей;
- осмотр опор эстакад и платформ;
- перезарядка подводных источников энергии;
- фото- и видеосъемка, в том числе маршрутная;
- обеспечение аварийных, спасательных и подъемных работ;
- обеспечение водолазных работ;
- наблюдение подо льдом;
- подготовка и проведение подрывных работ и др.

II. Поиск и разведка промысловых объектов:

- запись и анализ звуков, издаваемых промысловыми морскими биологическими объектами (МБО);
- разведка и определение численности глубоководных промысловых МБО: беспозвоночных (крабов, креветки и др.) и рыб;
- отработка методов подводного поиска МБО по звукам, издаваемым ими в процессе жизнедеятельности (питании, передвижении и т.д.);
- наблюдение за донной флорой и фауной, а также качественным составом планктона;
- изучение влияние донного рельефа на уловистость орудий лова;
- исследование эффективности совместной работы устройств искусственной концентрации промысловых объектов и орудий лова;
- изучение действия светового, звукового, электрического и других полей на процессы концентрации промысловых МБО и др.

III. Геологические и геофизические исследования:

- взятие проб осадочных пород поршневыми и гравиметрическими трубками;
- общие исследования участков дна;
- обследование глубоководных трасс и обнажений коренных пород;
- выявление и исследование структурных форм дна, благоприятных для скопления углеводородов с составлением карт нефтегазоносности;
- оценка возможности использования рудных полезных ископаемых, в том числе конкреций;
- наблюдение за режимом и развитием подводной окраины материка (континентально-го шельфа);
- непосредственный отбор образцов и маршрутная съемка;
- сейсмопрофилирование и др.

IV. Биологические исследования:

- непосредственное изучение донных биоценозов;
- районирование подводных участков по донной фауне;
- наблюдение за структурой и миграцией биологических звукорассеивающих слоев (ЗРС);
- идентификация и изучение миграций морских организмов;

- изучение распределения популяций МБО;
- взятие проб;
- поимка живых особей и др.

V. Гидрофизические исследования:

- измерение скорости и направления придонных течений;
- геотермические измерения;
- измерение уровня радиоактивности в толще и у дна;
- измерение уровня растворенного кислорода;
- измерение поглощения, отражения и преломления звука у грунта;
- измерение распространения акустических волн в грунте;
- изучение полей температуры, солености, плотности, гидрооптических и звуковых полей в придонных слоях;
- точное измерение магнитного поля Земли, в том числе его быстрых вариаций;
- измерение характеристик воды с одновременным визуальным наблюдением на любых горизонтах;
- изучение мутьевых потоков;
- дрейф в водной массе, с целью изучения ее динамических параметров;
- изучение проникновения космических частиц;
- электромагнитные измерения для оценки глубины проникновения радиоволн;
- разведка на дне источников пресных и геотермальных вод;
- исследование химической структуры придонных вод, зоны «вода-осадки» и осадочного материала;
- исследование условий образования рудных концентраций отдельных элементов и др.

Проанализируем состояние развития АНПО.

Известно [4-6], что эффективность проведения работ с помощью буксируемых средств или привязных аппаратов резко уменьшается с увеличением глубины. Автономный необитаемый подводный аппарат, обладая значительно большей маневренностью, чем ТНПА, высокой степенью стабилизации параметров движения (в том числе в условиях сложного рельефа дна), а также простотой эксплуатации, имеет производительность, не зависящую от глубины.

За последние два десятилетия в различных странах, занимающих ведущее положение в области подводной робототехники, было создано большое число АНПА, или AUV (Autonomous Underwater Vehicles) – по международной классификации, использующихся для решения широкого круга научных и прикладных задач по исследованию и освоению океана. За относительно короткий период времени АНПА продемонстрировали свою эффективность при выполнении глубоководных обзорно-поисковых и обследовательских работ и открыли ряд новых важных применений для морской геологоразведки, освещения подводной обстановки, мониторинга подводных технических сооружений (трубопроводов, кабельных трасс и др.) и водной среды в целом [7, 8].

Современные АНПА представляют собой особый класс подводных робототехнических средств (ПРТС) с присущими им задачами и практическим применением, особенностями технологии, составом систем и функциональными свойствами.

Проблемы, связанные с развитием АНПА, многоплановы и во многих случаях не имеют пока законченных решений. Системы, входящие в состав АНПА и судового оборудования, отличаются большим разнообразием по назначению и физическим принципам работы, что порождает достаточно жесткие и противоречивые требования к технологии и системной организации.

В свою очередь, расширение функциональных возможностей АНПА связано с решением ряда новых теоретических и технологических проблем. В первую очередь это задачи

управления и навигации, ориентирования на местности, сбора и накопления разнообразной целевой информации о среде и, наконец, обеспечения безопасности аппарата в штатных режимах и в особых ситуациях. Совершенно очевидно, что их решение напрямую связано с эффективным использованием на АНПА методов и средств гидроакустики [11-17].

Еще в 1977 г. в журнале «Sea Technology» была опубликована работа [10], Джона Р. Крайдера, в которой автор сформулировал три основных требования, которым должна удовлетворять технология AUV:

- направлена на то, чтобы «делать работу»;
- должна обеспечить «минимальный потребительский риск»;
- должна обеспечить «экономический эффект».

Вопрос, который был сформулирован в этой работе, на самом деле возник значительно раньше, когда перед специалистами впервые стала проблема, как преодолеть «барьер» глубины при неизменных условиях – аппарат должен быть относительно небольшим, надежным и достаточно универсальным, т.е. должен допускать возможность функциональной перестройки. Противоречивость указанных выше требований достаточно очевидна, как очевидно и то, что эти требования могут быть отнесены не только к АНПА, но и к целому ряду других ПРТС.

Например, стремление уменьшить массу и размеры приводит к росту индивидуальности разработок. Связано это с тем, что серийная аппаратура зачастую не может быть применена в качестве комплектующих элементов из-за неприемлемых масс и габаритов. Кроме того, типовой является ситуация, когда необходимая серийная продукция отсутствует, а комплектующие изделия доступны только в виде недостаточно совершенных и дорогостоящих экспериментальных образцов.

Другая особенность связана с необходимостью выбора компромиссных решений между универсальностью и специализацией. Причем во многих случаях грань, их разделяющая, достаточно размыта. Универсальность АНПА может быть реализована различными подходами в зависимости от целей, которые при этом преследуются.

Например, при создании АНПА, который должен служить рабочим инструментом для выполнения конкретных работ в океане, должны быть достаточно отработаны все его функции для каждой конкретной конфигурации систем. Какой-либо резерв здесь, по крайней мере, нежелателен, либо вообще недопустим, поскольку приводит к ухудшению тактико-технических характеристик аппарата. Переналадка рабочего аппарата на заданную функцию должна производиться простыми и надежными способами путем подключения, замены или удаления унифицированных программно-аппаратных модулей.

Например, стремление увеличить дальность действия гидроакустических средств (ГАС) связано с необходимостью использования более низкочастотных сигналов, что автоматически приводит к ухудшению точности пеленгования и разрешающей способности по направлению при тех же волновых размерах антенных устройств и др.

Известно, что одной из наиболее важных задач является построение комплексной навигационной системы на основе совместной обработки информации от бортовой автономной системы и ГАС различного назначения [7, 13-17]. При этом наиболее точными являются длиннобазовые гидроакустические системы, содержащие донные приемопередатчики, однако их развертывание, особенно в условиях глубокого моря, сопряжено с определенными трудностями [15]. Системы с ультракороткой базой не требуют установки приемопередатчиков, поэтому их использование оказывается более выгодным при оперативных работах [17].

Кроме гидроакустических систем, входящих в состав навигационного комплекса, большое значение имеют средства гидроакустической связи и «технического зрения». К последним относятся обзорные и дальномерные гидролокаторы, а также донные акустические профилографы.

При создании и эксплуатации глубоководных АНПА обычно применяют гидроакустические навигационные системы с длинной базой (ГАНС-ДБ) и донными приемниками-ответчиками, работающими в диапазоне частот 12-14 кГц (для АНПА ИПМТ ДВО РАЕН). При благоприятных гидролого-акустических условиях на дальностях действия 12-15 км точность определения локальных координат составляла 0,1 % от дальности [15]. Повышение дальности ГАНС-ДБ связано с переходом на более низкие частоты при одновременном решении проблемы придонной рефракции, а повышение точности – использованием более корректной модели звукового канала и повышением направленности приемных антенных устройств и др.

Для гидроакустических навигационных систем с ультракороткой базой (ГАНС-УКБ) производства таких известных фирм, как: «Edo-Western», «Trackpoint», «Edo-corporation» и др., достижимая дальность действия составляет семь-восемь величин глубины моря. Однако угловая погрешность при фазовом методе пеленгования относительно велика, что приводит к увеличению (на порядок и более) общей навигационной погрешности. Решение данной проблемы специалистам видится в использовании приемных антенных систем с круговой базой, а также более совершенных алгоритмов обработки гидроакустических сигналов.

В бортовых навигационных комплексах в качестве штатного измерителя скорости движения АНПА относительно дна обычно используется гидроакустический лаг. Технические характеристики современных разработок достаточно высоки, что позволяет использовать получаемую с их помощью информацию в системах коррекции бортовых инерциальных систем.

Гидролокаторы бокового (КБО) и секторного (кругового) обзора относятся к числу систем, традиционно используемых во всех типах подводных аппаратов. В ИПМТ ДВО РАН был разработан автономный вариант ГБО, который вошел в состав штатных систем АНПА. Основной его характеристикой является двухсторонняя полоса обзора 2×375 м при разрешении 0,04-0,05 м, что соответствует характеристикам известных зарубежных аналогов.

К системам зондирования морского дна относится акустический профилограф, с помощью которого определяется глубинная структура донного рельефа. Известные аналоги, работающие со специализированных буксируемых аппаратов и тем более с судов, по своим массам и габаритам совершенно непригодны для их установки на борту АНПА. Поэтому для каждого типа АНПА разрабатываются свои акустические профилографы.

Прогресс в области использования гидроакустических систем телеизмерения и телеуправления связан, главным образом, с компьютеризацией систем, а также использованием методов кодирования и адаптивной обработки сигналов. Однако имеющиеся существенные ограничения по быстродействию и пропускной способности канала связи затрудняют разработку дальнодействующих и высокоскоростных систем.

Некоторые перспективы специалисты связывают с разделением каналов телеуправления и телеметрии по их рабочим частотам и диапазонам. Однако такое разделение функций приводит фактически к построению двух совершенно разных систем, оптимизируемых по различным критериям. Например, дальность действия системы телеуправления должна соответствовать протяженности ближней зоны акустической освещенности (7-8 величин глубины моря) при рабочих частотах 5-6 кГц. Система же телеметрии должна быть широкополосной и сравнительно высокочастотной (25-35 кГц), что в совокупности позволит реализовать скорость передачи информации 30-40 кбит/с.

Следует заметить, что специфика перечисленных выше систем во многом определяется свойствами гидроакустического канала и требованиями, прежде всего, весогабаритного характера, предъявляемыми для их установки на борту АНПА.

Известно, что одним из основных элементов гидроакустической системы любого назначения являются акустические антенны, входящие в их состав. Традиционные антенны одновременно совмещают в себе две функции: преобразование энергии (электрической в акустическую – при излучении сигналов, и наоборот, акустическую в электрическую – при приеме сигналов) и формирование направленности. Совмещение этих функций является причиной значительных весогабаритных характеристик антенных устройств, особенно на низких частотах. В работах [11, 12, 18] эту проблему предлагается решить за счет использования в составе гидроакустических средств различного назначения адаптивных параметрических излучающих и приемных антенн. В таких антеннах функцию устройства, формирующего направленность, выполняют не только волновые размеры антенного устройства, но и участок водной среды (десятки метров), непосредственно прилегающий к антенному устройству.

В настоящее время развитие AUV за рубежом осуществляется при посредстве коммерческих структур, научных организаций, военных ведомств и др., т.е. относится к числу наиболее приоритетных направлений в океанотехнике [15, 16].

Из зарубежных разработок AUV последних лет к наиболее известным относятся разработки таких компаний, как канадская ISE, американская NOSC, французская IFREMER, а также проекты Европейского консорциума и ряда организаций в Англии, Австралии, Японии, Норвегии и в других странах [15, 16].

Анализ АНПА, представленных на мировом рынке, показал, что в последнее время все большее развитие получают проекты коммерческих аппаратов классов «микро» и мини» массой до 100 кг. Диапазон дальности плавания АНПА категории «мини» весьма широк и находится в пределах до 4000 морских миль. Наиболее известными представителями этого класса являются американские аппараты следующих проектов: «Sea Glider», «Slocum Glider I/II» и «Spray Glider» (АНПА – планеры с системой движения на основе изменения собственной плавучести).

Типичными представителями ПНПА малого класса, следующими за миниатюрными аппаратами, являются проекты: «AQUA EXPLORER-2» (Япония), «Odyssey III» (США), «Ocean Explorer» (США), «BPAUV» (США) и «SAUUV II» (США).

Новое поколение АНПА «GAVIA», созданных исландской фирмой «Hafmynd Ltd.», построено по модульному принципу с целью решения более широкого круга задач. При этом разработано 2 базовых типа аппарата: прибрежный – для глубин до 200 м и аппарат открытого моря – для глубин до 2000 м. Конструкция аппарата исключает использование каких-либо динамических уплотнений, а крутящий момент к движителю и рулевым приводам передают магнитные муфты. Приоритетом при проектировании аппарата стала минимизация потребляемой мощности для обеспечения максимальной автономности, потребляемая мощность (для скорости хода 1,5 м/с) составила менее 60 Вт.

Данный аппарат обладает следующими особенностями:

- модульность конструкции;
- возможность работы на различных глубинах (200, 500, 1000 и 2000 м);
- наличие большого набора датчиков;
- инерциальная, акустическая навигационные системы;
- масштабируемость программного обеспечения;
- гребной винт и управляющие рули имеют направляющие насадки;
- загоризонтное выполнение операций;
- графическое планирование операций;
- простота в эксплуатации;
- низкие эксплуатационные расходы и др.

При этом модульность конструкции обеспечивает следующие преимущества:

- портативность;
- возможность изменения конфигурации;

- быстрая замена батарей;
- возможность установки дополнительных батарей;
- доступность внедрения новых технологий;
- составление конфигурации согласно требованиям заказчика;
- снижение стоимости технического обслуживания и др.

В нашей стране работы по созданию АНПА были начаты в конце 1972 г. в стенах Института автоматики и процессов управления Дальневосточного научного центра АН СССР силами небольшой лаборатории, которая постепенно переросла в отдел, а затем – в 1988 г. – в Институт проблем морских технологий ДВО РАН.

Макет первого АНПА типа «ПА-04-300» был испытан в зал. Петра Великого в сентябре 1973 г. с борта рыболовного сейнера «Валдай» водоизмещением 300 т, переоборудованного в обеспечивающее судно. Натурные эксперименты позволили определить направления его конструктивного усовершенствования, получить практические данные для выбора гидродинамических характеристик, состава навигационного обеспечения, повышения надежности работы бортовых систем и т.д.

В августе 1974 г. на базе АНПА «ПА-04-300» был создан АНПА «Скат», способный осуществлять пространственные траектории движения зависать на заданной глубине, а также состоялась первая экспедиция, в задачу которой входила отработка методики гидрохимических измерений вблизи целлюлозно-бумажного комбината, расположенного на берегу оз. Байкал. В процессе этих работ накопился экспериментальный материал, позволивший осуществить конструктивную доработку аппарата и определить направления дальнейших исследований.

Результаты этой работы были реализованы при создании АНПА «Скат-ГЕО», разработка которого была начата в конце 1974 г. по договору с Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК). Первая практическая работа, которую выполнил данный аппарат, заключалась в идентификации подводных объектов, обнаруживаемых буксируемым гидролокатором бокового обзора (ГБО), в Белом море в 1978 г. Оба аппарата были способны работать под водой на глубине до 300 м.

Практический опыт, полученный при разработке и испытаниях первых образцов АНПА, оказался весьма полезным для понимания общей концепции данного типа подводных аппаратов и перехода к технологии, позволившей осуществить «скачок в глубину» [2].

Первые модульные глубоководные АНПА «Л-1» (рабочая глубина до 2000 м) и «Л-2» (рабочая глубина до 6000 м), разработка которых началась в 1976 г. по договору с Главным управлением навигации и океанографии (ГУНиО), были изготовлены в 1980 г. При этом следует особо отметить важную роль ГУНиО в деле развития подводной робототехники, которая не ограничилась только финансовой поддержкой, но также придала работам государственную важность и практическую направленность.

Модульная архитектура, реализованная в конструкции АНПА «Л-2», открыла широкие возможности для функциональной унификации бортовых систем. Разработанная оригинальная технология компоновки, сборки и монтажа бортовой аппаратуры являлась существенным достижением в области подводной робототехники и обеспечивала надежное функционирование аппарата при выполнении ряда практических работ. В частности, АНПА «Л-2» успешно использовался в интересах ВМФ, в том числе для обследования подводных лодок «К-8» (1982-1983 гг.) и «К-219» (1989 г.), затонувших, соответственно, в Атлантическом океане в 1971 г. и в Саргассовом море в 1986 г.

В 1986 г. в ИМПТ ДВО РАН был создан АНПА «Тифлонус» (рабочая глубина до 2000 м), предназначенный для выполнения океанографических работ, в том числе в подледных условиях. Аппарат имел удобообтекаемую форму корпуса с малым гидродинамическим сопротивлением.

Затем в 1988 г. были последовательно созданы АНПА «МТ-88» и «МТ-ГЕО» практически на той же базе, что и АНПА «Л-2», но с более совершенным электронным оборудованием. При этом АНПА «МТ-88» относился к числу первых аппаратов, в которых конструктивно-функциональная модульная технология была реализована в полной мере.

В 1991 г. ИПМТ ДВО РАН был подписан контракт с Шеньянским институтом автоматизации академии наук Китая на совместную разработку АНПА «СР-01» (рабочая глубина до 6000 м), положившую начало перехода на международную элементную базу. В конце лета 1995 г. российско-китайский аппарат, предназначенный для океанографических и обследования запасов глубоководных полезных ископаемых, а также для изучения биологии моря, успешно прошел сдаточные испытания в Тихом океане.

А годом ранее, в 1994 г., по контракту с частной американской фирмой Hibbard Marine был создан автономно-привязной аппарат «ТSL» (рабочая глубина до 300 м), представляющий собой самоходный объект с управлением по оптоволоконному кабелю и предназначенный для выполнения работ на шельфе и обследования протяженных водозаполненных тоннелей. При этом был предусмотрен и автономный вариант использования данного аппарата.

К числу международных проектов относится также создание в 1997 г. по заказу корейской корпорации DAEWOO АНПА «ОКРО-6000» – близкого аналога АНПА «СР-01», предназначенного для океанологических исследований и поиска затонувших предметов. Конструктивные отличия заключались в отсутствии носовых движителей.

Как известно, особенностью любого АНПА, которую относят к недостаткам данного класса техники, является ограниченный запас энергии на его борту. Для решения данной проблемы был направлен совместный, с Институтом автоматизации подводных систем (Ли, Нью-Хемпшир, США), проект АНПА «САНПА». В 1998-1999 гг. в зал. Петра Великого успешно прошли испытания первый экспериментальный образец малогабаритного «солнечного» АНПА, предназначенного для экологических исследований на трансокеанских трассах.

В 2002 г. был построен «СР-02», отличающийся от своего предшественника дополнительной возможностью передачи информации на спутник при периодическом всплытии АНПА на поверхность моря.

Одним из наиболее ярких достижений коллектива ДВО РАН последних лет стала успешная работа АНПА «Клавесин-1Р» в арктической экспедиции российских ученых. Данный аппарат наделен искусственным интеллектом, имеет аппаратуру, обеспечивающую постоянно действующий гидроакустический канал связи с оператором на судне, что дает возможность надежно контролировать его работу под водой. Находясь в автономном режиме плавания, АНПА способен выполнять целый ряд задач, в числе которых передача на поверхность изображения морского дна с высокой разрешающей способностью.

Сегодня коллектив ИПМТ ДВО РАН также работает над созданием АНПА лёгкого класса, который должен весить около 200 кг.

Одновременно с этим институтом недавно был приобретен ТНПА типа «Апачи» (электрическая мощность 15 л.с.), что говорит о расширении интересов института в сторону другого класса подводных роботов.

Однако надо признать, что в целом отечественные разработки носят опытный характер и в абсолютном большинстве случаев единичны по исполнению, а бортовая электронная элементная база, как правило, иностранного производства.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о том, что в настоящее время отечественные автономные необитаемые подводные аппараты существенно уступают зарубежным аналогам, среди которых наиболее предпочтительным является АНПА серии «GAVIA».

По нашим оценкам, уже в самое ближайшее время разработка и исследование эффективных технических средств и технологий разведки полезных ископаемых: железомарганцевые конкреции, глубоководные полиметаллические сульфиды, кобальтоносные железомарганцевые корки и др. – международного района морского дна, залегающих на глубинах 1-6 км, приобретут особую актуальность.

Нет сомнения в том, что данная задача может быть успешно решена только при наличии передовых экологических технологий и техники погружения, в том числе на предельные глубины океана.

В связи с этим разработка двухзвенного поискового комплекса на базе глубоководного АНПА и малогабаритного телеуправляемого необитаемого подводного аппарата инспекционно-рабочего класса представляет, по нашему мнению, большой практический интерес.

В таблице представлены некоторые отечественные глубоководные АНПА, созданные в ИПМТ ДВО РАН [2], на базе которых могут быть созданы двухзвенные поисковые комплексы для решения сформулированной выше задачи.

**Некоторые отечественные глубоководные автономные
необитаемые подводные аппараты
Autonomous unmanned underwater vehicles**

Наименование	Размеры, м	Масса, кг	Рабочая глубина, м	Скорость хода, м/с	Автономность, ч
Л-2	4,30x1,2x 1,2	1180	6000	1,0	6,0
МТ-88, МТ-ГЕО"	3,81x1,12x1,19	1150	6000	1,0	6,0
СР-01	4,38x0,8x 0,93	1300	6000	1,5	10,0
ОКРО-6000	3,94x0,7x0,88	975	6000	1,5	8,0

При этом хотелось бы также отметить, что часть относительно простых операций: подъем ранее установленного оборудования и др., выполняемых подводными аппаратами, могут с успехом заменить разработанные с нашим участием подводные модули [19].

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о том, дальнейшее развитие АНПА видится нам, в том числе в модульности построения, уменьшения весогабаритных характеристик, повышении скорости хода и автономности, а также в создании двухзвенных систем и более широком применении достижений конверсионной акустики и нелинейной гидроакустики в частности.

В заключении хотелось бы пожелать руководителям нашего государства уделить более пристальное внимание вопросу развития отечественной робототехники, предназначенной не только для изучения и освоения богатств Мирового океана – предмета данного обсуждения, но и для решения целого спектра специальных и народнохозяйственных задач, в том числе в социальной области и здравоохранении.

Список литературы

1. Агеев М.Д., Касаткин Б.А., Рылов Н.И. и др. Автоматические подводные аппараты. – Л.: Судостроение, 1981. – 223 с.
2. Автономные необитаемые подводные аппараты / под общ. ред. академика М.Д. Агеева. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 272 с.
3. Баженов Ю.А., Гаврилов В.М., Жуков Ю.И. и др. Самоходные необитаемые подводные аппараты. – Л.: Судостроение, 1986. – 277 с.

4. Войтов Д.В. Подводные обитаемые аппараты. – М.: Изд-во «Астрель», 2002. – 303 с.
5. Дмитриев А.Н. Проектирование подводных аппаратов. – Л.: Судостроение, 1978. – 236 с.
6. Илларионов Г.Ю., Карпачев А.А. Исследовательское проектирование необитаемых подводных аппаратов. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 270 с.
7. Обзор дистанционно-управляемых подводных систем и аппаратов военного назначения // Журнал Underwater. – 2006, авг.
8. Обзор дистанционно-управляемых подводных систем и аппаратов многоцелевого назначения // Журнал Underwater. – 2006, май-июнь.
9. Подводные роботы / под общ. ред. В.С. Ястребова. – Л.: Судостроение, 1977. – 363 с.
10. Kraider D.R. UUVs for underwater Work-Innovation or Hight tech Toy? // Sea Technology. – 1977. – Vol. 38, № 2. – P. 51.
11. Бахарев С.А., Кравченко В.В., Лямин Г.И. Анализ физических принципов функционирования параметрических антенн // V Дальневост. НТК «Приборы для исследования и освоения океана, включая подводные аппараты». – Владивосток, 1989. – С. 78-81.
12. Бахарев С.А., Мироненко М.В., Пономарев В.В. Способ дистанционного измерения подводных объектов // III Междунар. НТК «Конверсионные технологии в гидроакустике. – СПб., 1996. – С. 18-20.
13. Богородский А.В., Яковлев Г.В., Корепин Е.А., Должиков А.К. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
14. Бородин В.И., Смирнов Г.Е., Толстякова Н.А. и др. Гидроакустические навигационные средства. – Л.: Судостроение, 1983. – 262 с.
15. Комляков В.А. Гидроакустические системы с маяками-ответчиками для слежения за буксируемыми подводными комплексами // Судостроение. – 1997. – № 6. – С. 39-45.
16. Касаткин Б.А., Кобаидзе В.В. Особенности гидроакустической навигации в шельфовой зоне. Подводные аппараты с программным управлением и их системы. – Владивосток: Изд-во ДВНЦ, 1977. – С. 84-88.
17. Матвиенко Ю.А. Статистическая обработка информации гидроакустической навигационной системой с ультракороткой базой // Морские технологии. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – Вып. 2. – С. 70-80.
18. Бахарев С.А. Обеспечение экологической безопасности деятельности человека на морском шельфе // Вест. РАЕН. – М., 2003. – Т. 3, № 3. – С. 18-23.
19. Бахарев С.А., Завалко Е.В., Рогожников А.В. Использование дистанционных размыкателей для обслуживания морских платформ // Морская радиоэлектроника. – 2009. – № 3-4 (29-30). – С. 56-58.

Сведения об авторах: Бахарев Сергей Алексеевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: taf@list.ru;

Карасев Владимир Владимирович, кандидат технических наук, профессор,
e-mail: karasevvv@list.ru;

Карасев Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: kav6713@mail.ru.

УДК 629.562 : 621.83.061.1

Ю.А. Корнейчук

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

ДИАГНОСТИКА ГЛАВНОГО СУДОВОГО РЕДУКТОРА

Анализируется диагностика судовых редукторов. Она касается диагностических способов обнаружения неисправности редуктора. Измерений вибрации редуктора не хватает для получения полной диагностической информации. Следует использовать другие способы диагностики редуктора.

Ключевые слова: редуктор, надежность, диагностика, вибрация.

Y.A. Korneychuk

MAIN MARINE GEARBOX DIAGNOSTICS

The paper is devoted to marine gearbox diagnostics. It deals with the methods of gearbox diagnostics fault detection. Measuring of gearbox vibration is not enough to receive full diagnostic information. Different methods of gearbox diagnostics should be used.

Key words: gearbox, reliability, diagnostics, vibration.

Большинство судов промыслового флота оснащено дизель-редукторными агрегатами (рис. 1). Главный редуктор, по данным фирм-изготовителей, обладает повышенной надежностью, оцениваемой безотказной работой $P(t) = 0,9999$. Однако опыт их эксплуатации не совпадает с этими утверждениями. Так, из трех плавбаз типа «Содружество» на одном из редукторов наблюдалась трещина ведущего вала. Отсюда оценка $P(t) = 0,66$. Малое число наблюдений не позволяет получить точные оценки надежности.

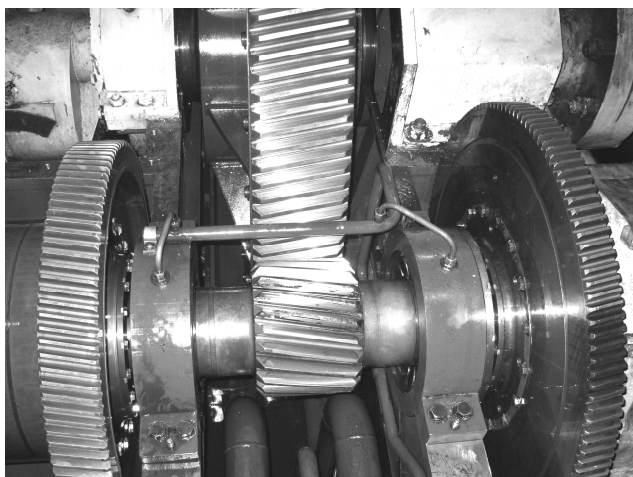


Рис. 1. Редуктор Valmet V2NC-1300+2PC
Fig.1. Gearbox Valmet V2NC-1300+2PC

Обследование 32 редукторов ТKG2-03 СТМ типа «Атлантик-333» [1] показало, что за период эксплуатации 69 % редукторов находятся в нормальном состоянии, 22 % имеют потенциальные отказы подшипников качения, 6 % – эксплуатационный отказ из-за нарушения системы смазки, 3 % – технологический отказ (монтаж и сборка). Вероятность безотказной работы составила $P(t) = 0,90$.

ГОСТ Р 50891-96 [2] рекомендует для редукторов проводить диагностирование:

- зубчатых колес по вибрационным параметрам;
- подшипников редукторов по уровню ударной вибрации.

На этапе настройки формируются векторы диагностических признаков, характеризующие нормальное (бездефектное) состояние сопряженных зубчатых колес для каждой i -й ($i = 1, 2, \dots$) ступени диагностируемого редуктора. Компонентами векторов являются числовые значения следующих четырех параметров вибрации i -го зубчатого зацепления:

- 1) общий уровень вибрации с частотой пересопряжения зубьев;
- 2) суммарный уровень гармонических составляющих частоты вращения ведущего зубчатого колеса;
- 3) то же ведомого зубчатого колеса;
- 4) уровень составляющей на частоте зацепления зубьев в спектре сигнала огибающей амплитуды высокочастотной вибрации редуктора.

При формировании диагностических признаков применяется метод синхронного накопления сигналов вибрации как на периоде зубцовой частоты диагностируемой ступени (параметры 1 и 4), так и на периодах частот вращения сопряженных зубчатых колес (параметры 2 и 3). В качестве синхронизирующего используется пилот-сигнал с датчика оборотов выходного вала, требуемое значение частоты следования импульсов которого предварительно формируется в блоке преобразования частоты пилот-сигнала. Этот метод легко реализуется для переборных редукторов, значительно сложнее – для планетарных.

Этап диагностики состоит в периодическом съеме вибрационной информации, определении значений диагностических параметров, сравнений текущих значений с пороговыми и принятии решений при их превышении.

Прогрессирующий износ зубьев сопряженных зубчатых колес диагностируемой ступени редуктора приводит к значительному возрастанию величины диагностического параметра

Появление усталостных повреждений на отдельных зубьях (выкрашивание, скол, трещина у основания, поломка) обуславливает рост значений параметров 2 и 3, распространение усталостных повреждений по зубчатым венцам сопряженных зубчатых колес (например, выкрашивания) приводит к возрастанию величины параметра 4.

Методика позволяет не только проводить дифференцированную диагностику повреждений зубчатых колес, но и на основе анализа изменения трендовых характеристик диагностических признаков осуществлять прогнозирование остаточного ресурса зубчатых зацеплений по предельным состояниям эксплуатационных повреждений зубьев зубчатых колес.

Для оценки ударной вибрации, возникающей при первых признаках выкрашивания, следует применять приборы, которые, в основном, чувствительны к высокочастотным ударным импульсам в области частот, превышающих 20 кГц.

Возникновение нарастания показаний прибора показывает либо на нарушение подачи смазки, появление в ней посторонних частиц, либо на появление первых признаков выкрашивания. Освоение особенностей работы прибора позволяет разделять указанные явления.

При появлении отмеченного нарастания следует резко сократить интервалы между проверками. В случае подтверждения нарастания ударной вибрации необходимо произвести останов редуктора и смену подшипника.

Значительное число отказов главных редукторов наблюдалось на промысловых судах Балтийского бассейна. Для решения этой проблемы проведены исследования [3] главных редукторов: LS-2200 судов проекта 1332 типа «Баренцево море», MAV-90-30 судов проекта В-408 типа «И Бочков», TKG2-0350 судов типа «Атлантик-333», 10 AD-2х1400х3,27 типа «Атлантик-488», «Киев», судов проекта 503 типа «Альпинист», LS2-3500 судов проекта 1386 типа «Горизонт». Они показали, что наибольший эффект в контроле состояния главных редукторов рыбопромысловых судов достигается от совместного применения методов и средств трибо- и вибродиагностики.

Вибрация нормально функционирующих редукторов, входящих в состав главной энергетической установки (ГЭУ) промышленных судов, не может быть причиной их усталостного разрушения. Большинство случаев аварийного разрушения деталей и узлов редукторов могут быть вызваны либо нарушениями условий их эксплуатации, либо дефектами монтажа.

В целях повышения достоверности диагноза дополнительно предусмотрен анализ продуктов износа в масле главных редукторов и двигателей. Рентгеновский флуоресцентный анализ обеспечивает контроль содержания в масле примесей железа, хрома, меди, олова и свинца.

Разработана технология диагностирования главных редукторов рыбопромысловых судов [3], которая описывает режим и объем контроля, требования к применяемой аппаратуре, критерии оценки технического состояния редуктора, периодичность и сроки проведения контрольных замеров, постановку редуктора на хранение и профилактические работы. Принятая методика включает в себя контроль третьоктавных спектров виброускорения на опорах валов редуктора, сравнение их с выработанной статистической нормой и контроль спектра огибающей высокочастотной компоненты вибрации на подшипниках качения. В целях повышения достоверности диагноза дополнительно предусмотрен анализ продуктов износа в масле главных редукторов. Это позволяет обнаруживать дефекты на ранней стадии развития, наблюдать и прогнозировать их развитие, планировать ремонт машины, т.е. перейти на обслуживание и ремонт машин по фактическому состоянию.

Интересен зарубежный опыт диагностической службы фирмы Stork. Она использует для измерения вибрации корпуса редуктора портативный анализатор спектра CSI, а для оценок характеристик смещения геометрической оси применяет многоканальный вибронализатор в режиме реального времени Nevada Bently.

Кроме исследований вибрации, фирма Stork дополнительно измеряет:

- вращающий момент;
- термографическое инфракрасное излучение с измерением температур металлов и неметаллов в диапазоне 0-2500 °С, используя инфракрасный термометр ThermoView™ Raytek Ti30;
- высокоточные геометрические измерения инструментом FARO Arm platinum из категории мобильных координатно-измерительных машин (КИМ). Полученные данные могут использоваться, чтобы определить полную геометрию деталей редуктора. Данные передаются в программу 3D CAD и анализируются. Трехмерное измерение может также использоваться для центрирования редукторов и турбин. Используя новейшее лазерное оборудование, могут быть выполнены точные измерения с погрешностью 0,01 мм, такие, как: центрирование валов, плоскостность, прямолинейность, перпендикулярность, центрирование втулок, параллельность.

Обязательными являются тщательные осмотры редукторов с использованием промышленного эндоскопа и съемкой повреждений цифровым фотоаппаратом.

Рассмотрим пример диагностирования дизель-редукторных агрегатов (ДРА). Два ДРА с дизелями «Згода-Зульцер 6ZL 40/48» мощностью по 2355 кВт работают через 2 редуктора «Замех Лиааен» с передаточным числом 3,1786 на две линии валов при номинальной частоте вращения винтов регулируемого шага 185 мин⁻¹. Дизели установлены на специальной амортизированной платформе. Для передачи вращающего момента от двигателя, имеющего возможность перемещаться к жестко закрепленному редуктору, на маховике закреплена эластичная муфта Холсет.

При несении вахты второй механик обнаружил необычный шум и вибрацию в кормовой части редуктора правого главного двигателя, работавшего в режиме полного переднего хода. Остановили правый дизель. Осмотром зубчатого зацепления редуктора через лючок обнаружили:

- выкрашивание 7 зубьев в виде глубокого питтинга и трещины на 6 зубьях в кормовой части на днище от 30 до 90 мм с торца зуба ведущего вала-шестерни;
- ролики опорного подшипника вала-шестерни со стороны двигателя не вращаются, а скользят по внутренней обойме;
- ведомая шестерня редуктора дефектов не имела;
- масло в редукторе более темного цвета, на магнитных подушках едва видимая металлическая пыль, не ощущаемая пальцами. Фильтры чистые. Индикатор загрязненности большого перепада не показывает.

Свинцовыми выжимками проверили зазоры в зацеплении. Они оказались в пределах норм. Заводские специалисты произвели механическую обработку зубьев. Качество шлифовки и проверка дефектных участков на наличие трещин проверялось «Суперчеком».

Основной этап диагностирования ДРА проводится на ходовых испытаниях. Следует тщательно контролировать шум и вибрацию, температуру подшипниковых узлов проверенными точными приборами, подачу смазки в соплах (трубках) к точкам смазки и зацеплению. На ходовых испытаниях для измерения уровня вибрации использовали японский вибронализатор МК-310, а для измерения ударных импульсов на подшипниках редукторов – шведский прибор SPM-43A.

Предварительно была разработана карта замеров уровней ударных импульсов и вибрации (рис. 2).

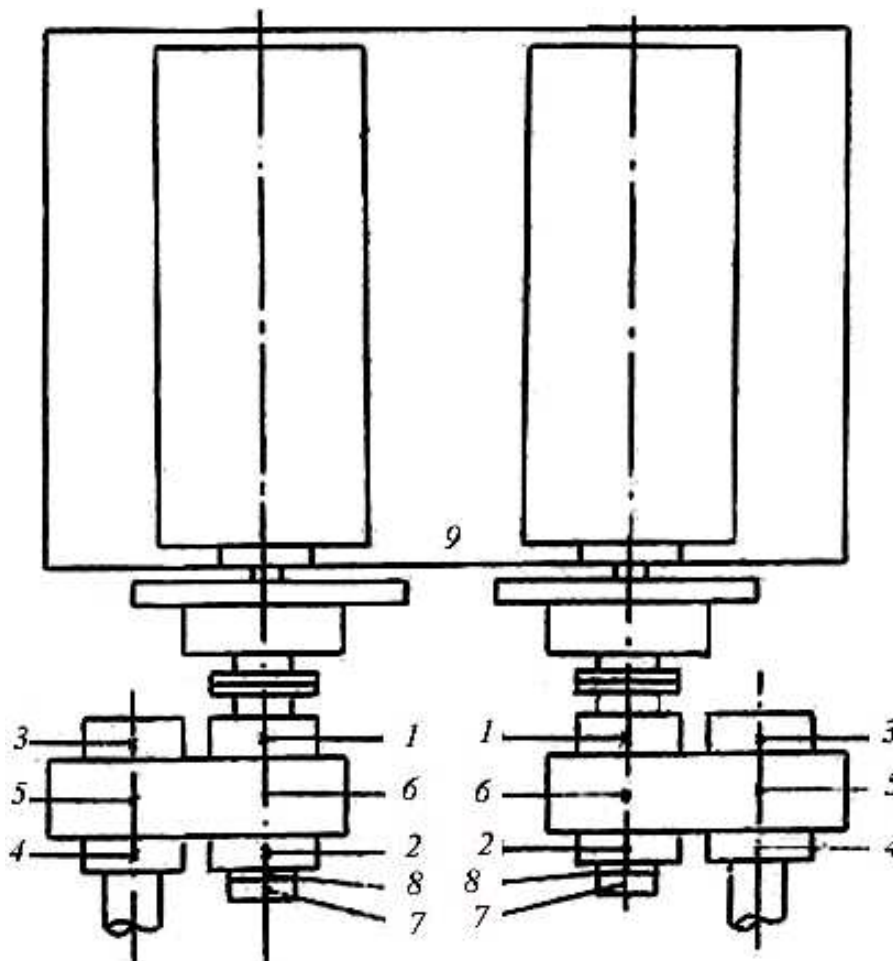


Рис. 2. Точки измерений ударных импульсов и вибрации
 Fig. 2. Points of measurements of shock impulses and vibration

Таблица 1

Вертикальная вибрация редуктора в точке 1 при частоте вращения дизеля $n = 400 \text{ мин}^{-1}$

Table 1

Vertical vibration of a gearbox point 1, diesel engine speed $n = 400 \text{ RPM}$

[DATA No. 1V]			[DATE ' : 9-11-09 10:03]
[MODE VEL] [RANGE 5.0 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 1.560 cm/s
1	195 Hz	0.782 cm/s	
2	110	0.490	
3	125	0.185	
4	220	0.120	
5	240	0.107	
6	160	0.105	
7	230	0.097	
8	890	0.097	
9	140	0.090	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 2

Горизонтальная вибрация редуктора в точке 1 при частоте вращения дизеля $n = 400 \text{ мин}^{-1}$

Table 2

Horizontal vibration of a gearbox at point 1, diesel engine speed $n = 400 \text{ RPM}$

[DATA No. 1H]			[DATE ' : 9-11-09 10:08]
[MODE VEL] [RANGE 1.5 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 1.2457 cm/s
1	195Hz	0.7320 cm/s	
2	475	0.1717	
3	175	0.1687	
4	110	0.12971132	
5	415	0.1132	
6	770	0.1125	
7	75	0.1117	
8	125	0.1072	
9	235	0.1005	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 3

Вертикальная вибрация редуктора в точке 2 при частоте вращения дизеля $n = 400 \text{ мин}^{-1}$

Table 3

Vertical vibration of a gearbox point 2, diesel engine speed $n = 400 \text{ RPM}$

[DATA No. 2V]			[DATE ' : 9-11-09 10:08]
[MODE VEL] [RANGE 5.0 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 1.717 cm/s
1	2	3	4
1	195Hz	0.995 cm/s	
2	110	0.665	
3	125	0.287	

Окончание табл. 3

1	2	3	4
4	165	0.175	
5	15	0.165	
6	93	0.137	
7	233	0.135	
8	325	0.105	
9	422	0.105	
10	890	0.105	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 4

Горизонтальная вибрация редуктора в точке 2 при частоте вращения дизеля $n = 400 \text{ мин}^{-1}$

Table 4

Horizontal vibration of a gearbox at point 2, diesel engine speed $n = 400 \text{ RPM}$

[DATA No. 2H]			[DATE ' : 9-11-09 10:04]
[MODE VEL] [RANGE 5.0 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 1.042 cm/s
1	195Hz	0.495 cm/s	
2	130	0.342	
3	175	0.225	
4	140	0.160	
5	385	0.132	
6	75	0.117	
7	770	0.117	
8	965	0.115	
9	210	0.110	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 5

Вертикальная вибрация редуктора в точке 1 при частоте вращения дизеля $n = 315 \text{ мин}^{-1}$

Table 5

Vertical vibration of a gearbox point 1, diesel engine speed $n = 315 \text{ RPM}$

[DATA No. 1V]			[DATE ' : 9-11-09 14:38]
[MODE VEL] [RANGE 1.5 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 0.5092cm/s
1	100 Hz	0.2085 cm/s	
2	145	0.1740	
3	90	0.782	
4	155	0.480	
5	170	0.0720	
6	125	0.0675	
7	115	0.0622	
8	220	0.0547	
9	210	0.0487	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 6
Table 6

Горизонтальная вибрация редуктора в точке 1 при частоте вращения дизеля $n = 315 \text{ мин}^{-1}$
Horizontal vibration of a gearbox at point 1, diesel engine speed $n = 315 \text{ RPM}$

[DATA No. 1H]			[DATE : 9-11-09 14:40]
[MODE VEL] [RANGE 1.5 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 0.4890 cm/s
1	135Hz	0.2040 cm/s	
2	145	0.2002	
3	295	0.1740	
4	95	0.1387	
5	85	0.1230	
6	115	0.0877	
7	445	0.0637	
8	25	0.0547	
10	50	0.0487	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 7
Table 7

Вертикальная вибрация редуктора в точке 2 при частоте вращения дизеля $n = 315 \text{ мин}^{-1}$
Vertical vibration of a gearbox point 2, diesel engine speed $n = 315 \text{ RPM}$

[DATA No. 2V]			[DATE : 9-11-09 14:39]
[MODE VEL] [RANGE 1.5 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 0.7920cm/s
1	145Hz	0.3337 cm/s	
2	90	0.2925	
3	100	0.2467	
4	295	0.1192	
5	165	0.0750	
6	205	0.0645	
7	180	0.0622	
8	445	0.0622	
9	855	0.0525	
REPLAY: FFT			FFT DISPLAY

Таблица 8
Table 8

Горизонтальная вибрация редуктора в точке 2 при частоте вращения дизеля $n = 315 \text{ мин}^{-1}$
Horizontal vibration of a gearbox at point 2, diesel engine speed $n = 315 \text{ RPM}$

[DATA No. 2H]			[DATE : 9-11-09 14:40]
[MODE VEL] [RANGE 1.5 cm/s] [FREQ. 2 KHz]			
[No.]	[FREQUENCY]	[SPECTRUM]	OVERALL 0.7237 cm/s
1	2	3	4
1	150Hz	0.2415 cm/s	
2	90	0.2107	
3	115	0.2085	
4	125	0.1762	
5	295	0.1530	

Окончание табл. 8

1	2	3	4
6	65	0.0817	
7	23	0.0690	
8	50	0.0637	
9	310	0.0592	
	REPLAY: FFT		FFT DISPLAY

Таблица 9

Результаты измерения ударных импульсов подшипников

Table 9

Results of measurement of bearing shock impulses

	Левый борт		Правый борт	
Дата	12.12.90		12.12.90	
Точки измерения	dB		dB	
1	17/8		23/0	
2	31/16		22/0	
3	12/2		17/0	
4	17/9		17/0	
5	17/7		15/0	
6	22/13		18/0	
7	53/40		27/0	
8	31/21		22/0	

В результате измерений было установлено:

- уровни вибрации и ударных импульсов подшипников редуктора левого борта не превышают допустимых норм;
- уровни вибрации и ударных импульсов подшипников редуктора правого борта превышают допустимые нормы;
- раскаты дизеля левого борта в норме;
- раскаты дизеля правого борта: цилиндры 1-5 в норме, а 6 – 0,22 мм превышает на 0,07 мм допускаемое значение.

Произвели центрирование обоих ДРА путем установки прокладок на клинья под фундаментные рамы обоих дизелей.

Дефектоскописты по результатам измерений (см. табл. 1-9) определили повышенный уровень вибрации, но не смогли окончательно определить дефект. Пришлось подключиться к решению проблемы судовым механикам. Вскрыли редуктор. При тщательном осмотре обнаружили механическое ослабление подшипника. Посадочное место обоймы подшипника оказалось изношенным на 3 мм, или 1,5 мм на сторону.

Механическое ослабление подшипника ведет к ускоренному изнашиванию посадочных мест и просадке вала. Значительная величина просадки вала сказывается на равномерности изнашивания поверхности зубьев в местах контакта, рис. 3.

Технология вибродиагностики механического ослабления деталей вала представлена в работе [5].

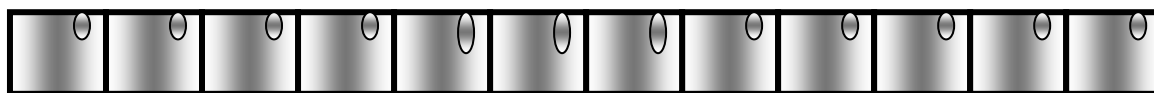


Рис. 3. Схема контактных пятен зубьев ведущей шестерни редуктора

Fig. 3. The scheme of gearbox driving gear teeth's contact stains

Выводы

Для повышения достоверности вибродиагностики главных судовых редукторов следует применять дополнительные диагностические методы. Хорошо зарекомендовал себя анализ продуктов износа в масле главных редукторов.

При ходовых испытаниях важным источником информации служат температуры деталей редуктора. Необходимо контролировать температуру, подачу и распределение масла по точкам смазки.

Для своевременного выявления механических ослаблений и усталостных трещин валов необходим тщательный осмотр деталей редуктора через лючки с использованием эндоскопов. Особое внимание уделить состоянию контактной поверхности зубьев.

Список литературы

1. Сергеев К.О. Опыт применения безразборной диагностики для определения технического состояния редукторов ТКГ2-03 СТМ типа «Атлантик-333» / К.О. Сергеев, А.С. Жуков // Вест. МГТУ. – Мурманск, 2011. –Т. 14, № 4. – С. 681-684.

2. ГОСТ Р 50891-96. Редукторы общемашиностроительного применения. Общие технические условия. Госстандарт России. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 28 с.

3. Прыгунов А.И. Виброметрия и виброакустическая диагностика главных энергетических установок рыбопромысловых судов / А.И. Прыгунов, А.А. Панкратов // Наука производству. – 2000. – № 2 (27). – С. 13-14.

4. Панкратов А.А. Анализ эксплуатационных дефектов главных редукторов рыбопромысловых судов // Наука и образование – 2003: материалы Всерос. науч.-техн. конф. / Мурманск, 2-16 апреля, 2003 г.: в 5 ч. Ч. 5. – Мурманск, 2003. – С. 18-19.

5. Русов В.А. Спектральная вибродиагностика. – Пермь, 1996. – Вып. № 1. – 176 с.

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

УДК 621.43.013 : 629.3

Н.К. ПакМорской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТОНКОЙ ОЧИСТКИ МОТОРНОГО МАСЛА
В СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЯХ СЕПАРИРОВАНИЕМ**

Приводится описание штатной, включающей поверхностный фильтр на полном потоке, и опытной комбинированной, сочетающей саморегенерирующийся фильтр и параллельно включенный сепаратор, систем тонкой очистки моторного масла судового дизеля 9L28/32A-F. Сравниваются эффективности этих систем по влиянию на старение смазочного масла, износ и нагарообразование дизеля.

Ключевые слова: моторное масло, очистка масла, сепарирование, саморегенерирующийся фильтр.

N.K. Pak**INTENSIFICATION OF ENGINE OIL FINE CLEANING IN THE MARINE
MEDIUM SPEED DIESELS BY MEANS OF SEPARATION**

Description of standard, including superficial filter on the full flow, and experienced, combined self-regenerated filter & parallel joined separator, engine oil fine cleaning systems is given in the marine diesel 9L28/32A-F. Efficiencies of these systems are compared concerning influence on oil decomposition, wearing and carbonization of diesel.

Key words: engine oil, oil cleaning, separation, self-regenerated filter.

Повышение механических и термических нагрузок, увеличение скорости загрязнения моторного масла (ММ) нерастворимыми продуктами (НРП) и их абразивность вследствие применения термостойких высокощелочных присадок и форсировки ДВС приводят к увеличению интенсивности изнашивания и снижают срок службы деталей судовых дизелей. Это вызывает необходимость повышения надежности защиты их пар трения от изнашивания. Усиление абразивности нерастворимых примесей при использовании масел, легированных до концентраций 25 % многофункциональными зольными присадками, ужесточает требования к их очистке. Этому же способствует применение тонкостенных вкладышей из-за повышенной их чувствительности к качеству очистки ММ.

Анализ качества очистки масла в судовых дизелях показал, что использование частично поточных маслоочистителей не обеспечивает достаточно высокую надежность защиты пар трения ДВС от попадания в пары трения крупных и, следовательно, особо опасных частиц. Полнопоточные же фильтры тонкой очистки имеют недостаток – не обеспечивают требуемую глубину очистки масла от мелкодисперсных зольных НРП, интенсифицирующих старение масла. При увеличении тонкости отсева этих фильтров увеличивается продолжительность их работы с открытым перепускным клапаном и снижается срок службы фильтрующих элементов (ФЭ) [1].

В качестве объекта исследования был выбран двигатель 9L28/32A-F (9ЧН28/32). Дизель имеет мощность 2206 кВт при частоте вращения вала 775 мин⁻¹. Среднее эффективное давление $p_{me} = 1,93$ МПа, скорость поршня 8,3 м/с, степень наддува 3,4, максимальное давление цикла 14,5 МПа. Систему смазки обслуживает навешанный масляный насос с пропускной способностью 36 м³/ч. Емкость сточно-циркуляционной цистерны масла по минимальному уровню составляет 1,15, по максимальному – 1,45 м³. Кратность циркуляции масла высока и равна до 25 ч⁻¹. Удельный маслосток $q_m = 0,016$ м³/(кВт·ч).

Удельная вместимость масла в системе смазки (СС) составляет 0,63 г/(кВт·ч), что практически вдвое ниже рекомендованных норм. Удельный расход масла на номинальной мощности низок и составляет 0,7-1,0 г/(кВт·ч) или в массовом выражении 37-53 кг/сут. Принимая во внимание, что дизель в принципе рассчитан на использование тяжелых топлив вязкостью до 380 сСт при 50 °С, и учитывая напряженность вышеуказанных показателей по смазочному маслу, СС должна иметь эффективную систему очистки.

Штатная система очистки (ШСО) (рис. 1) включает двудвойной полнопоточный фильтр с тонкостью отсева 35-40 мкм. Он оснащен шестью ФЭ поверхностного типа из нетканого материала, сформированного в форме многолучевой звезды. Площадь поверхности каждого элемента 4,8 м². Начальный перепад давлений на фильтре составляет 20 кПа при температуре масла 50-60 °С [1]. На рис. 1 представлены: 1 – сточно-циркуляционная система; 2 – охладитель; 3 – перепускной клапан охладителя; 4 – магнитный фильтр; 5 – полнопоточный бумажный фильтр; 6 – электроприводной масляный насос; 7 – навешанный масляный насос; 8 – перепускной клапан насоса.

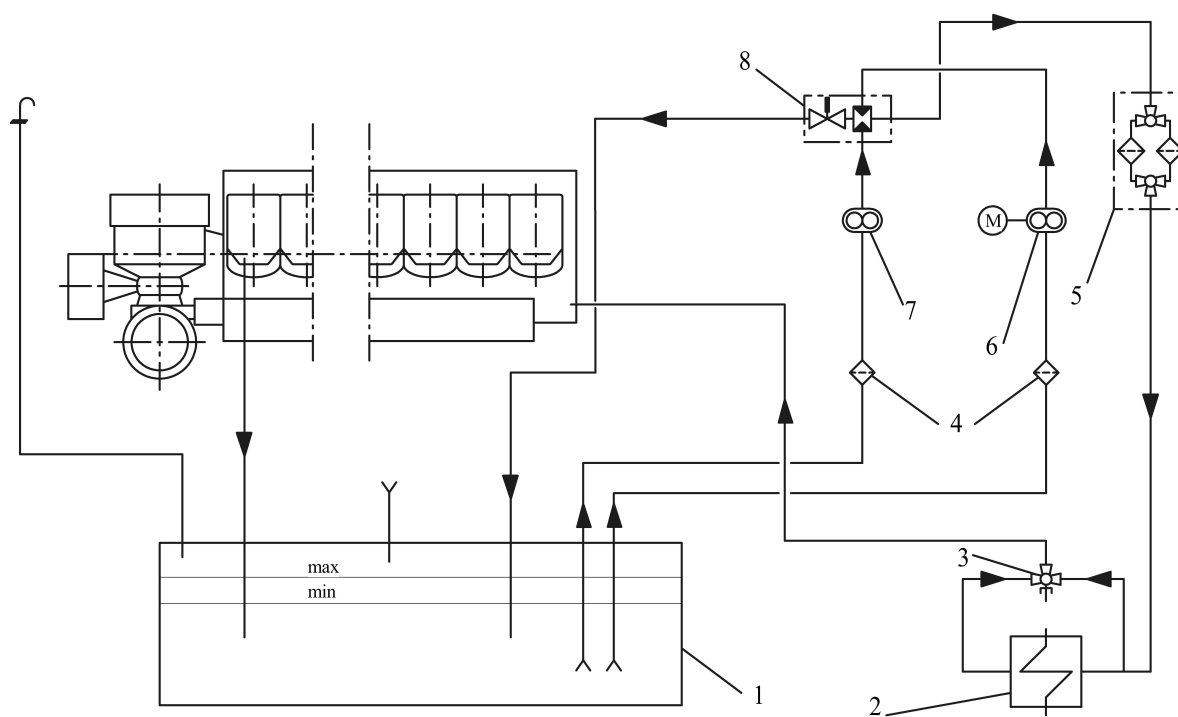


Рис. 1. Штатная система смазки двигателя 9L28/32A-F
Fig. 1. Standard lubricating system of engine 9L28/32A-F

Опытная система очистки (рис. 2), в отличие от штатной, включает саморегенерирующийся фильтр (СРФ), который удаляет до 90 % частиц с диаметром более 25 мкм, и параллельно подключенный сепаратор, обеспечивающий более глубокую очистку масла. Очистка промывного масла СРФ осуществляется с помощью фильтра-грязесборника. Производительность масляного сепаратора выбрана по следующей формуле, л/ч:

$$Q_c = 0,14P_{не}(24/\tau_c)(100/Q_{opt}),$$

где $P_{не}$ – мощность дизеля, кВт; τ_c – время работы сепаратора, сут; $Q_{opt} = 25\%$ – оптимальная пропускная способность сепаратора, % от паспортной. Используя приведенную зависимость, получим номинальную производительность сепаратора 1300 л/ч.

На рис. 2 представлены: 1 – сточно-циркуляционная система; 2 – охладитель; 3 – перепускной клапан охладителя; 4 – магнитный фильтр; 5 – электроприводной масляный насос; 6 – навешанный масляный насос; 7 – СРФ; 8 – перепускной клапан насоса; 9 – насос сепаратора; 10 – подогреватель; 11 – сепаратор.

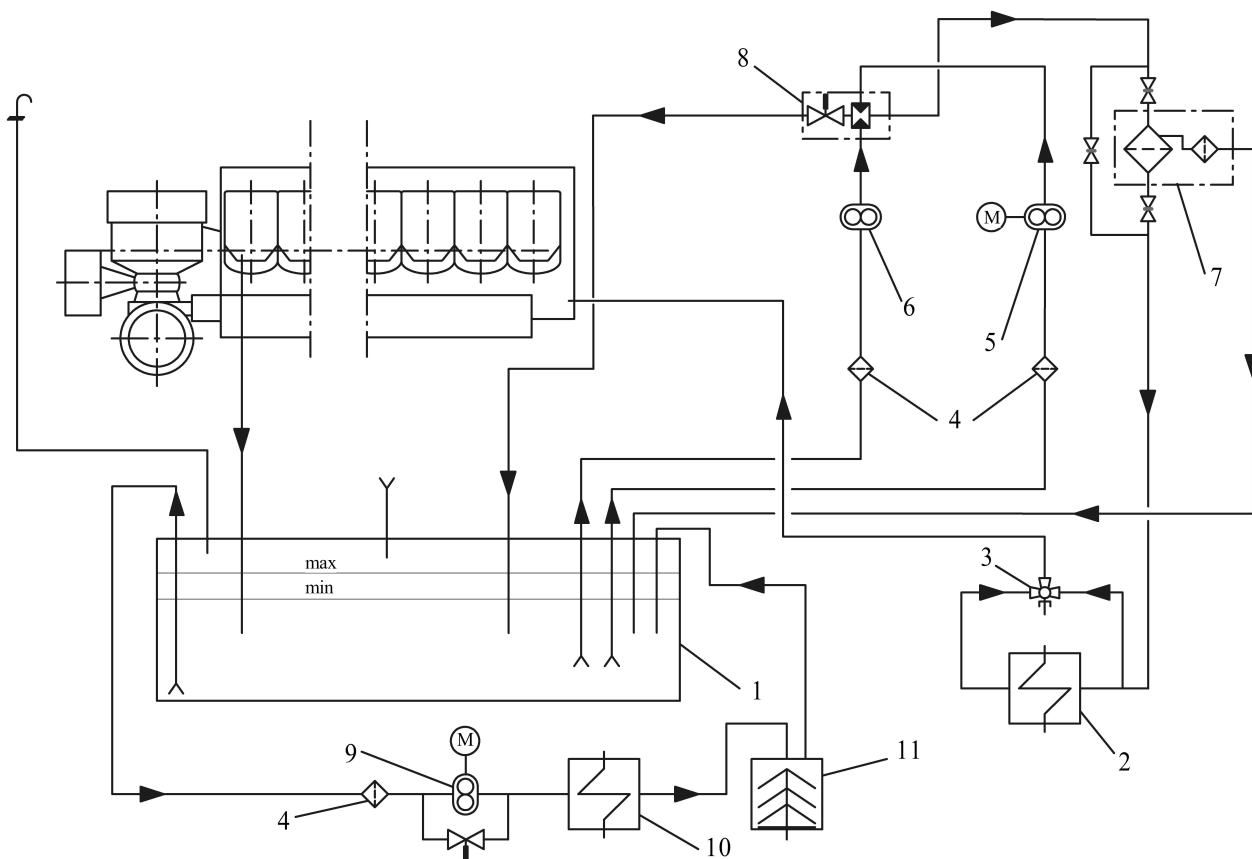


Рис. 2. Система смазки двигателя 9L28/32A-F с СРФ и сепаратором
 Fig. 2. Lubricating system of engine 9L28/32A-F including self-regenerated filter and separator

Согласно рекомендации [2], сепараторы СС среднеоборотных двигателей должны при Q_{opt} обрабатывать четырехкратную загрузку всего циркуляционного масла в течение 24 ч. При этих условиях достаточно иметь сепаратор СОЦС-1,5.

Моторные испытания штатной и опытной систем очистки проводили на масле М-14-Д₂ (цл30) (ГОСТ 12337-84). Дизель работал на мазуте топочном 40 IV вида (ГОСТ 10585-99) с содержанием серы 2 %. Долив масла для компенсации угара проводили малыми порциями ежедневно. С учетом нормируемого удельного расхода циркуляционного масла на угар в количестве 0,7-0,9 г/(кВт·ч) общий расход масла составил 0,92-1,12 г/(кВт·ч). Плановый период между заменами циркуляционного масла был назначен в 3000 ч.

Сравнение результатов моторных испытаний маслоочистителей (таблица) показало преимущество комбинированной системы тонкой очистки масла (КСТОМ) с использованием СРФ и сепаратора. При этой комплектации скорость изнашивания деталей двигателя уменьшилась в два раза, по сравнению с использованием ШСО. Степень окисления масла, а также нагаро- и лакообразование дизеля были ниже на 35 % при использовании СРФ и СОЦС, что обусловлено более интенсивным удалением сепаратором катализаторов окисления масла (продуктов срабатывания присадок и износа двигателя).

Результаты эксплуатационных испытаний маслоочистителей Results of oil cleaner's performance testing

Показатель	Средства очистки моторного масла	
	ШСО	КСТОМ
<i>Состояние масла:</i>		
Концентрация НРП, %		
общих	2,6±0,4	0,8±0,2
зольных	0,64±0,1	0,15±0,02
Скорость загрязнения масла НРП, г/ч:		
общими	50,2	49,2
зольными	11,8	10,6
Щелочность, мг КОН/г	8,7±0,9	13,7±1,3
Степень окисления, %	13,2±1,6	9,2±0,9
Содержание смол, %	7,6±0,06	5,4±0,05
<i>Эффективность маслоочистителей:</i>		
Интенсивность очистки масла от НРП, г/ч:		
общих	290±40	4600±300
зольных	170±20	5430±300
<i>Состояние дизеля:</i>		
Скорость изнашивания деталей ДВС:		
комплект поршневых колец, г/1000 ч	10,6±1,2	6,1±0,5
цилиндровая втулка, мкм/1000 ч	45±6	20±4
вкладыши подшипников, г/1000 ч	10±1	8±0,9
Нагаро- и лакообразование (общая оценка), балл	24,7±3,5	16,7±2,5

По сравнению со штатной комбинированная система тонкой очистки масла имеет значительные преимущества. После 3 тыс. ч работы уровень щелочности масла при использовании СРФ и СОЦС составил 13,7 мг КОН/г, что оказалось выше, чем при очистке его ШСО (8,7 мг КОН/г). СРФ и СОЦС обеспечивал более глубокую очистку масла от зольных НРП. В этом случае уровень загрязнения масла этими продуктами был в 3,6 раза ниже, чем при штатной его очистке.

Эффективное удаление из масла сепаратором продуктов износа, срабатывания присадок и окисления углеводородов тормозит его старение. Глубокая очистка масла сепаратором от катализаторов окисления снижает глубину его старения, на что указывает концентрация в нем карбонилсодержащих продуктов: 9,2 – при штатной очистке и 8,4 % – при использовании опытной системы.

Анализ износных характеристик дизеля показывает, что его пары трения очень чувствительны к состоянию масла. Торможение старения при комбинированной очистке масла привело к снижению скорости изнашивания деталей двигателя. Особенно хорошо это прослеживается по поршневым кольцам, прежде всего, маслосъемным. Менее чувствительны к качеству очистки масла мотылевые шейки коленчатого вала и вкладыши подшипников. Их износ при использовании КСТОМ уменьшился, но незначительно. Это указывает на надежную защиту этих пар трения от опасных частиц загрязнения масла как полнопоточным фильтром тонкой очистки масла, так и СРФ в сочетании с сепаратором. Закоксованных колец не наблюдалось, что указывает на высокий запас моюще-диспергирующих свойств масла М-14-Д₂(цл30). Влияние системы очистки масла на углеродистые отложения в картере и полостях охлаждения масляных холодильников за этап испытаний в 3 тыс. ч обнаружить не удалось.

Выводы

1. Комбинированная очистка масла фильтрованием и сепарированием, как видно из результатов моторных испытаний КСТОМ, стабилизирует моюще-диспергирующие свойства масла на более высоком уровне, длительно сохраняет солюбилизирующую способность ММ с присадками МАСК и ПМС на более высоком уровне, ускоряет перевод промежуточных продуктов окисления унифицированных судовых масел в карбены и карбоиды, которые легко удаляются сепарированием.

2. Очистка ММ фильтрованием и сепарированием наиболее эффективна при применении зольных масел с высокими щелочными моюще-диспергирующими свойствами, особенно, когда дизель работает на высоковязких топливах с содержанием серы более 1,5 %.

3. Моторными испытаниями доказана высокая результативность КСТОМ в сочетании СРФ и СОЦС. По трудоемкости и периодичности обслуживания они эффективнее полнопоточных фильтров в 2-5 раз. Автономность работы СРФ между химическими чистками, как показал эксперимент на судах, составлял до 4-5 тыс. ч.

Список литературы

1. Кича Г.П., Перминов Б.Н., Надежкин А.В. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – 372 с.

2. Кича Г.П. О необходимых режимах сепарирования циркуляционных масел мощных судовых двигателей // Судовые силовые установки: науч. тр. – Владивосток: ДВВИМУ, 1969. – № 6. – С. 20-24.

Сведения об авторе: Пак Николай Каптыгиевич, аспирант,
e-mail: pak.russiakorean@mail.ru, nadezkin@msun.ru.

УДК 621.165

Р.Р. Симашов

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ НА НЕАКТИВНОЙ ДУГЕ ПОДВОДА ПАРЦИАЛЬНЫХ ТУРБИН ПРИ РАСЧЕТЕ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМОВ

Представлены эмпирические и полумпирические формулы для расчета мощности вентиляции с учетом массы и направления протечки рабочего тела через неактивную дугу. Формулы предназначены для использования при расчетах переменных режимов малоразмерных турбин.

Ключевые слова: потери от вентиляции, переменные режимы, малоразмерные турбины.

R.R. Simashov

ESTIMATION ENERGY LOSSES ON PARTIAL-ADMISSION TURBINES' INACTIVE ARC FOR ESTIMATION OF VARIABLE REGIMES

This paper introduces empirical and semi-empirical formulas for the estimation of ventilation power related to pumping the working medium mass through inactive arc with consideration of leakage direction. Formulas are designed to use for estimation of variable regimes of small-size turbines.

Key words: ventilation losses, variable regimes, small-size turbines.

При вращении колеса активной турбины на неактивной дуге возникает достаточно интенсивное движение рабочего тела с сообщением ему кинетической энергии. На рис. 1 и 2 показана схема течения рабочего тела на неактивной дуге в парциальной турбине.

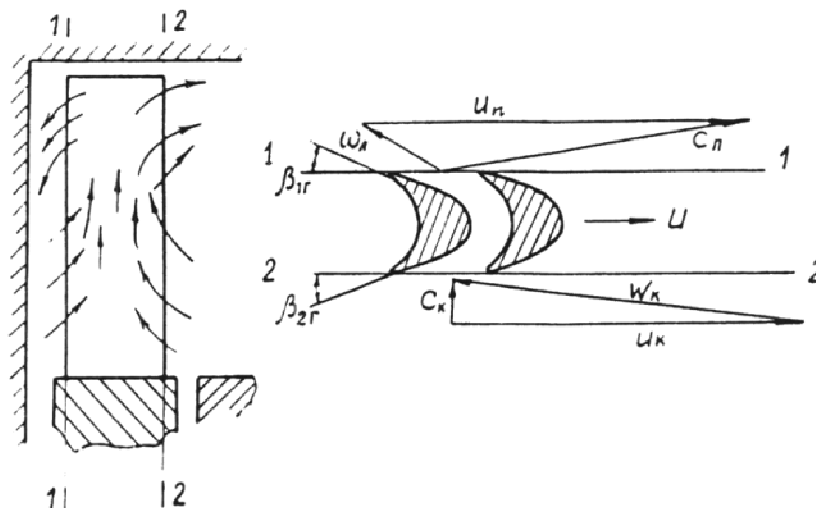


Рис. 1. Схема вентиляции с симметричными лопатками $\beta_{1к} = \beta_{2к}$

Fig. 1. Scheme of ventilation of symmetric vanes $\beta_{1к} = \beta_{2к}$

Как видно из рис. 1 [20, 12], рабочее тело подсасывается в корневой области канала и выбрасывается из колеса у периферии. При этом у периферии перед рабочим колесом (РК) со стороны соплового аппарата (СА) под влиянием вращения возникает повышенное давление, а со стороны свободного пространства давление практически остается независимым

от вращения [6, 16]. В связи с этим через периферийные сечения устанавливается течение из пространства перед РК в пространство за ним, а в корневой области, где давление перед колесом понижается, рабочее тело движется в обратном направлении. Помимо вихревых движений в меридиональной плоскости образуются мощные вентиляционные вихри, оси которых совпадают с осью турбины. Как показывают экспериментальные исследования [2, 1], рабочее тело движется вдоль неактивной дуги со скоростью порядка U (по данным [1, 3] со скоростью $\approx 0,8 \cdot U$).

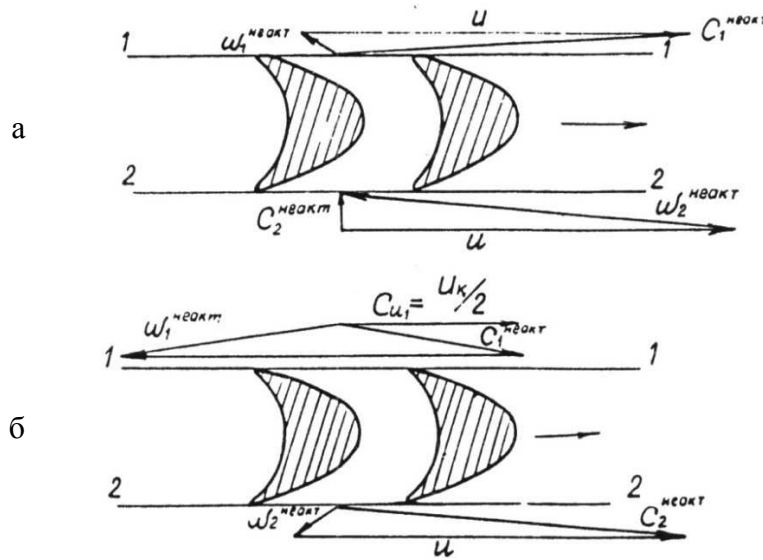


Рис. 2. Входной и выходной треугольники (планы) скоростей корневой протечки на неактивной дуге: а – подсос в проточную часть; б – утечка из проточной части

Fig. 2. Inlet and outlet triangles velocity of lower leakage on inactive arc: а – inlet in flow section; б – leakage from flow section

При этом возникают силы трения между рабочим телом в межлопаточном канале (МЛК) и окружающей средой, вызывая значительные потери энергии. Мощность, затрачиваемая на преодоление этих сил, пропорциональна плотности рабочего тела, площади соприкасающихся слоев и кубу окружной скорости [6].

Описанная картина течения соответствует физическим явлениям на неактивной дуге без подвода к нему рабочего тела. При парциальном подводе в малоразмерных турбинах (МРТ) даже на расчетном режиме имеется некоторая степень реактивности у корня лопаток. На переменных режимах реактивность на среднем диаметре может значительно измениться, что, в свою очередь, ведет к изменению степени реактивности у корня лопаток. Поэтому через неактивную дугу протекает дополнительная масса рабочего тела, равная $G_k^{отс}$ или $G_k^{подс}$, что ведет к увеличению затрат мощности на неактивной дуге [5, 10, 8].

С учетом сказанного затраты мощности на неактивной дуге можно представить в виде суммы

$$N_{неакт} = N_в + \Delta N_{G_k}, \tag{1}$$

где $N_в$ – мощность вентиляции при $G_k = 0$; ΔN_{G_k} – дополнительная мощность, вызванная прокачкой массы рабочего тела G_k .

Существующие в литературе материалы по потерям от вентиляции N_B базируются в основном на экспериментальных исследованиях [16, 8, 11, 19 и др.] конкретных ступеней турбин с последующим обобщением данных при помощи эмпирической или полуэмпирической зависимости.

Представленные в литературных источниках формулы для вентиляционной мощности, которые учитывают различные параметры ступени, получены на базе двух различных подходов. Первый, на основе которого получено большинство формул [6, 20, 5, 10 и др.], основывается на методе размерностей, второй – на основных уравнениях сохранения в одномерной постановке [8, 13, 16].

Выбор конкретной эмпирической зависимости для определения потерь от вентиляции может быть осуществлен путем сравнительного анализа экспериментальных значений мощности вентиляции для разных лопаточных венцов с расчетом по формулам различных авторов.

В табл. 1 представлены формулы по определению мощности вентиляции и результаты их апробации на 10 испытанных ступенях с различными геометрическими характеристиками, приведенными в табл. 2. Из табл. 1 следует, что лучшее совпадение обеспечивает зависимость, полученная И.В. Котляром и Е.М. Кончаковым [8], учитывающая наибольшее количество влияющих факторов. Однако данная зависимость имеет существенный недостаток, по которому ее можно признать неправильной: размерность данной формулы неоднородна с размерностью располагаемой мощности.

Одной из наиболее достоверных считается формула Траупеля [9]. Вентиляционные потери при выводе этой формулы рассматриваются как результат диссипации кинетической энергии, сообщенной вследствие центробежного эффекта газу, находящемуся в неактивной зоне. Анализ этой зависимости показывает, что она удовлетворяет теории размерностей. Из табл. 1 видно, что формула Траупеля дает достаточно ровную и удовлетворительную сходимость с опытными данными различных авторов. Это обеспечивается путем введения безразмерных эмпирических коэффициентов, учитывающих конструктивное оформление ступени (L_2/D_{cp} , B_2/D_{cp} , δ_a/L_2 , наличие (отсутствие) защитного кожуха) и влияние числа Re. Некоторое расхождение с опытными данными Межеричко, Шубовича и Шальмана объясняется тем, что в опытах Траупеля профиль рабочих лопаток отличался существенной несимметрией и по форме приближался к реактивному профилю. По опытам Шальмана [20] для реактивного профиля при $\beta_{2k} = 26,5^\circ$ вентиляционные потери примерно в 1,25 раза выше, чем для активного симметричного профиля. Опыты указанных авторов проводились на ступенях средней верности $D_{cp}/L_2 \approx 6$; при отношении $D_{cp}/L_2 \geq 10$, как следует из табл. 2, несимметричность (формы) профиля оказывает меньшее влияние, и формула Траупеля дает удовлетворительные результаты.

В МЭИ была сделана попытка уточнить формулу Траупеля для транс- и сверхзвуковых ступеней [3]:

$$N_B = 14,3 \cdot C \cdot e^{0,5} \cdot (1-e)^{0,5} \cdot D_{cp} \cdot (U/10)^3 \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot \sin \beta_{2k},$$

где C – коэффициент, зависящий от конструктивных и режимных параметров ступени, принимается по данным Траупеля.

Формула МЭИ учитывает дополнительно влияние угла β_{2k} рабочей решетки и нелинейность вентиляционных потерь от степени парциальности.

Таблица 1

Сопоставление расчетных и экспериментальных значений $N_B^{расч} / N_B^{эксп}$ по данным различных авторов

Table 1

Comparison of estimated and experimental data $N_B^{расч} / N_B^{эксп}$ according to data of different researchers

Автор	Формула N_B , кВт ($e=0$)	Номер ступени (табл. 2)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стодола	$N_B = 610 \cdot D_{cp} \cdot L_2^{1.5} \cdot \rho_2 \cdot (U/100)^3$	0,48	1,26	0,88	1,88	2,39	0,94	4,88	1,15	1,98	2,02
Форнер	$N_B = 110 \cdot D_{cp} \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (U/100)^{2.8}$	1,25	0,54	0,68	1,97	3,79	0,71	2,78	0,84	0,98	1,97
Шубович	$N_B = 5,15 \cdot D_{cp}^4 \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (\eta/1000)^{2.8}$	0,48	0,18	0,22	0,55	1,18	0,24	1,02	0,25	0,21	0,61
Шальман	$N_B = B \cdot D_{cp} \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (U/100)^{2.75} \cdot \sin \beta_2, B = 246$ без СА	1,89	0,33	0,80	2,44	2,28	0,97	2,58	0,89	0,96	2,89
Керр	$N_B = 234 \cdot D_{cp}^2 \cdot (L_2/D_{cp})^{1.5} \cdot \rho_2 \cdot (U/100)^3$	0,79	0,38	0,46	1,39	1,67	0,68	2,24	0,56	0,89	0,79
Траупель	$N_B = [C_R + (\delta_{oc}/L_2) \cdot K_\delta \cdot K_L] \cdot D_{cp} \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (U/100)^3 \cdot [Re/2,8 \cdot 10^6]^{-1/4}$ $C_R = 0,017$ (для прямого вращения)	1,32	1,43	1,21	1,78	1,79	1,09	2,85	1,06	1,78	1,07
Галицкий	$N_B = 61 \cdot K_B \cdot D_{cp} \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (U/100)^{2.9}$	0,28	0,13	0,17	0,89	1,98	1,06	1,58	0,14	0,20	1,03
Межеричкий	$N_B = 2,58 \cdot D_{cp}^4 \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (\eta/1000)^3 \cdot K_\delta \cdot K_r \cdot K_t \cdot K_\beta$	1,79	0,42	1,21	1,10	1,35	2,03	2,33	1,56	1,73	2,28
Топунов	$N_B = 0,6 \cdot \pi \cdot D_{cp} \cdot B_p \cdot \rho_2 \cdot (U/10)^3 \cdot \frac{(1-f/t_p/B_p) \cdot x \cdot y}{\varphi_1 \cdot \sin \beta_1 + \varphi_2 \cdot \sin \beta_2} \cdot [\varphi_1 \cdot \sin \beta_1 \times$ $\times (x - \psi \cdot \cos \beta_1 \cdot y \cdot \sqrt{3}) + \varphi_2 \cdot \sin \beta_2 \cdot (x - \psi \cdot \cos \beta_2 \cdot y \cdot \sqrt{3})];$ $x = 1 + L_2/D_{cp}; y = \sqrt{L_p/D_{cp}} \cdot (1 - 0,25 \cdot L_p/D_{cp})$ Для расчета принимается: $(1 - f/t_p/B_p) = 0,4; \varphi_1 = \varphi_2 = \psi = 0,7$	3,40	0,66	0,41	1,59	4,94	0,57	2,01	0,65	0,75	1,78
Терентьев	$N_B = 3,3 \cdot B \cdot D_{cp}^4 \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (\eta/1000)^3; B = f(\delta/D_{cp})$	0,56	0,35	0,41	0,63	1,01	0,34	0,96	0,29	0,24	0,76
Котляр Кончаков	$N_B = 25 \cdot K_\Sigma \cdot (1 + 3,2 \cdot L_p/D_{cp})^{1.5} \cdot D_{cp}^{0.9} \cdot (B_p/D_{cp})^{0.2} \cdot L_2 \cdot \rho_2 \cdot (U/100);$ $K_\Sigma = K_{Re} \cdot K_\beta \cdot K_{\Delta\beta} \cdot K_t \cdot K_{\Delta p} \cdot (K_{\delta 1} + K_{\delta 2} + K_{\delta})$	1,09	0,99	1,46	1,09	0,78	1,18	1,28	0,93	0,86	0,87

Таблица 2

Геометрические и экспериментальные характеристики ступеней

Table 2

Geometrical and experimental characteristics of turbine stages

Автор	D_{cp} , мм	L_2 , мм	U , м/с	β_1/β_2 , град.	B_p , мм	$a_1/a_2/a_r$, мм	$N_{ВЭКС}$, кВт
Котляр Кончаков	53,5	3,6	198	35/35	6	1/∞/0,3	0,145
Топунов Петров	183	17	110	90/16	9	3/∞/0,4	0,99
Топунов Петров	261	58	90	70/32	10	3/∞/0,5	2,2
Межерицкий	268	42	42	34/32	18	5/75/1,5	0,07
Шубович	285	13	110	18/18	10	2/5/1	0,177
Галицкий	350	55	106	30/25	20	∞/∞/5	4,91
Терентьев	600	70	137	30/16	25	12/20/5	12,5
Траупель	665	75	69,6	40/25	24,5	10/∞/7,1	3,02
Шальман	728	128	110	30/30	40	10/∞/3	17,4
Дофман	977	38	77	32/32	22	25/∞/10	1,2

Однако, как видно из приведенной формулы, мощность вентиляции имеет максимальное значение при $e = 0,5$ и равна нулю при $e = 0$, что делает невозможным ее применение, так как с уменьшением дуги впуска N_B должна возрастать и достигать максимума при $e = 0$. Заметим также, что обнаруженная в опытах КТЗ и МЭИ [14, 18] нелинейность изменения параметра $(\eta_{ol(e=1)} - \eta_{ol(e)})/\eta_{ol(e=1)}$ от отношения $(1-e)/e$ не объясняется только нелинейностью функции вентиляционных потерь, а в большей степени определяется изменением протечек и как следствие степени реактивности и потерь в СА и РК при изменении e .

Отметим, что в работе А.М. Топунова [16] предлагается аналитическая зависимость для N_B (см. табл. 1), преимуществом которой является учет основных параметров ступени, которые вошли в модель из рассмотрения физической картины вентиляционного процесса. Основным недостатком предложенной зависимости является отсутствие и трудность получения экспериментальных данных для коэффициентов скорости и расхода на неактивной дуге подвода, что приводит к низкой сходимости результатов расчета с опытными данными [13] (см. табл. 1).

На основании приведенного анализа в математической модели МРТ для определения потерь от вентиляции рекомендуется использовать зависимость, предложенную Траупелем [1, 4, 17].

Факт увеличения затрат мощности на неактивной дуге при прокачке через нее дополнительной массы рабочего тела в настоящее время мало изучен, и имеющиеся в литературе данные [5, 7, 8, 10] имеют фрагментарный характер.

Для определения ΔN_{GK} , как можно заключить из анализа работ [5, 7, 8, 10], используются два подхода. Первый основывается на применении уравнения Эйлера [5, 10], второй – эмпирический в виде поправочного коэффициента к N_g , т.е. $N_{неакт} = N_g \cdot K_{GK}$ [8]. Мощность ΔN_{GK} авторы работ [5, 10] определяют из уравнения Эйлера, записанного в следующем виде:

$$N_{G_k} = G_k \cdot U \cdot (C_{1u}^{неакт} - C_{2u}^{неакт}), \quad (2)$$

где $C_{1u}^{неакт}$, $C_{2u}^{неакт}$ – окружные составляющие скоростей массы протечки на неактивной дуге перед и за РК. При определении по уравнению (2) автор [5] делает допущение, что $C_{1u}^{неакт} = 0$, $C_{2u}^{неакт} \approx U$. Поэтому в итоге получаем: $N_{G_k} = -G_k \cdot U^2$, где знак « \leftarrow » показывает, что мощность отбирается от РК. То есть справедливо следующее равенство:

$$\Delta N_{G_k} = -N_{G_k}. \quad (3)$$

Этот подход был развит в [10], где принято $C_{1u}^{неакт} = 0$, $C_{2u}^{неакт}$ определяется из выходного треугольника скоростей:

$$C_{2u}^{неакт} = U - W_2^{неакт} \cdot \varphi_{неакт}^* \cdot \cos \beta_{2k},$$

где $W_2^{неакт}$ – теоретическая скорость массы протечки, протекающей через РК на неактивной дуге, подсчитанная по параметрам среды перед РК ($P_1^{неакт}$, $T_1^{неакт}$) и давлению за РК ($P_2^{неакт}$) на неактивной дуге; $\varphi_{неакт}^*$ – коэффициент расхода рабочего тела через венец на неактивной дуге.

По мнению авторов [5, 10], мощность N_{G_k} соответствует направлению протечек из ПЧ, т.е. на неактивной дуге направление движения рабочего тела совпадает с основным потоком (активная дуга). При этом какого-либо обоснования сделанных допущений не приводится. Анализ работ [5, 10] также показывает, что движение массы G_k на неактивной дуге РК рассматривается изолированно без взаимодействия с потоком, вентилирующим на неактивной дуге.

Поток с массой G_k на неактивной дуге подвода может иметь два направления: навстречу основному потоку $G_k = G_k^{нодс}$ и по направлению основного потока ($G_k = G_k^{омс}$). При этом можно ожидать, что мощности, затрачиваемые на прокачку массы G_k , будут различны по величине в зависимости от направления протечки.

Определим мощность N_{G_k} исходя из уравнения (2) и учитывая направления корневой протечки. При утечке у корня из проточной части МРТ рабочее тело с массой $G_k^{омс}$ поступает в пространство осевого зазора на неактивной части дуги подвода со скоростью, окружная составляющая которой по экспериментальным и теоретическим исследованиям, проведенным в [3], приближенно равна $U_k/2$ ($C_{1u}^{неакт} = U_k/2$). На рис. 2, а, б показаны входной и выходной треугольники скоростей протечки на неактивной дуге подвода. Как видно из треугольников скоростей, рабочее тело протечки входит в РК с большими отрицательными углами атаки. Как было показано выше, вентилируемое рабочее тело движется в осевом зазоре со скоростью порядка $\approx 0,8 \cdot U$, поэтому в осевом зазоре будет осуществляться разгон массы протечки от скорости $U_k/2$ до скорости $\approx 0,8 \cdot U$.

При этом как в пространстве осевого зазора, так и в каналах РК будет происходить процесс смешения вентилируемого рабочего тела с рабочим телом протечки. Тогда с учетом потерь энергии от углов атаки, необратимых процессов смешения, затрат энергии на разгон рабочего тела и малого проходного сечения корневого зазора относительно про-

ходного сечения РК, а также учитывая, что степень реактивности на неактивной дуге при любых режимах работы ступени близка к нулю [5, 6, 2], можно считать, что относительная скорость протечки на выходе их РК имеет очень малую величину, близкую к нулю.

Учитывая сказанное, можно считать, что $C_{2u} \approx U$, и, как следует из рис. 2, б, направлена в сторону вращения РК. Поэтому уравнение (2) можно представить в виде

$$N_{G_k} = G_k^{omc} \cdot U \cdot (C_{1u}^{неакт} - C_{2u}^{неакт}) \approx G_k^{omc} \cdot U \cdot \left(\frac{U}{2} - U \right) = -G_k^{omc} \cdot \frac{U^2}{2}. \quad (4)$$

При подсосе у корня РК рабочее тело захватывается из пространства за РК на неактивной дуге и картина течения практически не будет отличаться от описанной вначале картины течения с $G_k = 0$. Процессы смешения и разгона рабочего тела протечки как таковые будут отсутствовать, а увеличение мощности, отбираемой от РК на неактивной дуге, будет происходить за счет увеличения расхода через каналы РК на величину G_k^{nodc} . Так как поток в пространстве за РК на неактивной дуге остается независимым от вращения РК, т.е. при входе в РК поток практически не закручен [6, 15, 7], то можно положить $C_{2u}^{неакт} \approx 0$ ($\alpha_2^{неакт} \approx 90^0$). Как видно из рис. 2, а, поток входит в РК (сечение 2-2) с большими отрицательными углами атаки ($\beta_2 \gg \beta_{2k}$), поэтому можно считать, что основная доля потерь в РК на неактивной части дуги будет приходиться на потери от углов атаки, которые достигают значительной величины в активных сверхзвуковых решетках при $\beta_2 \gg \beta_{2k}$. Поэтому можно считать, что $W_1^{неакт}$ будет иметь малую величину и $C_{1u}^{неакт} \approx U$.

Тогда выражение для мощности N_{G_k} при подсосе в ПЧ с учетом того, что входным является сечение 2-2, а выходным – 1-1, можно представить в виде

$$N_{G_k} = G_k^{nodc} \cdot U \cdot (C_{1u}^{неакт} - C_{2u}^{неакт}) \approx -G_k^{nodc} \cdot U \cdot U = -G_k^{nodc} \cdot U^2. \quad (5)$$

Формула для определения дополнительной мощности ΔN_{G_k} состоит из выражений (4) и (5). Учитывая (3), окончательно получим

$$N_{G_k} = \begin{cases} G_k^{omc} \cdot \frac{U^2}{2}, & \text{если } P_{1k} > P_2 \\ G_k^{nodc} \cdot U^2, & \text{если } P_{1k} < P_2 \end{cases} \quad (6)$$

Список литературы

1. Абрамов В.И. и др. Тепловой расчет турбин / В.И. Абрамов, Г.А. Филиппов, В.В. Фролов. – М.: Машиностроение, 1974. – 184 с.
2. Аэродинамика проточной части паровых и газовых турбин / М.И. Кириллов, Р.М. Яблонин, Л.В. Карцев и др. – М.: Машиностроение, 1958. – 245 с.
3. Байбиков А.С., Караханьян В.К. Гидродинамика вспомогательных трактов лопастных машин. – М.: Машиностроение, 1982. – 112 с.

4. Дейч М.Е., Трояновский Б.М. Исследование и расчеты ступеней осевых турбин. – М.: Машиностроение, 1964. – 628 с.
5. Карцев Л.В. О расчете парциальной ступени турбины с подсосом рабочего тела // Изв. вузов. Энергетика. – 1959. – № 9. – С. 69-73.
6. Кириллов И.И. Теория турбомашин. – Л.: Машиностроение, 1972. – 536 с.
7. Кириллов И.И., Пшеничный В.Д., Сермяжко Б.И. Исследование двухвенечной ступени с частичным впуском пара // Судостроение. – 1963. – № 6.
8. Котляр И.В., Кончаков Е.И., Гусаров С.А. Методы расчета потерь на вентиляцию в парциальной ступени турбины // Совершенствование газодинамических элементов судовых агрегатов и устройств. – Горький: ГПИ, 1986. – С. 57-68.
9. Курзон А.В., Власов Е.Н. Влияние конструкции сопел на экономичность сверхзвуковой двухвенечной турбинной ступени при малых степенях впуска // Судостроение. – 1965. – № 6. – С. 28-31.
10. Марков Н.М., Терентьев И.К. Вентиляционные потери турбинного диска при наличии перепада давлений в рабочем венце // Изв. вузов. Энергетика. – 1961. – № 12. – С. 55-59.
11. Марков Н.М., Терентьев И.К. Расчет вентиляционных потерь при парциальном подводе пара в ступенях давления паровых турбин // Тр. ЦКТИ. Исследование и расчет элементов паровых турбин. – 1966. – № 70. – С. 91-102.
12. Межеричкий А.Д. Турбокомпрессоры систем наддува судовых дизелей. – Л.: Судостроение, 1986. – 248 с.
13. Петров А.С., Погодин Ю.М. Характеристики потока в турбинной ступени на вентиляционном режиме при прямом вращении // Тр. ЛКМ: Совершенствование рабочих процессов и оборудования СЭУ. – Л.: Изд-во ЛКИ, 1984. – С. 90-95.
14. Пряхин В.В., Павловский А.З. Влияние парциального подвода пара на характеристики ступени скорости // Теплоэнергетика. – 1969. – № 2. – С. 18-22.
15. Топунов А.М. Теория судовых турбин. – Л.: Судостроение, 1985. – 472 с.
16. Топунов А.М. Работа судовых турбин с отбором и потреблением энергии. – Л.: Судостроение, 1978. – 213 с.
17. Траупель В. Тепловые турбомашин: Тепловой и аэродинамический расчет: в 2 кн. Кн. 1 / пер. с нем. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 344 с.
18. Фролов В.В., Игнатьевский Е.А. Расчет вентиляционных потерь в турбинной ступени // Теплоэнергетика. – 1972. – № 11. – С. 33-37.
19. Чуваков А.Б. Потери от парциальности и методы их снижения в малоразмерных турбоприводах: дис. ... канд. техн. наук / Нижегород. политех. ин-т. – Нижний Новгород, 1992. – 198 с.
20. Шальман В.М. Исследование вентиляционных потерь в газовых турбинах // Силовые установки вертолетов. – М.: Оборонгиз, 1959. – С. 18-47.

Сведения об авторе: Симашов Рафаиль Равильевич, кандидат технических наук, доцент, профессор, e-mail: forsimashov@yandex.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.951

Л.Ю. Лаженцева, О.В. Зимина

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ЭМУЛЬСИОННОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗАТА ИЗ КАЛЬМАРА

Разработана технология нового эмульсионного продукта на основе ферментативного гидролизата из кальмара и масляного экстракта пряностей. Продукт представляет собой белковый соус, композиция которого обуславливает высокие органолептические характеристики, стойкость и стабильность в течение 4 месяцев при отсутствии искусственных антисептиков и антиоксидантов.

Ключевые слова: кальмар, гидролизат, технология.

L.Yu. Lazhentseva, O.V. Zimina

DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGY EMULSION PRODUCT BASED ON HYDROLYSED SQUID

The technology of the new emulsion-based product from the enzymatic hydrolyzate, squid and oil extract spices. The product is a protein sauce, a composition which causes high organoleptic characteristics, durability and stability for 4 months with no artificial preservatives and antioxidants.

Key words: squid, hydrolyzate, technology.

Введение

Известно, что для обеспечения полноценного и сбалансированного питания человека необходимо ежедневное поступление около 600 нужных для организма нутриентов. Пищевые эмульсии являются удобными системами для создания продуктов питания различной биологической ценности, поскольку технология их получения позволяет варьировать химический состав входящих в них компонентов. Кроме того, эмульсионные продукты являются востребованными населением, предпочтительность которых обусловлена традиционно сложившимся мировоззрением покупателей на составляющие потребительской корзины. Эти продукты в последние десятилетия являются неотъемлемой частью блюд, составляющих дневной рацион питания человека. Они улучшают внешний вид и вкусовые качества пищи, повышают ее питательную ценность и усвояемость.

Наиболее распространенным эмульсионным продуктом является майонез, который на потребительском рынке представлен в достаточно широком ассортименте. Майонезы, приготовленные по классической рецептуре и технологии, рекомендованы в пищу в ограниченном виде и для определённой группы населения согласно мнению большинства диетологов. Анализ литературных данных позволил установить, что инновационные технологии эмульсионных продуктов должны обеспечивать снижение калорийности пищи, обогащение её животными и растительными белками, витаминами, микроэлементами, пищевыми волокнами. С учётом современных тенденций в области питания расширить перечень рекомендаций

при употреблении майонеза и его аналогов и увеличить их питательную ценность возможно при использовании объектов морского промысла (как рыбных, так и нерыбных).

Одним из путей решения данной проблемы является использование при разработке технологии эмульсионных продуктов гидролизатов на основе белкового сырья водного происхождения [1, 2].

Таким образом, целью настоящей работы явилось обоснование и разработка технологии белкового эмульсионного продукта на основе гидролизата из кальмаров.

Объекты и методы исследований

Основным объектом исследования явился кальмар тихоокеанский мороженный необесшкуранный, по качеству соответствующий ГОСТ 20414-93 Кальмар и каракатица мороженные. Вспомогательными материалами явились: ферментный препарат «Протамекс», соль пищевая, масло растительное подсолнечное рафинированное, стабилизатор – эмульгатор MSC 6351, являющийся йотта-карагинаном, кислота уксусная, сахар.

Выбор кальмаров в качестве сырья для разработки эмульсионных продуктов обусловлен тем, что он является массовым промысловым объектом, запасы которого в Дальневосточном рыбохозяйственном регионе очень значительны [3]. Кальмары характеризуются наличием большого количества полноценных белков и низким содержанием жира, что исключает быстрое окисление сырья, содержат углеводы, минеральные вещества, ценные биологически активные соединения, в том числе аминокислоту – таурин [4]. Качественный состав незначительного количества липидов кальмаров характеризуется наличием эссенциальных жирных кислот ω -3 класса, среди которых преобладают эйкозопентаеновая и докозгексаеновая жирные кислоты [5]. Таким образом, химический состав, пищевая ценность кальмаров, а также объём допустимых уловов определяют их использование для создания различных лечебно-профилактических пищевых продуктов, в том числе новых эмульсионных.

В работе были использованы микробиологические, физико-химические и органолептические методы исследования. Протеолитическую активность определяли по методу Ансона в модификации Каверзневой [6]. Общий белок, аминный азот, сухой остаток, количество воды и золы определяли по ГОСТ 7636-85. Содержание углеводов определяли антроновым методом [7]. Количество жира и перекисного числа исследовали в соответствии с рекомендациями А.Н. Головина [8]. Антимикробную активность компонентов пряностей определяли по методу Поляка [9], антирадикальную – по методу Re Roberta с соавторами [10]. Органолептические характеристики изучались в соответствии с рекомендациями Т.М. Сафроновой [11]. Эмульгирующую способность и стабильность эмульсии исследовали согласно рекомендаций В.Д. Богданова и А.В. Панкиной [12].

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследовали рациональное время гидролиза кальмара, неизвестное из литературных данных, при других известных условиях гидролиза [13]. Кальмар размораживали в холодной воде до температуры в толще тушки 2-4 °С, разделяли согласно технологической инструкции [14], тщательно промывали, выдерживали в перфорированной таре в течение 10-15 мин для удаления избытка влаги. При разделке кальмара кожу с тушек не снимали. Данный технологический приём связан с тем, что в шкурке кальмара содержится в 4 раза больше коллагена [15], чем в мышечной ткани. Данные свойства шкурки кальмара позволяют в дальнейшем увеличить стойкость готовой эмульсии. Кроме того, пищевая ценность шкурки кальмара не уступает мышечной ткани [16].

Подготовленный кальмар измельчали на мясорубке с диаметром отверстий решётки 3-5 мм. Далее подвергали гомогенизации с целью более тонкого измельчения на гомогенизаторе при 3000 об/мин, к которому постепенно добавляли водный раствор «Протамекса». Водный раствор ферментного препарата готовили предварительно. Количество ферментного препарата использовали с расчётом конечной активности «Протамекса» к массе белкового сырья, обеспечивающей 2,5-5 ПЕ/г. После окончания соединения кальмара и водного раствора ферментного препарата смесь дополнительно гомогенизировали в течение 10 мин при 3000 об/мин. Температура подготовленной смеси перед ферментированием составляла $38 \pm 1,2$ °С. В процессе гидролиза кальмара происходило частичное расщепление белков с последующим накоплением белковых субъединиц меньшей молекулярной массой, проявляющих структурообразующие свойства, что обуславливало формирование необходимой структуры полученного гидролизата. Рациональное время гидролиза кальмара определяли по стабилизации накопления аминного азота гидролиза. Данное состояние гидролизата было достигнуто после 120 ± 9 мин гидролиза, при достижении значения аминного азота 1980 ± 170 мг/%, при содержании общего белка в гидролизате 8,6 г/%. В табл. 1 представлены рациональные условия гидролиза кальмара заданной структуры, необходимой для последующего получения эмульсии типа «майонез».

Таблица 1

**Рациональные параметры гидролиза субстрата
из кальмара препаратом «Протамекс»**

Table 1

**Rational parameters of hydrolysis of the substrate
from the squid preparation «Protameks»**

Параметр	Характеристика
Время, мин	120±9
Температура, °С	38±1,2
Концентрация «Протамекс», ПЕ/г	2,5-5
Гидромодуль	1:1
pH	6,8±1,5

После прекращения ферментативного гидролиза смесь инактивировали и охлаждали известным способом [13]. Полученный гидролизат представлял собой белковую массу бледно-розового цвета, со слабо выраженным моллюсковым запахом, приятным белковым вкусом без привкуса горечи.

Далее исследовали содержание сухих веществ в гидролизате из необесшкуреного кальмара, что составило 10,57 %. Данное содержание соответствует рекомендациям В.Д. Богданова, Т.М. Сафроновой [17] о том, что при получении эмульсионных продуктов для обеспечения лучшего эмульгирования и стойкости системы количество сухих веществ должно быть не менее 3 %.

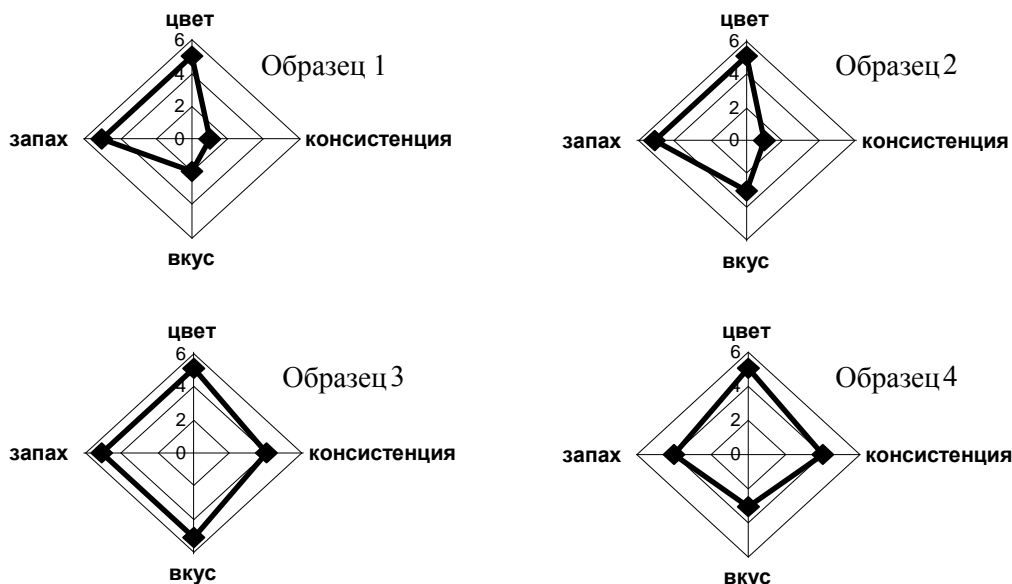
Полученный белковый гидролизат кальмара далее явился основой для получения майонеза. При этом процесс ферментативного гидролиза увеличивает как пищевую ценность [18-20], так и эмульгирующую способность белкового компонента [17].

Для выбора рациональных соотношений белковой ферментированной и липидной частей создали модельные композиции с различным процентным соотношением указанных компонентов.

В качестве липидной основы был использован пряно-масляный экстракт (ПМЭ), обладающий выраженным антимикробным и антиоксидантным действием [21]. Получали ПМЭ путем экстрагирования молотой гвоздики и душистого перца в подсолнечном масле. Соот-

ношение компонентов в исходной пряно-масляной смеси составляло 5:3:92. Определение антимикробного действия показало, что ПМЭ обладало выраженной активностью в отношении вегетативных и споровых бактерий, плесневых и дрожжеподобных грибов. Интегральная антирадикальная активность составила $350,1 \pm 0,41$ мкмоль Тролокса/л.

В процессе подготовки модельных композиций ПМЭ нагревали до 80 °С согласно рекомендаций В.Д. Богданова [17]. Подготовленные компоненты модельных композиций смешивали в процессе гомогенизации при постепенном введении масла в белковую часть при 3000 об/мин в течение 10 мин. Были получены модельные композиции эмульсионных продуктов с использованием гидролизата кальмара и ПМЭ в следующих соотношениях, соответственно, в масс %: 80:20, 70:30, 60:40, 50:50. Для оценки органолептических характеристик модельных композиций майонеза была разработана 5-балльная шкала. На рисунке представлена профилограмма органолептических показателей модельных композиций майонеза.



Профилограмма органолептических показателей модельных композиций майонеза с гидролизатом кальмара: образец 1 – соотношение гидролизата и липидной части 80:20; образец 2 – соотношение гидролизата и липидной части 70:30; образец 3 – соотношение гидролизата и липидной части 60:40; образец 4 – соотношение гидролизата и липидной части 50:50

Profilogram organoleptic characteristics of model compositions mayonnaise with squid hydrolyzate.
Legend: sample 1 – hydrolyzate and lipid ratio of 80:20; sample 2 – hydrolyzate and lipid ratio of 70:30; sample 3 – hydrolyzate and lipid ratio of 60:40; sample 4 – hydrolyzate and lipid ratio of 50:50

Как видно из представленных результатов, наиболее лучшими органолептическими показателями характеризовалась композиция при соотношении гидролизата и ПМЭ 60:40. При увеличении гидролизата в составе модельной композиции майонеза отмечалось вспенивание, горькое послевкусие. Снижение количества гидролизата в составе модельной композиции майонеза приводило к потере приятного белкового привкуса, появлению выраженного масляного вкуса и пряности.

Далее авторами была исследована эмульсионная способность (ЭС) и стабильность эмульсии (СЭ) данной модельной композиции. Установлено, что ЭС данной модельной системы составила 47 %, а СЭ – 50 %. Вследствие того, что ЭС и СЭ модельной композиции эмульсии является низким и недостаточным для стойкости эмульсионного продукта,

нами было решено использовать в его составе вспомогательные компоненты, обеспечивающие стабильность структуры. Из перечня доступных, не влияющих на вкус продукта были выбраны следующие регуляторы структуры карагинановой природы: стабилизатор-эмульгатор MSC 6351 и стабилизатор MSC 6753. Проведены исследования по изучению их влияния на структурные характеристики модельной композиции майонеза при разном процентном соотношении данных компонентов. Результаты исследования ЭС и СЭ модельной эмульсионной композиции при добавлении разных концентраций стабилизатора и эмульгатора приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели ЭС и СЭ модельных композиций майонеза

Table 2

Indicators of ES and SE model compositions of mayonnaise

Содержание компонента, %	Показатели	
	ЭС	СЭ
Стабилизатор MSC 6753		
0,1	48±0,5	50±0,5
0,2	50±0,5	52±0,5
0,3	55±0,5	61±0,5
0,5	62±0,5	65±0,5
1	78±0,5	89±0,5
Стабилизатор–эмульгатор 6351		
0,1	91±0,5	92±0,5
0,2	93±0,5	94±0,5
0,3	96±0,3	97±0,3
0,5	98±0,2	98±0,2
1	100	100

Согласно приведенным данным наиболее приемлемым для дальнейшего использования является стабилизатор-эмульгатор MSC 6351 с процентным содержанием, равным 0,3. По внешнему виду полученный эмульсионный продукт соответствовал соусу. При дифференцированной оценке по пятибалльной органолептической шкале он соответствовал превосходному качеству – 17,5±1,2 балла.

Для улучшения органолептических характеристик белкового эмульсионного продукта и придания ему эмоциональной завершенности были введены в его состав вспомогательные компоненты. Рецепт эмульсионного продукта представлена в табл. 3.

Таблица 3

Рецептура белкового соуса из гидролизата кальмара

Table 3

Formulation of protein hydrolyzate from squid sauce

Компонент	Количество, %
Гидролизат	57,6
Масло растительное	37,6
Стабилизатор–эмульгатор MSC 6351	0,3
Соль поваренная	0,5
Сахар	2
Уксус яблочный пищевой	2
Всего	100

Основные физические и химические показатели качества соуса на основе гидролизата из кальмара и ПМЭ приведены в табл. 4.

Физико-химические показатели белкового соуса

Таблица 4

Physico-chemical properties of the protein sauce

Table 4

Показатели	Значения
Жир, %	39,4
Белок, %	4,8
Углеводы, %	1,8
Влага, %	52,8
Зола, %	1,2
Перекисное число, ммоль активного кислорода / кг	1,23
Энергетическая ценность, ккал	381

По показателям безопасности полученный белковый соус соответствовал требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. Соус фасовали в стеклянные банки вместимостью 120 см³ и хранили в условиях бытового холодильника при температуре 0-2 °С в течение 4 мес. Исследования качества белкового соуса показали, что в процессе хранения органолептические и физико-химические показатели, а также показатели безопасности достоверно не изменялись.

Таким образом, разработана технология нового эмульсионного продукта на основе гидролизата из кальмара и пряно-масляного экстракта на основе гвоздики и душистого перца. Продукт представляет собой белково-липидный соус без добавок искусственных антисептиков и антиоксидантов, характеризуется высокими органолептическими характеристиками, стабильностью и стойкостью системы в процессе хранения. Пряно-масляный экстракт, полученный экстрагированием пряностей в подсолнечном масле, характеризуется высокой антимикробной и антиоксидантной активностью, обеспечивает торможение микробных и окислительных процессов при хранении продукта.

Список литературы

1. Табакаева О.В. Пищевые эмульсии, обогащенные биологически активными веществами голотурий. – Находка: Институт технологии и бизнеса, 2009. – 128 с.
2. Табакаева О.В., Каленик Т.К. Научно-практические аспекты формирования качества функциональной майонезной продукции на основе структурирования функции качества. – Находка: Инженерно-экономический институт ДВГТУ, 2011. – 155 с.
3. Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2006 г (краткая версия). – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. – 272 с.
4. Аюшин Н.Б., Петрова И.Ю., Эпштейн Л.М. Азотистые экстрактивные вещества в тканях дальневосточных моллюсков // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 125. – С. 52-55.
5. Быков В.П. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих. – М.: ВНИРО, 1999. – 262 с.
6. Каверзнева Е.Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз // Прикладная биохимия и микробиология. – 1971. – Т. VII, вып. 2. – С. 225-229.
7. Крылова Н.Н., Лясковская Ю.Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения. – М.: Пищ. пром-сть, 1965. – 316 с.

8. Головин А.Н. Пищевая промышленность. – М., 1978. – 584 с.
9. Поляк С.М. Определение чувствительности микроорганизмов к противомикробным препаратам методом дисков. – СПб.: Научно-исследовательский центр фармакологии, 1997. – 21 с.
10. Re, Roberta. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / Roberta Re, N. Pellegrini, A. Protoggente, A. Pannala, M. Yang, C. Rice-Evans // Free Radical Biology & Medicine. – 1999. – Vol. 26. – P. 1231-1237.
11. Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. – М.: ВНИРО, 1998. – 244 с.
12. Богданов В.Д., Панкина А.В. Технология продуктов регулируемых химического состава и структуры. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – 18 с.
13. Пат. 2331202 Российская Федерация. Способ получения пищевых белковых продуктов / Шульгина Л.В., Лаженцева Л.Ю., Лихачева Е.В. Оpubл. 20.08.2008, Бюл. № 23. – 8 с.
14. Сборник технологических инструкций по производству рыбных консервов и пресервов. – Л.: Гипрорыбфлот, 1989. – Ч. 4. – С. 144-156.
15. <http://shalanda.oml.ru/5632>.
16. Ибрагимова Л.В. Обоснование и разработка новой технологии консервов из головоногих моллюсков: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – 24 с.
17. Богданов В.Д., Сафронова Т.М. Структурообразователи и рыбные композиции. – М.: ВНИРО, 1993. – 172 с.
18. Поверин А.Д. Производство сухого ферментативного аминоксодержащего гидролизата рыбы «СФАГ – 2» // Пищ. пром-сть. – 2006. – № 1. – С. 64-68.
19. Поверин А.Д. Протеолитические ферменты в производстве белкового препарата «СФАГ – 2» // Рыб. пром-сть. – 2006. – № 1. – С. 23-24.
20. Шульгин Ю.П., Шульгина Л.В., Петров В.А. Ускоренная биотическая оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов. – Владивосток: ТГЭУ, 2006. – 124 с.
21. Пат. 2427277 Российская Федерация, А23D 9/00. Способ получения пищевого масла / Лаженцева Л.Ю., Ким Э.Н., Шульгина Л.В., Шульгин Р.Ю.; заяв. и патентообладатель Дальрыбвтуз. – Бюл. № 24. – 2011. – 7 с.

Сведения об авторах: Лаженцева Любовь Юрьевна, кандидат биологических наук, lazhenceva.lyubov@mail.ru;

Зими́на Ольга Валенти́новна, аспирант.

УДК.665.937.6 : 66.084

В.И. Погонец, И.Х. ПешковДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ТЕПЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СУШКИ АГАРА
В КИПЯЩЕМ ЗАКРУЧЕННОМ СЛОЕ**

Проведены исследования сушки частиц агара в кипящих закрученных слоях теплоносителя. Установлены тепловые параметры процесса, при которых рекомендуется сушить агар с учетом его термостойкости.

Ключевые слова: исследования, сушка, кипящий слой, агар, гидродинамика, тепловые параметры.

V.I. Pogonets, I.H. Pechkov**THERMAL PARAMETERS OF THE DRYING PROCESS OF AGAR
IN A BOILING TWISTED LAYER**

The researches of drying process of the particles of agar in boiling swirled layers of heat carrying agent were made. Thermal parameters of the process under which it is recommended to dry the agar because of its thermal stability were installed.

Key words: research, drying, boiling layer, agar, hydrodynamics, thermal parameters.

В установках с закрученными потоками теплоносителя при сушке агара большое значение имеют вопросы распределения температуры по высоте слоя и высота активной зоны тепломассообмена. Значение действительной разности температур в слое, зависящее в основном от изменения температуры теплоносителя по высоте слоя, позволяет определить коэффициент теплоотдачи между частицами и средой.

В литературных источниках приводятся различные данные многих авторов по теплообмену между высушиваемыми частицами и теплоносителем в кипящих слоях, но все они не согласуются между собой. Основными причинами являются различия в методах исследования и обработке экспериментальных данных, а также те принимаемые исследователями допущения, которые обуславливают сложность рассматриваемых процессов сушки пищевых продуктов. Определяемые при этом коэффициенты теплоотдачи значительно отличаются между собой.

В кипящем слое коэффициент теплоотдачи определяется из соотношения между количеством переданного тепла, поверхностью теплообмена и температурным напором между частицами и теплоносителем. При этом наиболее трудоемким является определение действительной разности температур между теплоносителем и поверхностью частиц.

При высушивании в кипящем закрученном слое частицы агара совершают сложное непрерывное движение в объеме камеры как в продольном, поперечном, так и в вертикальном её направлениях. Это обеспечивает выравнивание температуры внутри слоя и уменьшение температурных градиентов по всем направлениям. При этом повышение степени перемешивания частиц и их соударения способствует интенсификации теплообмена за счет турбулизации потока теплоносителя.

С экономической точки зрения процесс сушки агара целесообразно проводить при более высокой температуре теплоносителя, однако следует помнить, что, с одной стороны, повышение температуры более 90 °С влияет на качество готового продукта. С другой стороны, повышение температуры до максимально возможного приводит к снижению удель-

ного расхода теплового агента на единицу испаренной влаги, увеличивает производительность сушилки, уменьшает её габариты и снижает энергозатраты. Вопрос о допустимой температуре нагрева необходимо рассматривать совместно с другими параметрами сушки, так как качество готового продукта зависит от скорости его нагрева и обезвоживания, времени нахождения в зоне максимальной температуры.

В статье [1] представлена созданная нами установка, на которой проведены исследования процесса сушки агара в кипящих закрученных потоках теплоносителя при непрерывном режиме работы сушилки, а также изучено влияние начальной температуры теплоносителя на конечную влажность и качественные показатели агара. Исследования проводили при следующих допущениях:

- вследствие малого термического сопротивления частиц кипящего слоя градиент температуры в частице стремится к нулю;
- теплофизические характеристики теплоносителя и продукта неизменны;
- потери тепла слоем в окружающую среду отсутствуют.

Анализ полученных данных показал, что температура для всех начальных высот слоя резко изменяется на расстоянии 40-50 мм от газораспределительной решетки и постепенно переходит к постоянной величине с возрастанием высоты слоя (рис. 1).

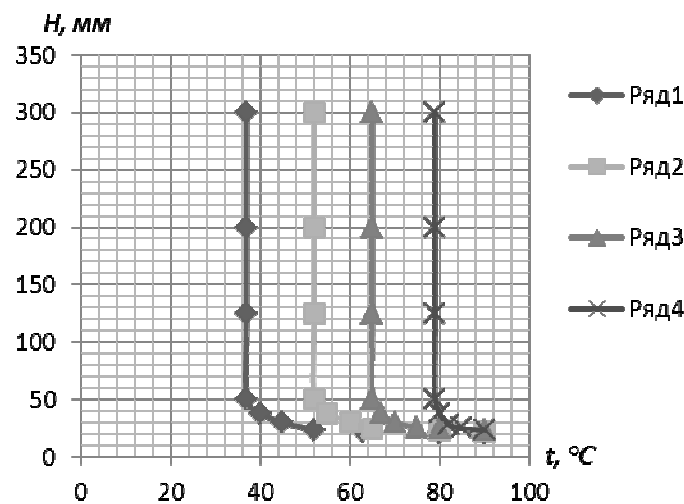


Рис. 1. Изменение температуры теплоносителя по высоте кипящего слоя агара при высоте неподвижного слоя $H_c = 250$ мм, скорости теплоносителя $\omega = 1,5$ м/с и его начальной температуре: 1 – 65 °C, 2 – 75 °C, 3 – 85 °C, 4 – 90 °C

Fig. 1. Changes of the temperature in heat carrying agent at the height of boiling layer of agar with a fixed bed height $H_c = 250$ mm, speed of heat carrying agent $\omega = 1,5$ m/s and its initial temperature: 1 – 65 °C, 2 – 75 °C, 3 – 85 °C, 4 – 90 °C

Из литературы [2, с. 18] известно, что изменение температуры с достаточной точностью описывается уравнением

$$t_h = t_c + (t_1 - t_c) \exp \left[- \frac{3\alpha \cdot M_q}{\varepsilon_q \rho_q M_c C_q} \cdot \frac{h}{H_{kc}} \right], \quad (1)$$

где t_h – температура среды на высоте h , °C; t_c – средняя температура частиц в слое, °C; t_1 – температура окружающей среды, °C; α – средний коэффициент теплоотдачи между средой и частицами, Вт/(м·град); M_q – масса частиц, кг; ε_q – характерный размер частиц

(размерная фракция), m^2 ; ρ_c – плотность материала частиц, kg/m^3 ; M_c – расход массы теплоносителя, kg/h ; C_c – удельная теплоемкость частиц, $Wt \cdot h / (kg \cdot \text{град})$; h – текущая высота кипящего слоя, m ; H_{kc} – высота кипящего слоя, m .

Для начальной высоты слоя (250 мм) и соответствующей скорости оптимального режима кипения обеспечивается интенсивное перемешивание частиц агара, изменение начальной температуры теплоносителя от 65 до 90 °С сопровождается увеличением интенсивности поглощения тепла, подводимого в слой, и, следовательно, увеличением скорости сушки. Это увеличение характеризуется коэффициентами теплоотдачи, полученными на основании их локальных значений путем усреднения по поверхности теплообмена.

Средние значения коэффициентов теплоотдачи определяли по угловым показателям прямых изменения температуры теплоносителя по высоте кипящего слоя агара, построенных в полулогарифмической системе координат, полученной путем преобразования уравнения (1) и представленных зависимостей на рис. 2. Это позволило получить достаточно точные значения коэффициентов теплоотдачи, так как за основу был принят принцип изменения температуры теплоносителя по высоте слоя при идеальном перемешивании частиц агара и сквозном потоке теплоносителя. При этом значение коэффициентов теплоотдачи при оптимальном гидродинамическом режиме и температуре теплоносителя 65, 70, 75, 80, 90 °С для высоты слоя 250 мм соответственно равно 10,5, 11,3, 11,5, 11,7, 11,8 $Wt/(m^2 \cdot \text{град})$. Это свидетельствует об их увеличении с повышением температуры теплоносителя.

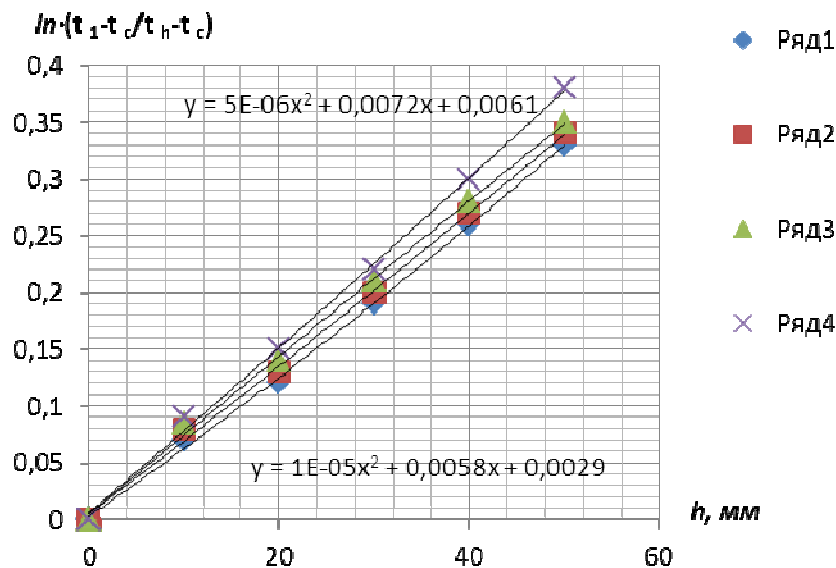


Рис. 2. Изменение температуры теплоносителя в зоне активного теплообмена при высоте неподвижного слоя агара $H_c = 250$ мм, скорости теплоносителя $\omega = 1,5$ м/с и его начальной температуре: 1 – 65 °С, 2 – 75 °С, 3 – 85 °С, 4 – 90 °С

Fig. 2. Changes of the temperature in heat carrying agent in zone of active heat transfer with a fixed bed height of agar $H_c = 250$ mm, speed of heat carrying agent $\omega = 1,5$ m/s and its initial temperature: 1 – 65 °С, 2 – 75 °С, 3 – 85 °С, 4 – 90 °С

При этом высота зоны активного теплообмена практически остается постоянной.

В результате обработки экспериментальных данных по теплообмену в кипящем закрученном слое между частицами агара и теплоносителем при длительном непрерывном режиме работы сушилки получено уравнение для определения коэффициента теплоотдачи:

$$N_u = 10,2 \left(\frac{H_0}{\varepsilon_u} \right)^{-0,54} \cdot R_e^{0,3}, \quad (2)$$

при $R_e = 5-25$; $\frac{H_0}{\varepsilon_u} = 300 - 700$, $P_r = 0,5$.

Из-за большой удельной поверхности частиц агара процесс теплообмена между ними и теплоносителем протекает очень интенсивно, что способствует быстрому выравниванию температуры теплоносителя за зоной активного теплообмена. При этом температура частиц агара практически остается постоянной по высоте слоя и для инженерных расчетов сушильных установок может быть принята равной температуре теплоносителя на выходе из слоя. Так, для неподвижного слоя высотой 150 мм при температуре теплового агента 70, 75, 80, 85 °С среднее значение температуры частиц агара соответственно равно 45, 60, 70, 81 °С; для 200 мм – 42, 55, 67, 78 °С; для 250 мм – 35, 51, 63, 75 °С. Отсюда следует, что при оптимальном гидродинамическом режиме увеличение высоты слоя приводит к понижению температуры высушенного агара.

Увеличение скорости теплоносителя по сравнению с ее значением, обеспечивающим интенсивное перемешивание частиц в слое, приводит к интенсификации тепломассообмена за счет увеличения порозности слоя, предотвращения агломерации частиц агара и образования застойных зон. Однако при больших скоростях теплоносителя наблюдается значительный унос мелких частиц агара из сушильной камеры.

При анализе полученных экспериментальных кривых зависимостей, представленных на рис. 1, видно, что при постоянстве начальной температуры теплоносителя, изменении высоты слоя и оптимальной скорости кипения высота зоны активного теплообмена остается практически неизменной. Однако при этом происходит смещение в сторону профиля температурного поля теплоносителя, что свидетельствует о более полном использовании его теплового потенциала. При этом наблюдается понижение температуры частиц при выходе из слоя.

Вместе с тем вопрос о выборе оптимальной высоты кипящего слоя до настоящего времени не получил окончательного решения. Некоторые исследователи считают [2, с. 41], что при осуществлении процессов сушки в кипящем слое в зоне активного теплообмена можно передать 200-400 млн кДж с 1 м² решетки в час. При этом нельзя оставлять без внимания то, что увеличение высоты слоя приводит к более равномерному его ожигению и улучшает условия управления процессом. Это подтверждается экспериментальными исследованиями, проведенными нами с агаром. Однако увеличение высоты слоя приводит также к повышению сопротивления прохождению теплоносителя, что повышает энергетические затраты, увеличивает среднюю абсолютную скорость движения частиц. Поэтому высота слоя при выборе оптимального режима сушки в кипящем закрученном слое должна определяться на основе всестороннего анализа этого процесса.

Процесс массообмена протекает совместно с теплообменом и определяется в основном развитой поверхностью контакта фаз и интенсивностью их перемешивания. Этот процесс достаточно полно изучен и изложен в литературных источниках [1, 2, 3, 5, 6], и согласно полученным утверждениям концентрация диффундирующей влаги в теплоносителе при сушке в стационарном режиме описывается также экспоненциальной зависимостью, а процесс массообмена завершается на весьма небольшом расстоянии от газораспределительной решетки. Однако ввиду непрерывности процесса сушки исследования изменения концентрации влаги по высоте слоя практически трудно осуществить. Поэтому нами исследовалось изменение конечной влажности высушиваемого агара с увеличением началь-

ной высоты слоя до 250 мм и увеличением температуры теплоносителя до 90 °С. Проведенные исследования показали, что при температуре теплоносителя до 90 °С и оптимальном гидродинамическом режиме конечная влажность частиц агара колеблется в пределах 5-7 %. Повышение температуры теплоносителя приводит к понижению конечной влажности высушиваемого продукта, ухудшению качества продукта в результате его подгорания, увеличению производительности сушильной установки и снижению удельного расхода электроэнергии.

С повышением высоты неподвижного слоя агара при условии интенсивного перемешивания конечная влажность продукта изменяется незначительно для одинаковых значений температуры теплоносителя.

На рис. 3 приведена обобщенная кривая изменения влажности высушиваемого агара от температуры теплоносителя, подводимого в слой.

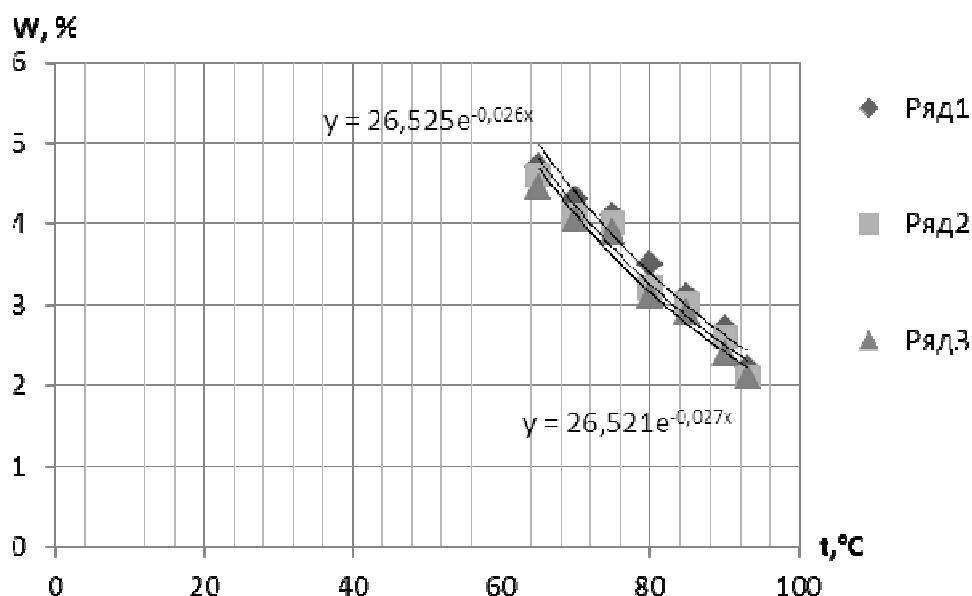


Рис. 3. Зависимость конечной влажности агара от начальной температуры теплоносителя при высоте неподвижного слоя: 1 – 150 мм, 2 – 200 мм, 3 – 250 мм

Fig. 3. The dependence of the final moisture content of agar on the initial heat carrying agent temperature at the height of fixed bed: 1 – 150 mm, 2 – 200 mm, 3 – 250 mm

При исследовании процесса сушки агара в стационарном кипящем закрученном слое основной задачей являлось определение допустимой температуры теплоносителя, позволяющей интенсифицировать процесс переноса тепла и влаги и обеспечивающей допустимый нагрев частиц агара без изменения его качественных показателей.

Исследования, проведенные с агаром, показали, что значение оптимальной температуры теплоносителя колеблется в пределах 80-85 °С. Повышение температуры теплоносителя выше 90 °С приводило к заметному ухудшению качественных показателей – покоричневению частиц, изменению химического состава.

Таким образом, исследования процесса сушки агара в стационарном режиме позволило определить степень использования температурного потенциала теплоносителя при начальной высоте слоя 150, 200, 250 мм и скорости, соответствующей стадии развитого кипения, а также максимальное значение температуры теплоносителя, обусловленное термостойкостью агара.

Список литературы

1. Погонец В.И. Установка для сушки растворов полисахаридов во взвешенно-закрученных потоках теплоносителя // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Вып. 23.
2. Сыромятников Н.И., Васанова Л.К., Шиманский Ю.М. Тепло- и массообмен в кипящем слое. – М.: Химия, 1967. – 176 с.
3. Гинзбург А.С., Резчиков В.А. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. – М.: Пищ. пром-сть, 1970. – 196 с.
4. Ким Э.Н., Лаптева Е.П., Климова Е.Ю. Исследование процесса сушки гидробионтов / Исследования Мирового океана: материалы Междунар. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – С. 616.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
6. Погонец В.И. Гидродинамические характеристики и диапазон существования кипящего закрученного слоя дисперсных частиц агара при сушке // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Вып. 25. – С. 263-266.

Сведения об авторах: Погонец Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, e-mail: pogonetsvi@mail.ru;

Пешков Иван Харитонович – аспирант.

УДК 664.953

В.А. Сполохова, В.В. КращенкоДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПАШТЕТОВ ИЗ МАКРУРУСА МАЛОГЛАЗОГО**

Приведены результаты исследований по разработке технологии рыбных паштетов из высокообводненного сырья. Обоснована актуальность исследований. Разработаны рецептуры и технологическая схема производства рыбных паштетов, обоснованы сроки хранения.

Ключевые слова: макрурус малоглазый, эмульсия, ПНЖК, паштеты рыбные.

V.A. Spolochova, V.V. Krachshenko**THE TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF PASTES FROM CORYPHAENOIDES PECTORALIS GILBERT**

The research results of development the technology of fish pastes from the raw materials with high content of mater are examined. The research significance is proved. The recipes and the technology scheme of fish pastes are developed, the shelf lives are substantiated.

Key words: grenadier maloglazy, emulsion, PUFA, texnology, fish pates.

Мониторинг состояния водных биоресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна свидетельствует о значительных запасах глубоководных рыб, в частности макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*). Согласно данным ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи» за 2011 г. российские рыбохозяйственные организации выловили 21,79 тыс. т макруруса, что на 1,2 тыс. т превышает уровень 2010 г.

Традиционные технологии переработки этого сырья не позволяют выпускать продукцию высокого качества ввиду значительного содержания воды в мышечной ткани (92,2 %), ее низких функционально-технологических свойств и значительных потерь при технологической обработке.

В связи с этим разработка эффективной технологии переработки высокообводненного сырья, обеспечивающей высокие потребительские свойства готовой продукции, является актуальной задачей.

Паштеты представляют собой однородную тонкоизмельченную протертую массу и ценятся потребителями за мажущую консистенцию, выраженный вкус, тонкий аромат, высокую степень готовности и удобство в употреблении.

Анализируя деятельность российского рынка рыбных паштетов, выявлено что, ассортимент данного продукта не отличается разнообразием и в основном представлен паштетами из печени минтая, печени и икры тресковых рыб и шпротным.

Все вышесказанное свидетельствует о целесообразности расширения ассортимента паштетов из рыбного сырья, в частности макруруса малоглазого.

Цель настоящей работы заключалась в разработке технологии рыбных паштетов из макруруса малоглазого на основе белково-липидной эмульсии, сбалансированных по составу полиненасыщенных жирных кислот.

Объектом исследований являлась технология рыбных паштетов из макруруса малоглазого на основе белково-липидной эмульсии. Предметы исследования: белково-липидные эмульсии из мышечной ткани макруруса малоглазого; гели, полученные на основе белково-липидных эмульсий; готовая продукция.

В качестве сырья для получения белково-липидных эмульсий использовали макрурус малоглазый мороженный, отвечающий требованиям ГОСТ 1168-86, масло растительное соевое (ГОСТ Р 53510-2009), рыбий жир (ГОСТ Р 71.566.48).

В качестве вспомогательных материалов использовали соль поваренную пищевую (ГОСТ Р 51574-2000), альгинат натрия пищевой (ТУ 15-544-83), карбоксиметилцеллюлозу пищевую (ТУ 2231-001-68373646-2010), морковь столовую свежую (ГОСТ Р 51782-2001), лук репчатый свежий (ГОСТ Р 51783-2001), перец сладкий свежий (ГОСТ Р 13908-68), порошок пищевой из ламинарии (ТУ 15-01206-79), лук зеленый сушеный (ГОСТ Р 52622-2006).

При проведении исследований использовались стандартные физико-химические, органолептические, реологические, микробиологические и биологические методы.

Исследования функционально-технологических свойств мышечной ткани макруруса малоглазого показали, что измельченная мышечная ткань (МТ) представляет собой обводненный фарш жидкой консистенции белого цвета, который содержит значительное количество свободной воды, что затрудняет обработку данного сырья традиционными способами. При разрушении структуры мышечной ткани макруруса (под влиянием механического воздействия – измельчение, прессование, центрифугирование) происходит отделение свободной воды в виде мышечного тканевого сока (ТС) в большом количестве (до 50 %), содержащего экстрактивные органические и минеральные вещества, имеющие важную физиологическую и пищевую ценность.

Однако, на наш взгляд, наличие свободной воды в измельченной мышечной ткани макруруса малоглазого свидетельствует о возможности ее использования в качестве водно-белковой составляющей эмульсии, исключает дополнительное внесение жидкости (воды, рыбного бульона и т.д.), что позволяет технологически упростить способ получения эмульсии.

При разработке рекомендаций для получения эмульсии на основе измельченной МТ макруруса определяли эмульгирующую способность входящих в ее состав белков. Установлено, что измельченная МТ макруруса в нативном виде обладает 100%-й эмульгирующей способностью.

Ранее нами разработан состав липидной фазы эмульсии, состоящий из растительного соевого масла и рыбьего жира, в соотношении 2:1, сбалансированный по составу ПНЖК [1].

Экспериментальные данные подбора соотношения измельченной МТ макруруса и липидной фазы в составе эмульсии 50:50 и 70:30 % соответственно подтверждают возможность получения стабильных эмульсий, характеризующихся высокими органолептическими показателями. Однако нами выбрано для дальнейших исследований соотношение 70:30 %, в связи с тенденцией снижения калорийности рациона современного человека.

Проведенными исследованиями установлено, что полученная эмульсия является эмульсией прямого типа «масло в воде», такое строение присуще натуральному молоку, которое представляет собой природную эмульсию, следовательно, она более полезна и лучше усваивается [2,3,4].

Установлено рациональное время эмульгирования 3 мин ($v_{\text{вращ}} = 1200$ об/мин; $t = 18 \pm 2$ °С), в течение которого достигается высокая, равномерная степень дисперсности (преобладание жировых частиц размером 3-6 мкм). Эмульсия представляет собой высококонцентрированную, вязкую эмульсию, густой консистенции, с высокой агрегативной устойчивостью во времени.

При разработке технологии паштетов рассматривали возможность получения термотропного геля из фасованной в тару эмульсии. Установлено, что в процессе тепловой обработки эмульсии образуется термотропный гель, у которого наблюдается незначительное отделение воды на поверхности, что является несущественным, однако отрицательно влияет на органолептическое восприятие пищевого продукта. Для исключения данного дефекта использовали в качестве загустителя карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), в качестве эмульгатора и влагоудерживающего агента – альгинат натрия.

Критериями приемлемости структуры выступали однородность и высокая водоудерживающая способность геля. Результаты исследования свидетельствуют, что характер действия структурорегулирующих добавок на структуру термотропного геля определяется как их видом, дозировкой, так и совместным использованием. Установлено, что структурорегулирующая композиция – КМЦ (0,1 %) и альгинат натрия (1 %) – к массе эмульсии повышает устойчивость белков к тепловому воздействию и обеспечивает однородную, нежную консистенцию без выделения свободной воды.

Как известно, основным требованием к производству термически обработанных (теплом) эмульсионных белково-липидных продуктов является диспергентное состояние компонентов эмульсии и связанное состояние воды и жира в течение всего технологического процесса [5].

Основными белками макруруса малоглазого являются миофибриллярные [6]. Благодаря растворимости в солевых растворах они ответственны за образование плотной сетчатой структуры в готовых продуктах из фарша. Температура коагуляции миофибриллярных белков 40-55 °С [7].

При выборе рационального режима тепловой обработки исследовали влияние термического воздействия на степень денатурации белков эмульсии [8].

На основании проведенных исследований уточнен и определен рациональный режим тепловой обработки эмульсии: достижение температуры 65±5 °С в центре массы образца. Данный режим позволяет получить готовый продукт нежной плотной консистенции без отделения воды, с приятным, умеренно выраженным гармоничным вкусом и запахом, безопасный в микробиологическом отношении.

Таким образом, установлено, что измельченная мышечная ткань макруруса малоглазого обладает высокими эмульгирующими свойствами; эмульгирование в течение 3 мин обеспечивает агрегативную устойчивость эмульсии; рациональный режим термической обработки - достижение температуры 65±5 °С в центре изделия.

На основании справочных данных химического состава и функциональных свойств отдельных компонентов нами разработаны рецептуры рыбных паштетов с учетом органолептических предпочтений потребителя (таблица).

**Рецептуры паштетов из мышечной ткани макруруса
(в кг на 100 кг готового продукта)
Recipe of fish pate (in kg on 100 kg prepared product)**

Рецептурные компоненты	«Паштет рыбный с морковью»	«Паштет рыбный с луком»	«Паштет рыбный с паприкой»	«Паштет рыбный с морковью и луком»	«Паштет рыбный с морской капустой»
Масло растительное соевое	18,1	21,4	18,1	18,0	18,0
Рыбий жир	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Измельченная мышечная ткань макруруса сырая	65,4	73,2	65,4	65,4	65,4
Соль поваренная	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Карбоксиметилцеллюлоза	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Альгинат натрия	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Морковь бланшированная	11,2	-	-	7,0	7,0
Лук зеленый сушеный	-	0,1	-	-	-
Перец красный бланшированный	-	-	11,2	-	-
Лук свежий репчатый	-	-	-	3,0	3,0
Морская капуста сушеная	-	-	-	-	0,5

При разработке технологии рыбных паштетов из мышечной ткани макруруса малоглазого учитывалась нестабильность ПНЖК, склонных к быстрому окислению. Даже следовые количества продуктов их распада вызывают неприятные запах и вкус у продукта. Их окисление может быть вызвано введением в рецептуру воды (бульона), тепловой обработкой, диспергированием, в процессе которых система насыщается кислородом, способствующим гидролитической и окислительной порче жира.

Для максимального сохранения ПНЖК в готовом продукте и исключения протекания окислительных процессов при разработке технологии нами использованы следующие технологические приемы: исключение из рецептуры воды ввиду использования высокообводненного сырья, представленного макрурусом малоглазым (содержание воды 92,2 %); продолжительность эмульгирования не более 3 мин, позволяющая получать эмульсию высокого качества; исключение отрицательного воздействия кислорода, являющегося активатором окислительных процессов ПНЖК, входящих в состав липидной фазы эмульсии; снижение затрат энергии; ограничение доступа кислорода в процессе тепловой обработки фасованного в герметичную тару продукта; проведение однократного, кратковременного режима термообработки ($t = 65 \pm 5$ °С).

Известная технология производства рыбных паштетов состоит из следующих технологических операций: прием сырья, размораживание, мойка, разделка на тушку (филе), бланширование в 3%-м солевом растворе, охлаждение, отделение мяса от костей, измельчение на волчке, смешивание с рецептурными компонентами, куттерование (протирание), термическая обработка паштетной массы при температуре 105-110 °С в течение 10-15 мин, охлаждение, фасование, упаковывание, маркирование, хранение [9].

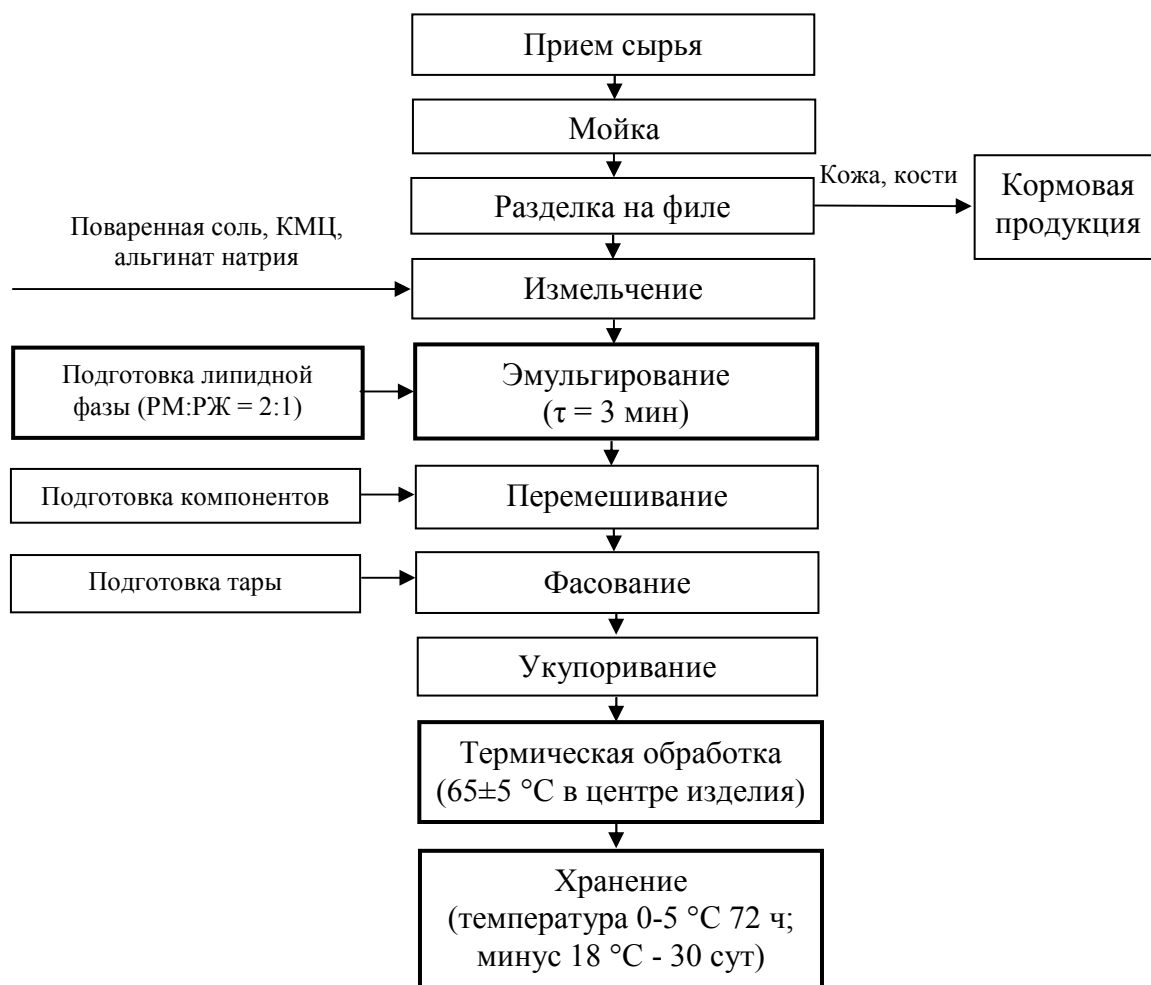
В разработанной нами технологии изменена последовательность выполняемых операций, позволяющая сократить технологический процесс за счет исключения бланширования полуфабриката перед куттерованием с рецептурными компонентами; термической обработки фасованной и укупоренной продукции, что позволяет исключить из технологической схемы операцию «термическая обработка паштетной массы». Отличительными особенностями технологии являются эмульгирование сырой измельченной мышечной ткани макруруса, внесение липидной фазы, состоящей из смеси масла растительного и рыбьего жира, сбалансированной по составу ПНЖК; снижение температурного воздействия за счет однократного щадящего режима термической обработки. Объем фасованной продукции позволяет обеспечить в единице упаковки (100 г) суточную потребность организма в ω -3 ПНЖК.

Разработанная технологическая схема производства рыбных паштетов представлена на рисунке.

При разработке технологии нами учитывались потребительские свойства продукта: пищевая ценность, органолептические свойства и направленное физиологическое воздействие. При создании продукта использовалось только натуральное сырье: мышечная ткань рыбы, липиды растительного и животного происхождения, а также структурообразователи растительного происхождения.

Анализ качественного и количественного состава жирных кислот позволил сделать вывод, что рыбные паштеты содержат оптимальное количество ω -3/ ω -6 жирных кислот в соотношении 3:1, удовлетворяющее рекомендациям относительно рационального и сбалансированного питания [10].

Продолжительность хранения паштетов рыбных устанавливали при температуре 0-5 °С, оценивая органолептические и микробиологические показатели готового изделия, которые являются основой санитарно-эпидемиологического обоснования сроков хранения. Установлено, что КМАФАнМ на третьи сутки хранения составляет $1,2 \cdot 10^2$ КОЕ/г, что значительно ниже регламентируемых показателей СанПиН 2.3.2.1078-01 ($1 \cdot 10^4$ КОЕ/г).



Технологическая схема производства рыбных паштетов
Technology scheme of fish pates production

Для обоснования увеличения сроков хранения рассмотрена возможность замораживания паштетов рыбных при температуре минус 18 °С. Установлено, что по истечении 30 сут хранения рыбные паштеты после размораживания (кратковременным микроволновым нагревом в течение 20 с) аналогичны по внешнему виду, цвету, структуре образцам, хранившимся при температуре 0-5 °С с сохранением умеренно плотной нежной консистенции без отделения жидкости и наличия посторонних вкуса и запаха.

Дегустационные испытания образцов исследуемых продуктов проводили по 5-балльной шкале путем одновременного представления кодированных образцов исследуемого продукта в конце предполагаемого срока годности и аналогичной, только что выработанной продукции. Оценивали внешний вид: цвет; запах, консистенцию и вкус. Органолептическая оценка готовых кулинарных продуктов не выявила отрицательной динамики органолептических показателей. На основании совокупности полученных данных рекомендовано установить срок хранения рыбных паштетов при температуре 0-5 °С не более 3 сут, при температуре минус 18 °С - не более 30 сут.

Результатами проведенных исследований установлено, что рыбные паштеты по показателям безопасности в течение регламентированных сроков годности соответствуют требованиям СанПин 2.3.2.1078-01.

Список литературы

1. Кращенко В.В., Сполохова В.А., Перцева А.Д. Влияние липидной фазы на дисперсность эмульсии // Приоритетные направления развития науки и технологий: материалы 9-й Всерос. науч.-техн. конф. – Тула: ТулГУ, 2011. – С. 174-176.
2. Козин Н.И., Даргиев Б.Х. Реологические характеристики майонеза // Масложировая пром-сть. – 1972. – № 2. – С. 14-15.
3. Рогов И.А., Горбатов А.В., Свинцов В.Я. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.
4. Law T, Whateley T. Multiple emulsions stabilized by protein: Nonionic surfactant interfacial complexation. *Gordian*. – 1987. – Vol. 65. – P. 282-283.
5. Козмава А.В., Касьянов Г.И., Палагина И.А. Технология производства паштетов и фаршей. – Ростов н/Д.: Издательский центр «МарТ», 2002. – 208 с.
6. Караулова Е.П. Обоснование рекомендаций по переработке глубоководных рыб в зависимости от свойств структурных белков и активности трансглутаминазы: дис.... канд. техн. наук. – Владивосток, 2007. – 130 с.
7. Бойцова Т.М. Технология пищевых рыбных фаршей. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1997. – 70 с.
8. Сполохова В.А., Кращенко В.В. Обоснование рациональных параметров тепловой обработки белково-липидной эмульсии из мышечной ткани макруруса малоглазого // Инновационные технологии переработки продовольственного сырья: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – С. 211-214.
9. Борисочкина Л.И., Гудович А.В. Производство рыбных кулинарных изделий. Технология и оборудование. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
10. Левачев М.М. Значение жира в питании здорового и больного человека: справ. по диетологии. – М.: Медицина, 2002. – 25-32 с.

Сведения об авторах: Сполохова Виктория Анатольевна, аспирант,

e-mail: charutti84@andex.ru;

Кращенко Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент,

e-mail: victoriy_vl@mail.ru.

УДК 123

А.В. Югай¹, Т.Н. Слуцкая², Т.П. Калиниченко²¹Институт технологии и бизнеса,

692903, г. Находка, ул. Дальняя, 14

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,

690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЕРЧАКОВ ВИДОВ *MYOXOCEPHALUS*
POLYACANTHOCEPHALUS И *MYOXOCEPHALUS* JAOK**

Бычки, или керчаки, сем. Cottidae насчитывают более 200 видов. Наиболее крупными представителями этого семейства являются керчак яок и керчак многоиглый. Представлены сравнительные данные по размерно-массовому и химическому составам рыб.

Ключевые слова: керчак яок, керчак многоиглый, размерно-массовый состав, химический состав, вторичное сырье.

A.V. Yugai, T.N. Slutskaya, T.P. Kalinichenko**COMPARATIVE CHARACTERISTIC SCULPINS OF TYPES *MYOXOCEPHALUS*
POLYACANTHOCEPHALUS AND *MYOXOCEPHALUS* JAOK**

The largest fish of Sculpins are myoxocephaluspolyacanthocephalus and myoxocephalusjaok. The article contains information about dimensional and mass structure of fish, it is presented chemical composition and the comparative data of an output of head, liver and stomach to weight of the not cut fish.

Keywords: sculpin, dimensional and mass structure of fish, comparative data, chemical composition of tissue, liver and stomach.

Анализ современного развития мирового рыболовства свидетельствует о возрастающей роли объектов прибрежного лова, а как следствие о снижении объёмов промысла, который, хотя и базируется на массовом и относительно дешёвом сырье, осуществляется крупнотоннажным флотом, что в условиях рыночной экономики влечёт за собой удорожание продукции из-за высоких затрат[1]. Решение задачи рационального использования такого сырья, особенно это касается нетрадиционных видов рыб, например бычков, предусматривает развитие технологий, позволяющих увеличить степень его использования за счет привлечения для производства пищевой продукции отходов, получаемых при разделке.

Известно, что среди всех представителей бычков (керчаков), встречающихся в промысловых районах Приморья, керчак яок и керчак многоиглый являются наиболее многочисленными. Имеющиеся на сегодня известные (работы Бойцовой Т.М., Диденко А.П., Давлетшиной Т.А. и др.) данные об оценке их качества и возможности рационального использования носят достаточно фрагментарный характер и нуждаются в уточнении. В связи с этим целью работы была сравнительная характеристика размерно-массового и химического составов керчаков *Myoxocephaluspolyacanthocephalus* и *Myoxocephalusjaok*.

Для достижения поставленной цели исследовали партию керчаков (мороженые бычки 2-4-месячного хранения, добытые в зал. Петра Великого в период с мая по сентябрь).

На первом этапе работы исследовали зависимость выхода частей керчаков от массы рыбы. Установлено, что с увеличением массы рыбы масса головы увеличивается (рис. 1). Но в процентном отношении остается на уровне 40-45 %. Отмечено, что такая тенденция характерна для обоих видов керчаков.

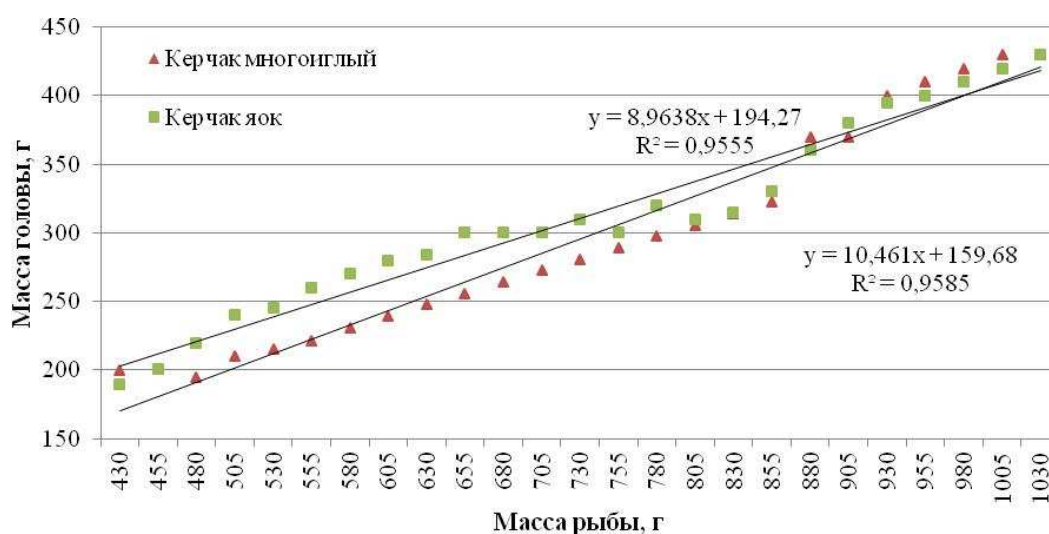


Рис. 1. Зависимость массы головы от массы рыбы
Fig.1. Change mass of head of sculpin depending on mass of fish

Исследование зависимости массы печени от массы рыбы показало, что выход печени варьируется в пределах 2-4,5 %. В натуральном выражении печень керчаков достигает 50 г при массе рыбы более 1000 г (рис. 2). Полученные результаты согласуются с литературными данными [2], что также подтверждает сходство между двумя видами керчаков.

Установлено, что выход желудков керчаков сопоставим с выходом печени и составил в среднем 4-6 %, в то время как у тресковых эта величина находится на уровне 1,5-2 %. В натуральном выражении масса промытого желудка достигала 200 г при массе рыбы более 3000 г (рис. 3).

Установлено, что выход внутренностей у керчаков составил 2-4 %. Выход плавников и костей в среднем по керчакам – 12 %, кожи – 5 %.

Анализ изменения массы мышечной ткани керчаков показал, что ее выход колеблется в пределах 20-30 %. Отмечено, что у керчака многоиглого масса мышечной ткани в натуральном выражении выше, чем у керчака яока. Наиболее явно данная тенденция отмечается у рыб массой свыше 2000 г (рис. 4).

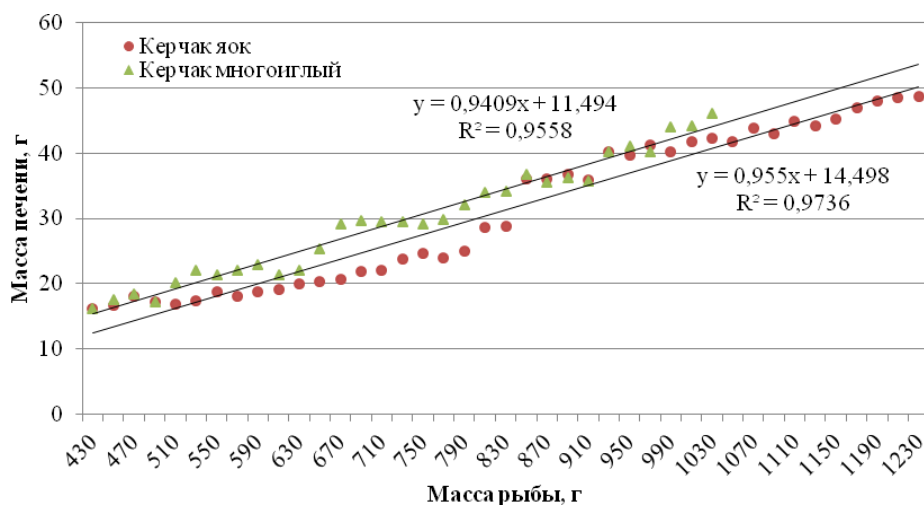


Рис. 2. Зависимость массы печени от массы рыбы
Fig.2. Change mass of liver of sculpin depending on mass of fish

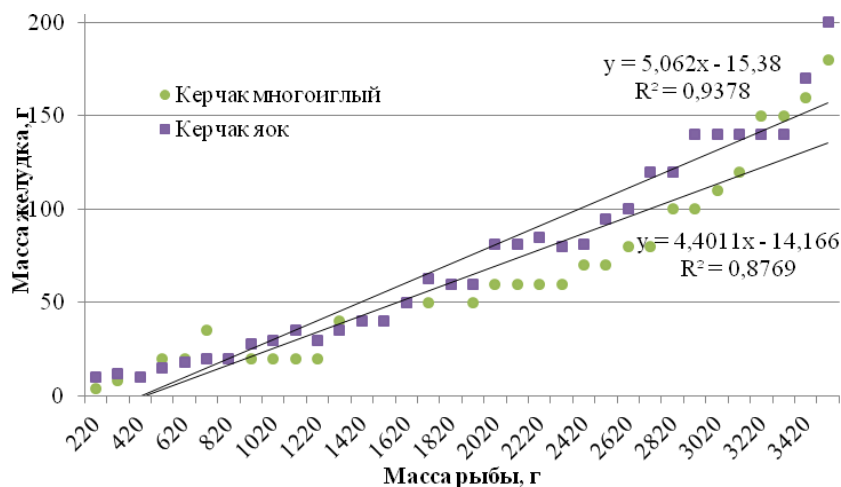


Рис. 3. Зависимость массы желудка от массы рыбы
 Fig.3. Changemassofstomachofsculpindependingonmassoffish

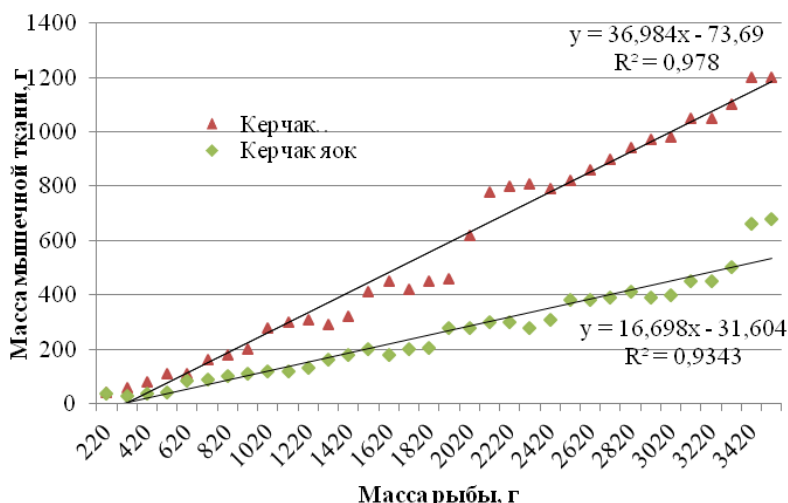


Рис. 4. Зависимость массы мышечной ткани от массы рыбы
 Fig.4. Change mass of muscle tissue of sculpin depending on mass of fish

На основании полученных данных всех исследуемых рыб условно разделили на мелких, средних и крупных (табл. 1). Установлено, что чем крупнее керчаки, тем выше процентный выход мышечной ткани, в отношении других составных частей показатели находятся практически на одном уровне.

Исследования химического состава печени и желудков показали, что у керчака многоиглого верхний предел значения липидов в печени выше, чем у яока, но в то же время по другим показателям рыбы имеют достаточно схожий химический состав (табл. 2). На долю белков приходится в среднем 14 %, воды – до 60 %, минеральных веществ – до 1 %. Анализ химического состава желудков показал, что он более обводнен по сравнению с печенью и содержит в среднем 85 % воды, 11 % белков, незначительное количество липидов и минеральных веществ.

Установлено, что наиболее богаты липидами головы керчаков – более 5 %, белков – до 17 %, минеральных веществ – до 5 %. Наибольшее содержание белков отмечено в коже –

до 23 %, липидов – до 1 %, минеральных веществ – до 2 %. Для плавников керчаков характерно высокое содержание минеральных веществ – до 8 %, значительное количество белков – более 14 %, небольшое количество липидов, сопоставимое с мышечной тканью – 1,5 % (табл. 3).

Таблица 1

Размерно-массовый состав керчаков

Table 1

Dimensional and mass structure of sculpin

Вид рыбы	Группа	Длина, см	Выход, %					
			головы	костей, плавников	печени	желудка	кожи	мышечной ткани
Керчак многоиглый (<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>)	Мелкие	20-30	41,1±2,42	11,7±1,80	3,7±0,55	2,7±0,99	5,1±0,51	17,4±3,82
	Средние	31-40	38,9±1,43	12,2±0,75	3,8±0,56	3,2±0,81	4,6±0,33	23,8±3,09
	Крупные	41-50	41,7±1,11	12,3±0,33	4,6±0,94	5,1±0,39	5,2±0,49	32,2±3,12
Керчак яок (<i>Myoxocephalus jaok</i>)	Мелкие	20-30	42,3±3,58	11,7±1,80	3,7±0,55	2,7±0,99	5,1±0,51	17,4±3,82
	Средние	31-40	39,3±2,30	12,2±0,75	3,6±0,76	3,3±0,89	4,4±0,38	23,5±3,75
	Крупные	41-50	41,4±2,60	12,6±1,56	4,5±0,92	4,8±0,64	5,2±0,49	30,9±3,48

Таблица 2

Химический состав печени и желудков керчаков

Table 2

Chemical composition of liver and stomach of sculpins

Вид рыбы	Содержание, %							
	в печени				в желудках			
	воды	белков	липидов	минеральных веществ	воды	белков	липидов	минеральных веществ
Керчак многоиглый	55,3-60,8	11,5-17,4	8,2-25	0,96-1,5	84,6-86,5	10,5-12,81	0,98-1,27	1,1-1,5
Керчак яок	53,8-60,7	11,0-16,9	8,0-16	1,0-1,4	83,9-87,2	10,3-12,46	1,02-1,3	1,21-1,38

Таблица 3

Химический состав голов, кожи и плавников керчаков

Table 3

Chemical composition of head, skin and flippers of sculpins

Сырье	Вода	Белки	Липиды	Минеральные вещества
Керчак многоиглый				
Головы	73,7±2,30	16,3±1,80	5,2±0,91	4,8±0,36
Кожа	76,4±3,10	21,2±1,50	0,8±0,78	1,6±0,42
Плавники	76,6±2,80	14,5±2,10	1,2±0,85	7,6±0,31
Керчак яок				
Головы	74,3±4,1	16,7±2,10	5,4±1,40	4,3±0,23
Кожа	77,1±3,7	22,5±1,70	1,2±0,85	2,1±0,31
Плавники	76,3±2,6	14,2±1,40	1,4±0,74	8,2±0,27

Анализ химического состава мышечной ткани показал, что керчаков можно отнести к столовым видам рыб, так как содержание липидов незначительное – 1,5 %, воды – в среднем 75 %, минеральных веществ – 1,1 % (рис. 5).

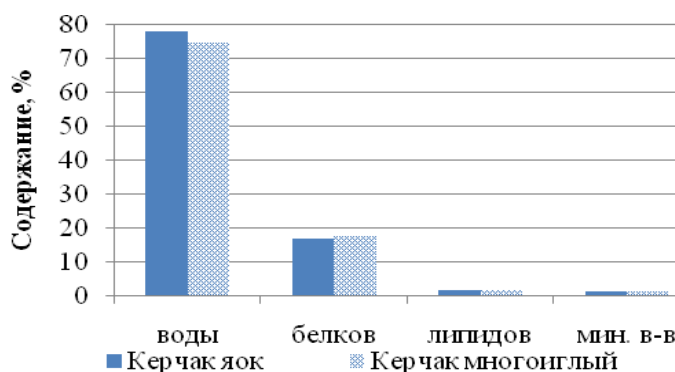


Рис. 5 Химический состав мышечной ткани керчаков
Fig. 5. Chemical composition of muscle tissue of sculpin

Исследования показали, что содержание тяжелых металлов находится ниже допустимого уровня и соответствует требованиям безопасности [3] (табл. 4, 5).

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в печени и желудке керчаков

Table 4

Content of hard metal in liver and stomach of sculpins

Сырье	Ртуть*	Мышьяк	Кадмий	Свинец
Печень	0,004	0,05	1,4	0,004
Желудок	0,002	0,05	0,001	0,03
ПДК	0,5	0,2	0,7	1,0

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани керчаков

Table 5

Content of hard metal in tissue of sculpins

Металл	Содержание в мышечной ткани, мг/кг	ПДК
Ртуть*	0,003*	0,5
Мышьяк	1,05	5
Кадмий	0,027	0,2
Свинец	0,002	1

Примечание. * – количество ртути выражено в мкг/г сырой массы.

Таким образом, установлено, что размерно-массовый и химический составы керчака многоиглого и керчака яока достаточно схожи. Большую часть составляют головы – до 46 %, вторичное сырье (печень, желудки, кожа кости и плавники) – до 20 %, внутренности – до 5 % и мышечная ткань – 20-28 %.

Анализ показал, что керчаков можно отнести к столовым видам рыб, так как содержание липидов составляет порядка 1,5 %.

Отмечено, что печень и головы отличаются высоким содержанием липидов, а желудки, кожа, кости и плавники богаты белками.

По содержанию тяжелых металлов исследуемые виды рыб соответствуют требованиям нормативной документации.

Список литературы

1. Винслав Ю.Б., Соколова Ю.Н. Состояние и тенденции развития рыбопромышленного комплекса / Рыб. пром-сть. – 2004. – № 2. – С. 2-4.

2. Диденко А.П. Технохимическая характеристика и рекомендации по рациональному использованию бычков / А.П. Диденко, Г.А. Боровская, Л.И. Дроздова, Н.А. Лаврова // Изв. ТИНРО. – 1983. – Т. 108. – С. 13-19.

3. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Введ.01.01.02. – М.: Минздрав России, 2002. – 120 с.

Сведения об авторах: Югай Алевтина Витальевна, кандидат технических наук,
e-mail: ale_chka@gambler.ru;

Слуцкая Татьяна Ноевна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отделения технологии переработки гидробионтов,
e-mail:vishnevskaya@tinro.ru;

Калиниченко Татьяна Петровна, кандидат технических наук.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 664.0

В.А. Голованец, Р.А. Кисельников, М.В. Голованец

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

КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕЧЕНИЯ И ГРАНУЛИРОВАНИЯ ВЯЗКИХ СРЕД НА ОСНОВЕ РЫБНОГО СЫРЬЯ

Приведены компоновка и принцип работы комплекса для исследования процесса течения и гранулирования неньютоновских сред на основе рыбного сырья в потоке с целью расчёта, оптимизации и повышения экономичности оборудования.

Ключевые слова: комплекс, реология, гранулирование, насос, течение, датчик давления.

V.A. Golovanets, R.A. Kiselnykov, M.V. Golovanets

COMPLEX FOR INVESTIGATION THE PROCESS OF STREAMING AND GRAINING VISCONS MEDIUM ON BASIS OF RAW FISH

Herein arranging and principle of complex work for investigation the process of streaming and graining of non - Newtonian medium on basis of raw fish in flow for the purpose of estimation, optimization and increasing efficiency of equipment.

Key words: complex, rheology, graining, pump, flow, pressure sensor.

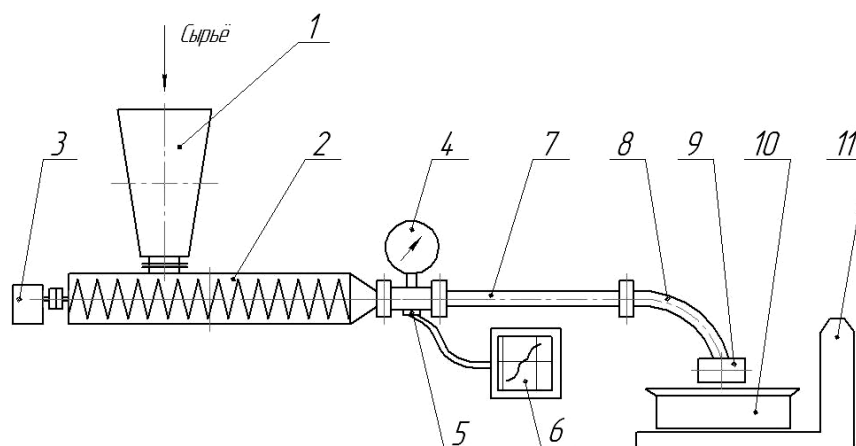
Как известно, гранулирование используют с целью увеличения объёмной массы продукта, прочностных характеристик частиц и как следствие для улучшения условий транспортирования, складирования, хранения, снижения риска самовозгорания, комкования, пылеобразования, экономии производственного объёма складских помещений.

На сегодняшний день не достаточно информации, в которой описывается процесс гранулирования вязких сред на основе рыбного сырья для производства расчётов технологического оборудования. В связи с этим нами был разработан комплекс для изучения процесса течения, гранулирования вязких сред на основе рыбного сырья, определения физических и реологических характеристик, необходимых для расчёта и оптимизации оборудования.

В состав комплекса входят аналитические весы типа ВЛА-200-М с разновесами ГОСТ 7328-82, набор термометров ГОСТ 215-57, влагомер «КЕТТ» модели F-1А, секундомер, набор гирь от 0,5 до 5 кг, металлическая бюкса с поршнем, набор алюминиевых бюкс с отверстием в дне от 2 до 8 мм.

Для исследования процессов течения вязких сред по трубам, процесса гранулирования нами была разработана конструкция установки (рисунок).

Сырьё различной влажности после измельчения, нагретое до необходимой температуры, поступает в бункер насоса, привод которого позволяет изменять производительность и давление прессования до 6 кг/см². На выходе из насоса установлено устройство для измерения и фиксации давления. Сырьё транспортируется по трубопроводу с диаметром до 50 мм со скоростью от 0,05 до 0,35 м/с, имеющему прямолинейный участок и участки с местными сопротивлениями (изгибы, конфузор, диффузор и т.д.), и поступает на разработанную нами гранулирующую головку, где формируется в гранулы квадратного сечения размером от 1 до 8 мм и собирается в ёмкость, установленную на весах.



Установка для исследования процесса течения и формования: 1 – бункер; 2 – насос; 3 – привод; 4 – манометр; 5 – датчик давления; 6 – прибор типа КСП-4; 7 – трубопровод; 8 – участок местного сопротивления; 9 – гранулирующая головка; 10 – ёмкость для сбора гранул; 11 – весы
 Aggregate for investigation the process of streaming and extrusion: 1 – bunker; 2 – pump; 3 – automatic drive; 4 – manometer; 5 – pressure sensor; 6 – device at the type of КСП-4; 7 – pipeline; 8 – section of local resistance; 9 – granulating die; 10 – container for granules collection; 11 – scales

Для определения компрессионных характеристик и изучения процесса гранулирования сырья при различных давлениях от 0,3 до 10 кг/см², а также определения некоторых реологических характеристик, таких как предельное напряжение сдвига (θ_0 , Па), вязкость (η_k , Па·с), эффективная вязкость при единичном значении скорости $\omega = 1$ м/с (β_0^x , Па·с), темп разрушения структуры (m) и индекс течения (n) используется ротационный визкозиметр системы профессора М.П. Воларовича РВ-8 и модифицированный конический пластометр КП-3.

Обработку полученных данных проводили графоаналитическим способом с использованием компьютера Asus N53S Series на базе процессора Intel i7 в операционной системе Windows 7 с использованием компьютерных программ Microsoft Office 2003 по известной методике [3].

На представленном комплексе могут быть получены данные по реологическим характеристикам исследуемого сырья, а также аналитические зависимости процессов течения, истечения, величины местных сопротивлений, которые могут быть использованы в реодинамических расчетах, при проектировании оборудования и технологических линий.

Список литературы

1. Горбатов А.В., Голованец В.А., Волчков В.И., Косой В.Д., Шепелев В.А. Измерение давления вязко-пластичных рыбных продуктов // Рыб. хоз-во. – 1979. – № 5. – С. 51-53.
2. Голованец В.А., Кисельников Р.А., Москвичёв Е.А. Устройство для измерения давления пищевых сред в технологических процессах // Современные тенденции развития перерабатывающих комплексов, пищевого оборудования и технологии пищевых производств: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – С. 94-96.
3. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 383 с.

Сведения об авторах: Голованец Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор;
 Кисельников Руслан Александрович, соискатель;
 Голованец Михаил Владимирович, аспирант.

УДК 637 : 664

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

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

КРУГЛЫЙ ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ПРИВОДНОЙ МЕХАНИЗМ

На основе анализа работы круглого эксцентрикового приводного механизма приведена модель его использования для просеивания сыпучих материалов.

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

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

ROUND ECCENTRIC DRIVE MECHANISM

Based on an analysis of the round eccentric drive mechanism is shown to use it to model granular materials sow.

Keywords: eccentric, drive mechanism, granular materials, sow.

Для приведения в колебательное движение короба с ситом, на котором находится просеиваемый материал, используются различные виды приводов. Это кривошипно-ползунный центральный механизм, кривошипно-ползунный нецентральный механизм, различные виды эксцентриков. Эти механизмы вращательное движение двигателя преобразуют в поступательное движение технологической поверхности.

Кривошипно-ползунный нецентральный механизм имеет преимущество перед центральным, так как позволяет уменьшить длину шатуна почти в два раза. Преимущество эксцентриковых механизмов перед кривошипно-ползунными состоит в том, что убираются такие звенья, как шатун и ползун.

Рассмотрим, как работает круглый эксцентрик (диск) радиуса r , который вращается против хода стрелки часов с угловой скоростью ω .

Расстояние от центра масс диска до его оси вращения (эксцентриситет) выберем последовательно равным части радиуса r : $e = \frac{r}{4}, \frac{r}{3}, \frac{r}{2}, \frac{2}{3}r, \frac{3}{4}r$ для последующего сравнения результатов. И дополнительно рассмотрим, как можно использовать эксцентрики для придания коробу с ситом колебательного движения.

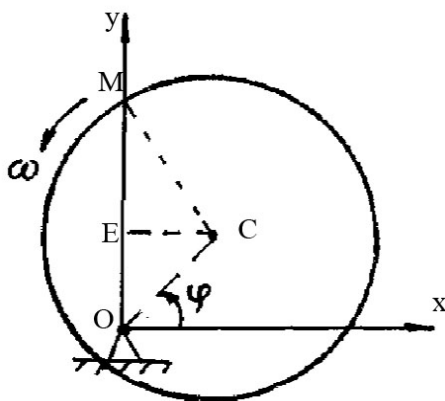


Рис. 1. Круглый эксцентрик
Fig. 1. Eccentric round

Изобразим круглый эксцентрик в произвольный момент времени в I четверти с любым эксцентриситетом и радиусом (рис. 1).

Начало осей координат совместим с осью вращения O . Точка M – это точка касания эксцентрика с технологической поверхностью. Определим ее координаты:

$$X_M = 0, Y_M = OE + EM = e$$

$$OE + EM = e \sin \varphi + \sqrt{r^2 - e^2 \cos^2 \varphi}, \text{ где } \varphi = \omega t .$$

Для различных значений эксцентриситета значения координаты Y_M определяются:

$$e = \frac{r}{4}, Y_M = \frac{r}{4} \left(\sin \varphi + \sqrt{16 - \cos^2 \varphi} \right);$$

$$e = \frac{r}{3}, Y_M = \frac{r}{3} \left(\sin \varphi + \sqrt{9 - \cos^2 \varphi} \right);$$

$$e = \frac{r}{2}, Y_M = \frac{r}{2} \left(\sin \varphi + \sqrt{4 - \cos^2 \varphi} \right);$$

$$e = \frac{2}{3}r, Y_M = \frac{r}{3} \left(2 \sin \varphi + \sqrt{9 - 4 \cos^2 \varphi} \right);$$

$$e = \frac{3}{4}r, Y_M = \frac{r}{4} \left(3 \sin \varphi + \sqrt{16 - 9 \cos^2 \varphi} \right).$$

Посчитаем величину координаты Y_M в моменты времени, когда $\varphi = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}$ в радиусах и эксцентриситетах. Полученные результаты поместим в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Значения Y_M в радиусах при различных эксцентриситетах эксцентрика

Table 1

Values of Y_M in the radius at various eccentricities of the eccentric

Угол φ	Эксцентриситет				
	$e = \frac{r}{4}$	$e = \frac{r}{3}$	$e = \frac{r}{2}$	$e = \frac{2}{3}r$	$e = \frac{3}{4}r$
$\varphi = \frac{\pi}{2}$	$\frac{5r}{4} = 1,25r$	$\frac{4r}{3} = 1,33r$	$\frac{3r}{2} = 1,5r$	$\frac{5r}{3} = 1,67r$	$\frac{7r}{4} = 1,75r$
$\varphi = \frac{3\pi}{2}$	$\frac{3r}{4} = 0,75r$	$\frac{2r}{3} = 0,67r$	$\frac{r}{2} = 0,5r$	$\frac{r}{3} = 0,33r$	$\frac{r}{4} = 0,25r$
Сумма	$2r$	$2r$	$2r$	$2r$	$2r$

Таблица 2

Значения Y_M в эксцентриситетах при различных эксцентриситетах эксцентрика

Table 2

Values of Y_M in the eccentricities at various eccentricities of the eccentric

Угол φ	Эксцентриситет				
	$e = \frac{r}{4}$	$e = \frac{r}{3}$	$e = \frac{r}{2}$	$e = \frac{2}{3}r$	$e = \frac{3}{4}r$
$\varphi = \frac{\pi}{2}$	$5e$	$4e$	$3e$	$2,5e$	$2,33e$
$\varphi = \frac{3\pi}{2}$	$3e$	$2e$	e	$0,5e$	$0,33e$
Разность	$2e$	$2e$	$2e$	$2e$	$2e$

Для сообщения коробу с ситом колебательного движения одного эксцентрика недостаточно. Для этих целей нужно использовать два эксцентрика, расположенных по концам сита. Эксцентрики располагают так, чтобы у одного конца точка касания находилась в своем наивысшем положении, а у другого – в наинизшем. С этой целью один из эксцентриков должен быть развернут относительно другого на 180° (рис. 2).

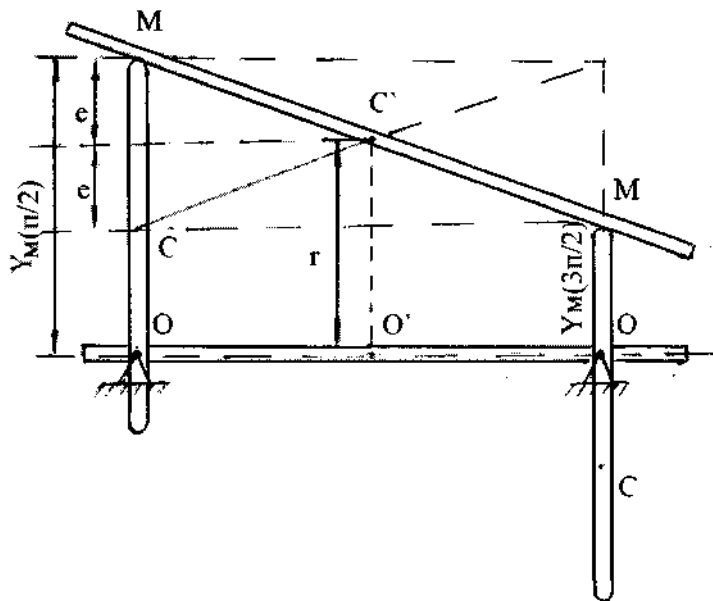


Рис. 2. Схема расположения сита, когда $e = \frac{r}{2}$ и точки M находятся в крайних положениях

Fig. 2. Lay-out of screen, when $e = \frac{r}{2}$ and when the points M in the extreme position

Амплитуда колебаний сита равна эксцентриситету эксцентрика. Это утверждение следует из соотношения

$$A = \frac{Y_M\left(\frac{\pi}{2}\right) - Y_M\left(\frac{3\pi}{2}\right)}{2} = e,$$

полученного по рис. 2 и проверенного по табл. 2.

На сите расположены неподвижные точки, следовательно, сито может быть подвешено на оси, проходящей через эти точки. Вокруг этой неподвижной оси сито будет совершать колебательное движение. На рис. 2 такой неподвижной точкой является точка C' . Расстояние этой точки от оси вращения эксцентриков равно r . Это расстояние определится по рис. 2:

$$O'C' = Y_M\left(\frac{\pi}{2}\right) - e = r.$$

Проверку этого соотношения можно провести по табл. 1.

Для улучшения схода материала ось, на которой будет подвешено сито, нужно наклонить под небольшим углом к горизонтали.

Из табл. 2 видно, что с увеличением эксцентриситета происходит увеличение амплитуды колебаний, так как $A = e$ при одном и том же значении радиуса r .

Чтобы изменить радиус эксцентрика, нужно заменить вал на новый с эксцентриками нужного радиуса.

Дополнительно просеивающую поверхность сита можно из плоской превратить в гофрированную. При этом гофры располагаем перпендикулярно движению просеиваемого материала, что параллельно его сходу.

В случае перфорированных стальных листов гофры получаем штамповкой на специальном приспособлении. В случае тканых сит волны получаем с помощью специальных струн, натянутых внутри короба на разной высоте.

Гофрированная поверхность сита будет способствовать лучшему разрыхлению просеиваемого материала. К тому же, применяя гофрированные сита, можно при сохранении площади просеивания уменьшить габариты короба.

Исследование работы круглого эксцентрикового приводного механизма приводит к следующим выводам:

- для сообщения коробу с ситом колебательного движения достаточно двух эксцентриков, развернутых на 180° ;
- короб с ситом подвешивается на неподвижной оси, проходящей через середину сита параллельно сходу материала. Ось наклонена под небольшим углом к горизонтали для улучшения схода;
- амплитуда колебаний сита вокруг указанной выше оси равна эксцентриситету приводных эксцентриков;
- расстояние неподвижной точки оси от оси вала, на который насажены эксцентрики, равно радиусу круглого эксцентрика;
- для изменения эксцентриситета и радиуса круглого эксцентрика нужно применять съемные валы;
- с увеличением эксцентриситета происходит увеличение амплитуды колебаний сита;
- применение гофрированной просеивающей поверхности вместо плоской способствует лучшему разрыхлению просеиваемого материала и уменьшению габаритов короба. Уменьшается к тому же площадь, занимаемая ситом в помещении;
- применение эксцентрикового привода исключает из эксплуатации такие части приводных механизмов, как ползун и шатун.

Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии / под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Логос; Высш. шк., 2003. – Кн. 2. – 1757 с.

Сведения об авторах: Григорьева Светлана Петровна, главный специалист ИЗО,
e-mail: spu_vl@lift.ru;
Юрченко Лилия Константиновна, доцент;
Пищулина Ирина Валентиновна, ст. преподаватель,
e-mail: stepka_53@mail.ru;
Бобылев Борис Константинович, кандидат технических наук, доцент.

УДК.665.937.6 : 66.084

В.И. Погонец, И.Х. ПешковДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ЧАСТИЦ АГАРА
ВО ВЗВЕШЕННО-ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ**

Проведены экспериментальные исследования сушки частиц агара на установке со взвешенно-закрученными потоками. Получены результаты по скорости витания частиц с учетом их размерных фракций, степени расширения слоя, изменению давления теплоносителя с учетом высоты кипящего слоя в камере сушки. Построены графические зависимости, анализ которых позволил выявить особенности кинетики и гидродинамики процесса сушки продукта.

Ключевые слова: исследования, сушка, кипящий слой, агар, кинетика, гидродинамика.

V.I. Pogonets, I.H. Pechkov**FEATURES OF DRYING OF THE PARTICLES OF AGAR
IN SUSPENSION-SWIRLING FLOWS**

Experimental studies of drying of the particles of agar on the installation of a balanced-twisted flows. Results are obtained for the velocity of soar of the particles according to their size fractions, the degree of bed expansion, changes in coolant pressure with the height of the fluidized bed in drying chamber. Graphical dependences were constructed and its analysis revealed features of the kinetics and hydrodynamics of a process of drying product.

Key words: research, drying, boiling layer, hydrodynamics, kinetics, agar.

В статье [5] описано гидродинамическое состояние кипящего слоя частиц агара при сушке во взвешенном состоянии. Дальнейшие наши исследования этих процессов позволили выявить особенности кинетики и гидродинамики сушки продукта, построить графические зависимости, а их последующий анализ дает возможность оптимизировать параметры применительно к производственному технологическому циклу.

Зависимость скорости витания частиц агара в камере сушки, представленная на рис. 1, построена по полученным экспериментальным данным. Из графика видно, что изменение величины скорости витания частиц зависит от их размеров и происходит по экспоненциальному закону.

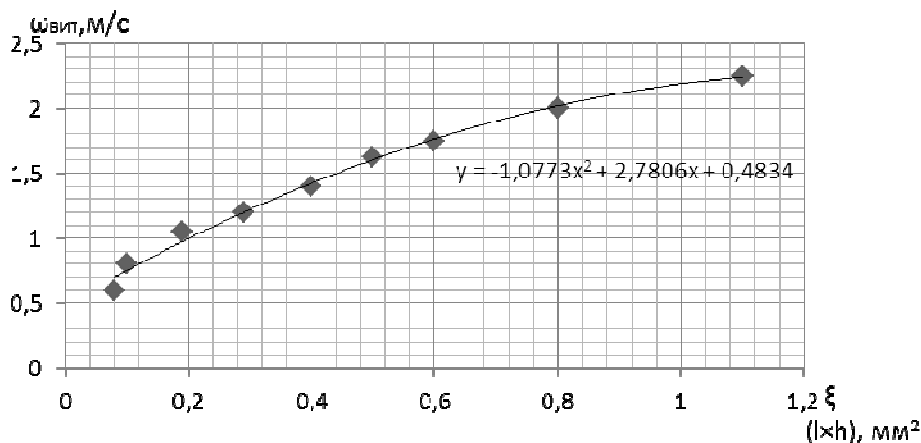


Рис. 1. Зависимость скорости витания частиц агара от их характерного размера ($l \times h$)
Fig. 1. Dependence of the velocity of soar of the particles of agar by their characteristic size ($l \times h$)

В связи с тем, что кипящий слой полидисперсных частиц агара обладает удерживающей способностью в отношении мелкой фракции и этим препятствует мгновенному уносу их из слоя при достаточно высоких скоростях теплоносителя, действительное значение второй критической скорости несколько выше. Поэтому полученные значения скорости витания могут служить верхним пределом существования кипящего закрученного слоя частиц агара.

Структура кипящего слоя агара является важной характеристикой, которая влияет на правильную организацию процессов сушки и охлаждения. Для достижения оптимальных условий проведения этих процессов необходимо обеспечить наибольшую поверхность межфазного контакта в единице рабочего объема, равномерное распределение взаимодействующих потоков по сечению камер сушки, устранение малоподвижных и застойных зон, если таковые появляются при непрерывной работе аппаратов.

Величиной, наиболее полно характеризующей структуру полидисперсного материала в кипящем слое, является его порозность. Увеличение порозности свидетельствует о расширении слоя, а величина объема в расширенном состоянии необходима для оценки интенсивности тепломассообмена и определения конструктивных размеров сушильных камер в сушильных аппаратах и установках. При неоднородном кипении величина порозности слоя в разных точках различна и не остается постоянной во времени вследствие барботажа теплоносителя или по причине образования неустойчивых каналов между кипящими твердыми частицами. Повышенное значение порозности из-за динамического возбуждения струй теплоносителя наблюдается над газораспределительной решеткой в зоне гидродинамической стабилизации. Основными параметрами, влияющими на её величину, являются конструкция используемой газораспределительной решетки, скорость теплоносителя, подаваемого в камеру сушки, и размер частиц агара. Величина зоны гидродинамической стабилизации оказывает существенное влияние на интенсивность процессов тепломассообмена. За этой зоной порозность частиц изменяется незначительно даже с повышением скорости теплоносителя.

Порозность слоя частиц агара в кипящем состоянии можно определить приближенно по формуле

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_{ОЧА}}{V_{КС}}, \quad (1)$$

где $V_{ОЧА}$ – объем частиц агара; $V_{КС}$ – объем кипящего слоя.

Для аналитических расчетов порозности кипящего слоя частиц при сушке различных материалов используют известные формулы, полученные разными авторами, которые приведены во многих литературных источниках [1, 2]. Однако применение этих формул для выявления границ существования кипящего слоя агара не позволяет с достаточной точностью определить его структурные характеристики. В этой связи у нас возникла необходимость экспериментальным путем исследовать эти изменения структуры кипящего закрученного слоя агара.

По полученным экспериментальным данным построены графические зависимости степени расширения полидисперсного слоя агара от скорости теплового агента и начальной высоты слоя $H = f(H_c, \omega)$, рис. 2.

Анализ полученных графических зависимостей показывает, что кривые расширения полидисперсного слоя агара с начальной высотой 200-250 мм воспроизводятся гораздо точнее и имеют меньшие отклонения от прямой расширения однородного слоя в диапазоне рабочих скоростей, чем для слоев с начальной высотой 50, 100, 150 мм. Это свидетельствует о повышении однородности полидисперсного слоя агара с увеличением его начальной высоты до 250 мм.

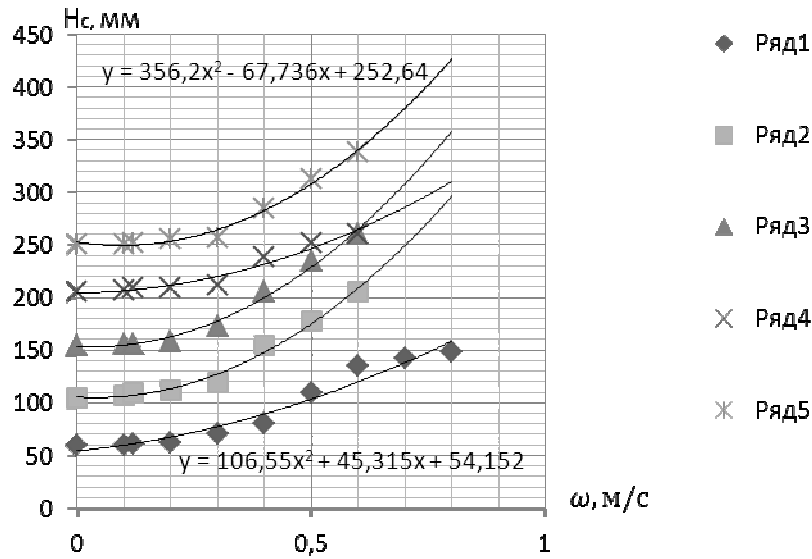


Рис. 2. Расширение полидисперсного слоя агара в зависимости от скорости подаваемого теплового агента и начальной высоты слоя в камере сушки: 1 – $H_c = 50$ мм; 2 – $H_c = 100$ мм; 3 – $H_c = 150$ мм; 4 – $H_c = 200$ мм; 5 – $H_c = 250$ мм

Fig. 2. Expansion of polydisperse layer of agar depending on the speed of the heat supplied agent and the initial height of the layer in the drying chamber: 1 – $H_c = 50$ mm; 2 – $H_c = 100$ mm; 3 – $H_c = 150$ mm; 4 – $H_c = 200$ mm; 5 – $H_c = 250$ mm

Однако чрезмерное увеличение высоты слоя при увеличивающемся значении диаметра конической камеры способствует снижению перемешивания. Об этом можно судить на основании анализа эмпирического уравнения, полученного для усредненной частицы агара,

$$(l \times h) \approx 0,3 \times 0,35 \text{ мм}; \quad \frac{H_c}{\left(\frac{D}{d}\right)} \geq 3,5; \quad W \leq 3:$$

$$S = 1 + \frac{\left(0,075 + 0,056 \frac{H_c}{\left(\frac{D}{d}\right)}\right)}{W - 1,15} (6,5 - (l \times h)), \tag{2}$$

где H_c – высота слоев в неподвижном состоянии, м; D – диаметр верхнего большего основания конической сушильной камеры, м; d – диаметр нижнего меньшего основания конической сушильной камеры, м; W – число псевдооживления; $(l \times h)$ – усредненный размер частицы агара, мм.

Из литературных источников [1,3] известно, что чем ближе значение параметра S к единице, тем перемешивание более интенсивное, а режим в аппарате приближается к режиму идеального перемешивания. Поэтому мы проводили исследования процесса псевдооживления в интервале высот неподвижного слоя частиц материала, наиболее часто встречающегося в промышленных аппаратах.

При расчете конструктивных параметров сушильных аппаратов, предназначенных для проведения процессов сушки и охлаждения материалов в кипящем слое, а также для оценки интенсивности тепло- и массообменных процессов, необходимо знать объем слоя в псевдооживленном состоянии.

На рис. 3 приведена функциональная зависимость степени расширения слоя частиц агара от числа псевдооживления $\frac{H}{H_C} = f\left(\frac{\omega}{\omega_{кр}}\right)$, полученная на основании экспериментальных исследований.

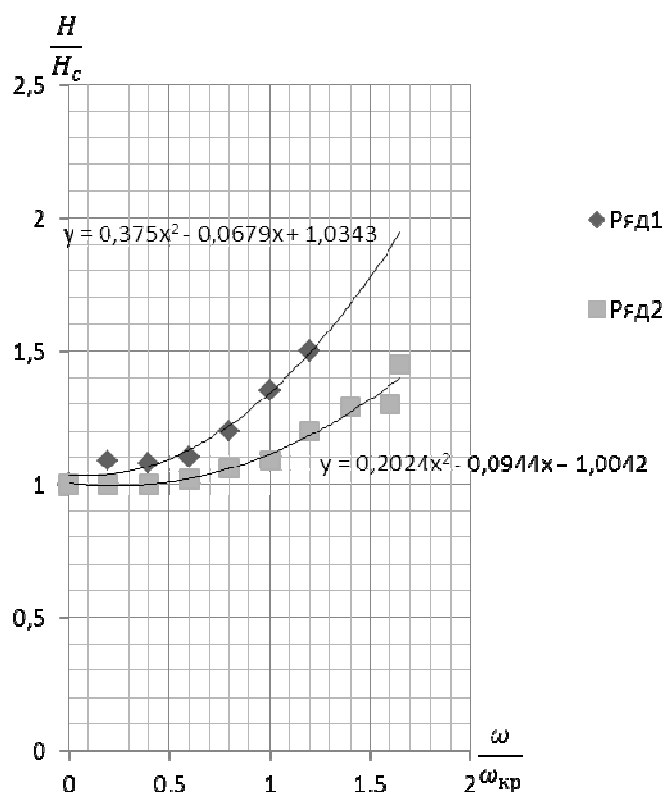


Рис. 3. Степень расширения полидисперсного слоя агара в зависимости от числа псевдооживления при различной начальной высоте слоя: 1 – $H_C = 50$ мм; 2 – $H_C = 250$ мм

Fig. 3. The degree of expansion of polydisperse layer of agar according to the number of fluidization at different initial bed height: 1 – $H_C = 50$ mm; 2 – $H_C = 250$ mm

Она показывает, что расширение слоя происходит еще до перехода его в псевдооживленное состояние. Более интенсивно подвергается расширению слой с наименьшей начальной высотой 50 мм. Так, при числе псевдооживления, равном 1, величина степени расширения равна для слоев с начальной высотой 50, 100, 150, 200, 250 мм, соответственно, 1,34; 1,18; 1,13; 1,11; 1,08. При увеличении числа псевдооживления расширение полидисперсного слоя агара в диапазоне рабочих скоростей происходит по линейному закону и определяется уравнением (3), полученным нами при математической обработке экспериментальных данных.

$$\frac{H}{H_C} = 10^{-2,75} H_C^{1,12} \cdot 12,95 \cdot H_C^{-0,56} \cdot \frac{\omega}{\omega_{кр}} \quad (3)$$

Анализ полученного уравнения показывает, что с изменением начальной высоты слоя от 50 до 250 мм уменьшение коэффициента при числе псевдооживления и увеличение значения свободного члена свидетельствуют о повышении концентрации частиц агара в единице объема слоя, а также о более равномерном ее распределении по высоте расширенного слоя. Это подтверждается построенными по экспериментальным данным графиками зависимости изменения распределения давления от концентрации материала по высоте слоя, представленными на рис. 4.

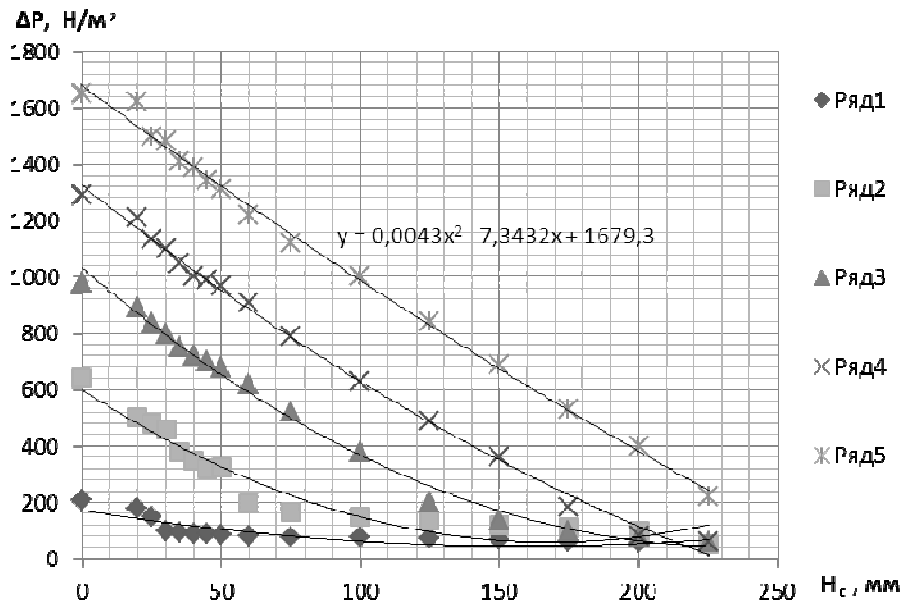


Рис. 4. Изменение давления теплового агента по высоте псевдооживленного слоя при различной начальной высоте слоя частиц агара и скорости потока воздуха:
 1 – $H_c = 50$ мм; $\omega = 0,20$ м/с; 2 – $H_c = 100$ мм; $\omega = 0,45$ м/с; 3 – $H_c = 150$ мм; $\omega = 0,8$ м/с;
 4 – $H_c = 200$ мм; $\omega = 0,5$ м/с; 5 – $H_c = 250$ мм; $\omega = 0,6$ м/с

Fig. 4. The pressure change of the thermal agent in height of fluidized bed at different initial height of the layer particles agar and air flow rate:
 1 – $H_c = 50$ mm; $\omega = 0,20$ m/s; 2 – $H_c = 100$ mm; $\omega = 0,45$ m/s; 3 – $H_c = 150$ mm; $\omega = 0,8$ m/s;
 4 – $H_c = 200$ mm; $\omega = 0,5$ m/s; 5 – $H_c = 250$ mm; $\omega = 0,6$ m/s

Для полидисперсного слоя при скоростях теплоносителя, соответствующих режиму фильтрации, распределение давления в слое подчиняется прямолинейному закону [1, 2, 4]. В псевдооживленном слое с числом псевдооживления меньше двух, т.е. в диапазоне рабочих скоростей, распределение давлений по высоте слоя от нуля до максимального значения H_c подчиняется линейному закону, а от H_c до H – экспоненциальному.

Однородность слоя оживаемого материала зависит от свойств продукта, конструктивных параметров камер сушки аппаратов, параметров оживающего агента и технологических требований процесса [1, 2]. Мерой однородности может служить изменение структуры слоя по высоте. Проведены исследования влияния величины удельной нагрузки агара на газораспределительную решетку в рабочем диапазоне скоростей, а также величины рабочей скорости на изменение структуры кипящего слоя агара. Критерием изменения

структуры служит отношение $\frac{P_{MAX}}{P_{CP}}$.

На рис. 5 показано изменение величины $\frac{P_{MAX}}{P_{CP}}$ в зависимости от расстояния от решетки до точки замера показания давления при разных удельных нагрузках материала на газораспределительную решетку. Рабочие скорости при этом представляли собой средние величины, при которых были получены соответствующие давления теплового агента по высоте слоя.

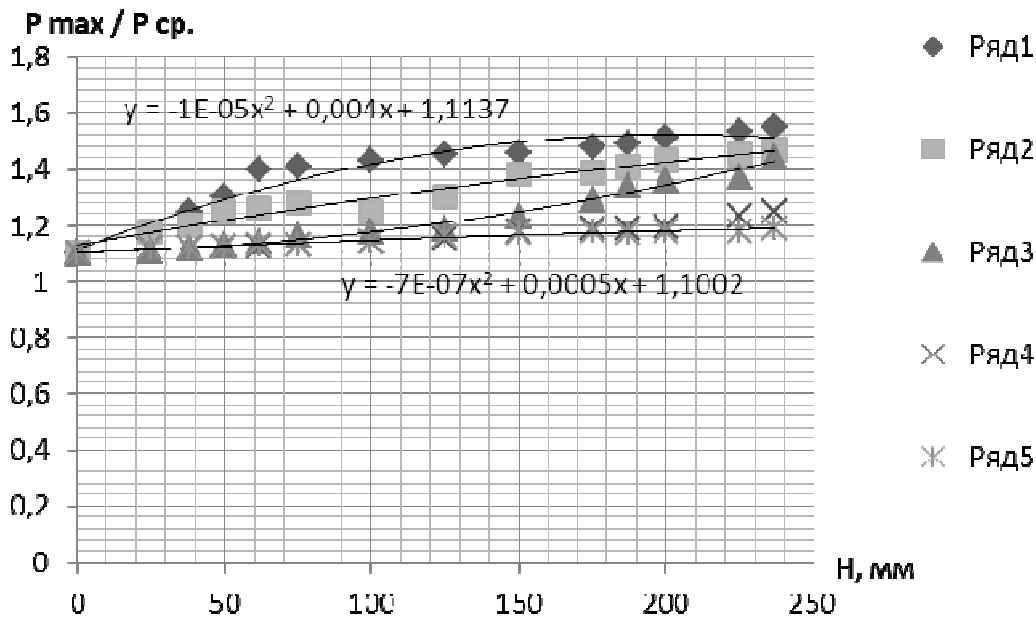


Рис. 5. Изменение величины $\frac{P_{MAX}}{P_{CP}}$ по высоте кипящего слоя агара: $1 - \frac{G}{F} = 350 \text{ Н/м}^2$;

$$\omega = 0,35 \text{ м/с}; 2 - \frac{G}{F} = 700 \text{ Н/м}^2; \omega = 0,45 \text{ м/с}; 3 - \frac{G}{F} = 1000 \text{ Н/м}^2; \omega = 0,45 \text{ м/с};$$

$$4 - \frac{G}{F} = 1375 \text{ Н/м}^2; \omega = 0,5 \text{ м/с}; 5 - \frac{G}{F} = 1725 \text{ Н/м}^2; \omega = 0,6 \text{ м/с}$$

Fig. 5. The variation in height $\frac{P_{MAX}}{P_{CP}}$ of fluidized bed of agar: $1 - \frac{G}{F} = 350 \text{ N/m}^2$; $\omega = 0,35 \text{ m/s}$;

$$2 - \frac{G}{F} = 700 \text{ N/m}^2; \omega = 0,45 \text{ m/s}; 3 - \frac{G}{F} = 1000 \text{ N/m}^2; \omega = 0,45 \text{ m/s}; 4 - \frac{G}{F} = 1375 \text{ N/m}^2;$$

$$\omega = 0,5 \text{ m/s}; 5 - \frac{G}{F} = 1725 \text{ N/m}^2; \omega = 0,6 \text{ m/s}$$

Как видно из графика, неоднородность псевдооживленного слоя по высоте при удельной нагрузке 350 Н/м^2 является наибольшей. Дальнейшее увеличение удельной нагрузки, в пределах исследуемой, повышает степень однородности по высоте слоя. С увеличением высоты от $c \cdot H_c$ неоднородность слоя увеличивается. Таким образом, увеличение удельной нагрузки агара на газораспределительную решетку способствует образованию более однородной структуры кипящего слоя.

Анализ однородности и равномерности псевдооживления полидисперсного слоя агара позволяет оценить качество псевдооживления, а также выбрать наиболее оптимальный гидродинамический режим для осуществления тепломассообменных процессов.

Список литературы

1. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдооживления. – М.: Химия, 1967. – 664 с.
2. Гинзбург А.С., Резчиков В.А. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. – М.: Пищ. пром-сть, 1970. – 196 с.
3. Ким Э.Н., Лаптева Е.П., Климова Е.Ю. Исследование процесса сушки гидробионтов // Исследования Мирового океана: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – С. 616.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
5. Погонец В.И. Гидродинамические характеристики и диапазон существования кипящего закрученного слоя дисперсных частиц агара при сушке // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – Вып. 25. – С. 263-266.

Сведения об авторе: Погонец Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, e-mail: pogonetsvi@mail.ru.

Пешков Иван Харитонович, аспирант.

УДК 637.56.002.5(075.8)

А.А. Тушко¹, В.В. Максимов²

¹Институт технологии и бизнеса,
692903, г. Находка, ул. Дальняя, 14

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ДИНАМИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ МАШИНЫ

Предложено конструктивное решение динамического уравновешивания вибрационной сортировочной машины, состоящей из горизонтального виброориентатора и двух сортировочных решеток, расположенных по обе стороны виброориентатора. Привод виброориентатора состоит из четырех вибровозбудителей, причем крайние развернуты на 180° относительно средних. Привод сортировочных решеток представляет собой вал, на концах которого насажены эксцентрики и эксцентрикковые втулки, развернутые относительно друг друга на 180°. Эксцентрики соединены с левой решеткой, а эксцентрикковые втулки - с правой через кинематические связи.

Ключевые слова: *вибрация, уравновешивание, ориентатор, сортировочная решетка, эксцентрик.*

A.A. Tushko, V.V. Maksimov

DINAMIC LEVEL VIBRATION SORTING MACHINE

The construction solution dinamic level vibration sorting machine of horizontal vibroorient and two sorting grating of two side vibroorient. Vibroexcfteament orient of consist four vibroexcfteament, what have unfold on 180° apply to middle. Lead to sorting grating produce to collection shaft on and which eccentrics and escenic implant. Unfold each other on 180°. Escentrics contents with left grating, that is escentrics implant with right grating across cinematic tie.

Key words: *vibration, level, orientation, sorting grating, ecxentric.*

Сортирование рыбы по размерам является одной из операций первичной обработки рыбы. Данный процесс необходим для обеспечения качественной работы рыбообделочных машин, обрабатывающих рыбы определенных видов и размеров, и особенно тех машин, которые не имеют автоматической настройки перемещения режущих инструментов на оптимальный рез с целью экономичной разделки.

Предварительное сортирование рыбы на размерные фракции повышает выход сырья после разделки и улучшает ее качество [1].

Практически во всех сортировочных машинах используется косвенный метод измерения, когда размер колеблющейся щели, через которую проходит рыба определенной фракции, определяется ее линейными (промысловыми) размерами [2].

Вибрационные сортировочные машины в силу простоты устройства, обслуживания, возможности совмещения технологических операций с транспортными следует считать перспективными [1].

Однако их промышленное применение сдерживается несовершенством конструкции и динамической неуравновешенностью, которая снижает долговечность машины, вызывает повышенный шум при их работе, а также наряду с вынужденными колебаниями рабочих органов возникают собственные колебания других элементов конструкции машины.

С целью устранения указанных выше недостатков нами предложено принципиально новая схема сортировочной машины [3] (рис. 1).

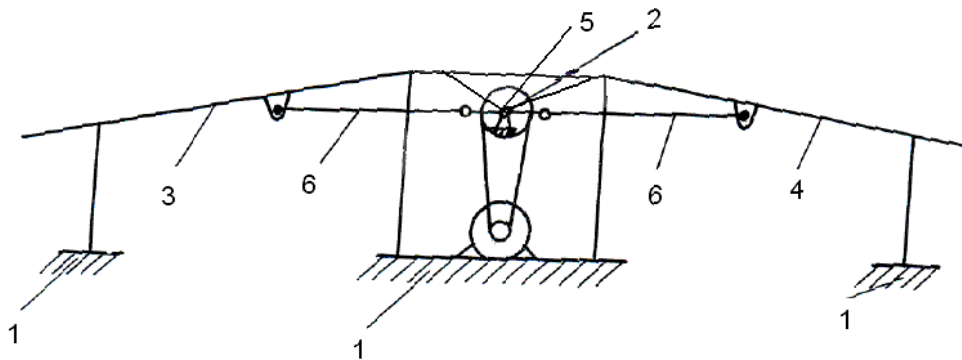


Рис. 1. Принципиальная схема сортировочной машины
 Fig. 1. Principle scheme sorting machine

Машина состоит из станины 1, горизонтального виброориентатора 2 и двух наклонных сортировочных решеток 3 и 4, расположенных по обе стороны ориентатора. Виброориентатор совершает гармонические колебания с определенной амплитудой и частотой от привода 5, а обе сортировочные решетки – от единого эксцентрикового привода 6. Сортировочные решетки связаны со станиной посредством гибких элементов.

На рис. 2 представлена принципиальная схема приводного вала эксцентрикового привода сортировочных решеток. Вал 1 укреплен в подшипниковых опорах 2 и получает вращение от электродвигателя через ременную передачу 3. Эксцентрики 4 привода двух сортировочных решеток размещены на концах вала. Вал снабжен эксцентриковыми втулками 5, насаженными на эксцентрики 4, а кинематическая связь с сортировочными решетками выполнена в виде шатунов 6 и 7, один из которых 6 установлен на эксцентриках, а другие шатуны 7 - на эксцентриковых втулках. Эксцентрики 4 и эксцентриковые втулки 5 имеют одинаковый эксцентриситет l и l' и расположены в противофазе.

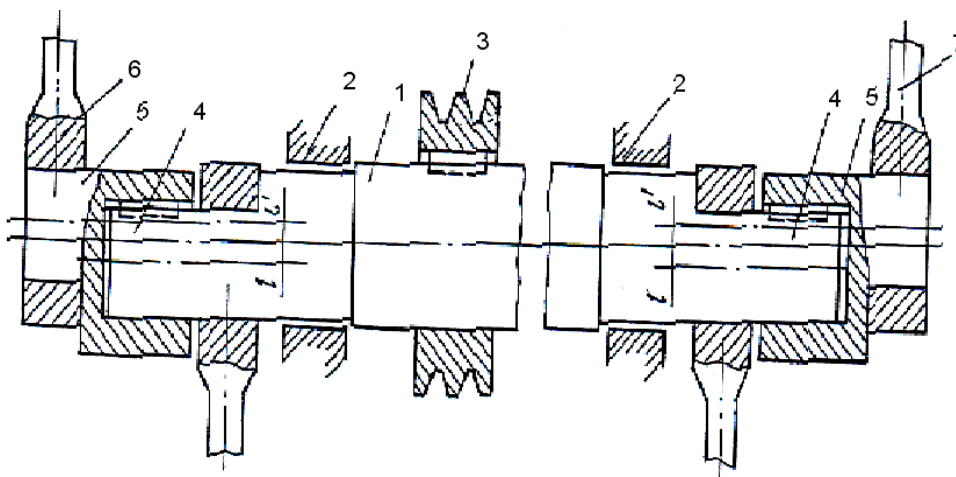


Рис. 2. Принципиальная схема приводного вала
 Fig. 2. Principle scheme bring shaft

Динамическое уравнивание осуществляется за счет того, что правая и левые сортировочные решетки имеют одинаковую массу, колеблются в противофазе и возникающие силы инерции от вынужденных колебаний решетки взаимно уравниваются, так как численно

$$C = m_1 \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \cos \cdot \omega \cdot t = m_2 \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \cos \cdot \omega \cdot t ,$$

где m_1, m_2 – соответственно равные массы левой и правой решеток; A – амплитуда колебаний; ω – частота колебаний; t – текущее время.

На рис. 3 представлена принципиальная схема виброориентатора. Ориентатор содержит станину 1, на которой размещены вибровозбудители 2 и соединенные через шатуны 4 рабочие плоскости виброориентаторов 5. Вибровозбудитель через вал 6 и эксцентрик 7 связан с рабочими плоскостями виброориентатора. Привод вала осуществляется от электродвигателя 9 через ременную передачу и редуктор 8 [4].

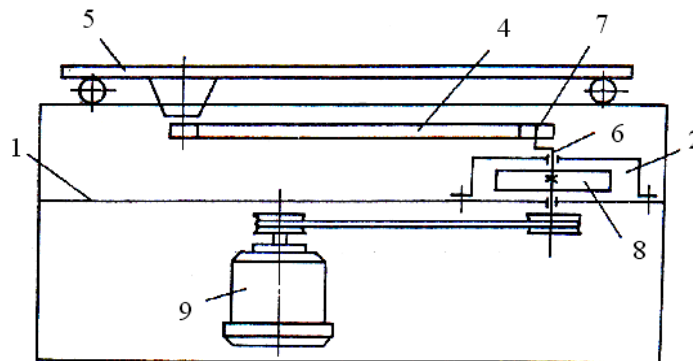


Рис. 3. Принципиальная схема виброориентатора
Fig. 3. Principle scheme vibroorient

На рис. 4 приведена принципиальная схема вибровозбудителей, связанных с рабочими плоскостями виброориентатора. Вибровозбудители 2 и 3 выполнены в виде расположенных перпендикулярно корпусу валов с эксцентриками, связанных между собой шестернями 7. Вибровозбудители 1 и 2 кинематически соединены с четырьмя рабочими плоскостями ориентатора 5 через шатуны 4.

Два крайних вибровозбудителя 2 развернуты на 180° относительно средних вибровозбудителей 3.

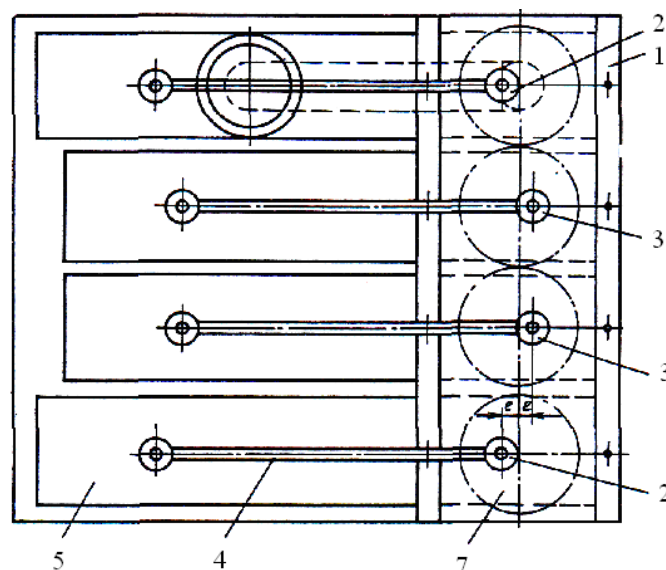


Рис. 4. Принципиальная схема вибровозбудителей
Fig. 4. Principle scheme excftement

На рис. 5 представлено изменение инерционной силы, возникающей от колебаний двух крайних плоскостей виброориентатора и двух его средних рабочих плоскостей, а также результирующая сила инерции, возникающая при совместном колебании четырех плоскостей виброориентатора.

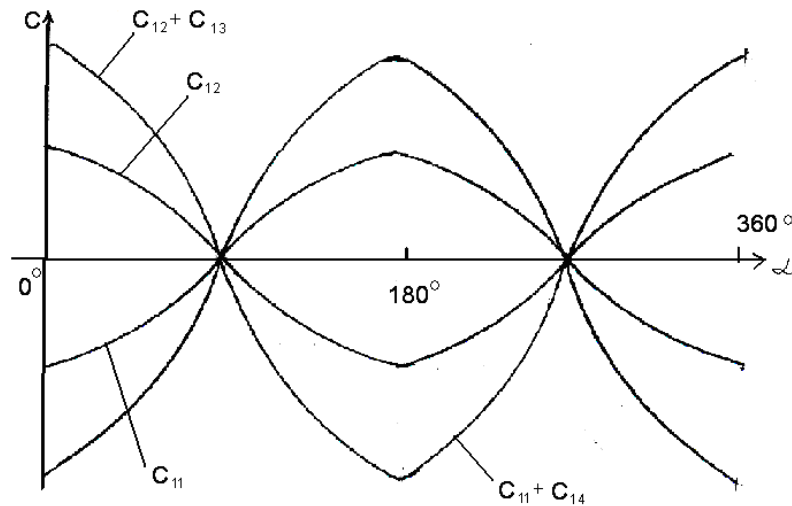


Рис. 5. Изменение инерционной силы
Fig. 5. Bisbalans inertia power

На рис. 5 C_{11} – сила инерции первой секции; C_{12} – сила инерции второй секции; C_{13} – сила инерции третьей секции; C_{14} – сила инерции четвертой секции.

Сила инерции, возникающая от колебаний одной плоскости ориентатора:

$$C_1 = \frac{m_1}{4} A_1 \cdot \omega_1 \cdot \cos \cdot \omega_2 \cdot t ,$$

где m – масса ориентатора; A_1 – амплитуда колебаний ориентатора; ω_1 – частота колебаний ориентатора; t – текущее время.

Из рис. 5 видно, что общие инерционные силы, возникающие от колебаний крайних плоскостей ориентатора, взаимно уравновешиваются силами инерции, возникающими от колебаний средних плоскостей ориентатора, а результирующая сила инерции имеет значение

$$C_2 = \frac{m_1}{2} A_1 \cdot \omega_1 \cdot \cos \cdot \omega_1 \cdot t .$$

Так как мощность на привод ориентатора равна

$$N = \frac{C_2 \cdot v}{102} = \frac{C_2 \cdot A_1 \cdot \omega_1}{102} ,$$

где v – линейная скорость колебаний ориентатора, то происходит уменьшение расхода энергии на привод ориентатора в два раза.

Предложенные приводы обеспечивают устойчивую работу сортировочных решеток и ориентаторов за счет удачной компоновки их приводов, динамического уравновешивания

обеих сортировочных решеток и четырех секций ориентатора, совершающих гармонические колебания с различными параметрами. Это приводит к повышению надежности и долговечности работы вибрационных сортировочных машин.

Предложенное конструктивное решение привода сортировочных решеток использовано при проектировании сортировочной машины Н28-ИСА, которая внедрена в эксплуатацию на ряде рыбоперерабатывающих предприятий Сахалинрыбпрома [1].

Список литературы

1. Поспелов Ю.В. Механизированные рыбообделочные линии рыбообработывающих производств. – М.: Агропромиздат, 1987. – 188 с.
2. Тушко А.А. Комплексная механизация сортирования рыбы по размерам // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток. Дальрыбвтуз, 1996. – Вып. 8. – С. 150-155
3. А.с. 904804 СССР. Вибрационная установка / А.А. Тушко, Ю.В. Поспелов, И.С. Иванченко, В.А. Балихин; опубл. в БИ, 1982, Бюл. № 6. – 2 с.
4. А.с. 937048 СССР. Вибромашина / Ю.В. Поспелов, А.А. Тушко, В.И. Белый; опубл. в БИ, 1982, Бюл. № 23. – 2 с.

Сведения об авторах: Тушко Александр Андреевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: Andr48@mail.ru;

Максимов Вячеслав Вадимович, кандидат технических наук, доцент.

УДК 662.02 + 614.31

С.Д. Угрюмова, И.В. Панюкова, Н.А. БарташевичДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ОСОБЕННОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ ИЗ НАСАДОЧНОГО УСТРОЙСТВА
С ТУРБУЛИЗУЮЩИМИ ВСТАВКАМИ**

Эффект налипания масляной пленки на внутреннюю поверхность пресса уменьшается путем увеличения скорости подачи струи размывающей жидкости и усовершенствованием конструкции насадочного устройства, предусматривающего использование спиральных, вибрационных вставок и перегородок в проточной части подающего шланга.

Ключевые слова: масляная пленка, суммарная скорость, насадочное устройство.

S.D. Ugryumova, I.V. Panjukova, N.A. Bartashevich**FEATURES OF THE EXPIRATION OF THE LIQUID FROM DEVICES
WITH INSERTS**

The effect of sticking of an oil film decreases for an internal surface of a press by increase in speed of giving of a stream of a washing away liquid and design improvement the device providing use of spiral, vibrating inserts and partitions in a flowing part of the submitting hose.

Keywords: an oil film, total speed, the device.

В рыночной экономике наиболее привлекательной и конкурентоспособной растениеводческой культурой для Приморского края является соя.

Семена сои состоят в среднем на 37-39 % из белков, на 17-20 % – из жиров и на 22-35 % – из углеводов. Человек в своем меню использует 160 блюд из сои. В Китае считают, что блюда из сои обладают целительной силой.

Производство соевого масла в условиях фермерско-крестьянского хозяйства позволяет производить прекрасный товар, пользующийся высоким спросом – соевое масло, и готовить жмых как ценный корм для животных.

Соевое масло по своим пищевым качествам и жирокислотному составу соответствует требованиям, предъявляемым к растительным маслам, рекомендуемым для питания и лечебно-профилактического использования, сопоставимо с высшими сортами растительных масел (оливковым, кукурузным и др.), обеспечивает организм жирными кислотами – линолевой и линоленовой, – необходимыми для полноценного питания. Соевое масло предпочтительно не только благодаря его функциональным и питательным свойствам, но и потому, что для мирового рынка оно является обильным экономичным источником пищевого масла с устойчивыми качествами.

Современные технологии производства растительных масел включают в себя операции подготовки семян к переработке и хранению; подготовительные операции, связанные с подготовкой семян к извлечению масла; операции маслоотделения прессованием или экстракцией; операции первичной и комплексной очистки масла.

Для сельскохозяйственного производителя, такого как крестьянское хозяйство, которому необходимо произвести товар – соевое масло – и обеспечить собственное животноводство качественным кормом, оптимален способ извлечения масла прессованием.

При эксплуатации маслоотжимающих прессов особое внимание уделяется обработке труднодоступных мест, рабочих органов, отверстия в которых забиваются продуктом, а также лотков и форм, в которых при прессовании продукт налипает на внутреннюю по-

верхность. Современная технология производства растительного масла характеризуется наличием в загрязнении высокого содержания не только влаги, но и растительного жира с высокой точкой плавления: в зависимости от вида технологического оборудования, используемого при производстве соевого масла.

В процессе переработки семян сои такие составляющие, как жир, минеральные соли вместе с уже отжатым маслом осаждаются на внутренней поверхности пресса в виде пленок или слоев, представляющих собой гомогенную фазу. Состав этих слоев загрязнений зависит от вида перерабатываемого исходного сырья и условий его переработки. На структуру загрязнений кроме адсорбционных свойств влияют также периодичность и качество проводимой обработки оборудования и состав моющих средств, используемых в процессе мойки и дезинфекции.

Загрязнения на поверхности оборудования, соприкасающегося с высокожирным сырьем, отличаются мажущей маслянистой консистенцией, прочно адсорбированной на поверхности и практически не удаляемой водой температурой ниже 30 °С.

На наружных и внутренних поверхностях пресса и автоматов фасовки и розлива масла обнаруживаются, кроме жира, техническое масло и различного рода механические примеси. В составе этих примесей чаще всего встречаются взвешенные в воздухе частицы атмосферной и производственной пыли, постоянно присутствующей во влажных производственных помещениях с системой приточно-вытяжной вентиляции. Известно, что металлические поверхности легко смачиваются полярными жидкостями, к которым в первую очередь относится вода (влаги), являющаяся фактически сорбентом частиц пыли на поверхности оборудования [1, 3].

Для обработки внутренних стенок пресса нами разработана механизированная установка, состоящая из напорного трубопровода для подачи моющего раствора, пистолета с насадочной головкой, позволяющего увеличивать угол распыла и длину подачи струи жидкости в проточной части пресса.

В настоящем исследовании рассматриваются так называемые «закрученные» потоки жидкостей, образующиеся, например, при вводе потока в трубу через тангенциальные касательные к внутренней поверхности трубы каналы. В таком потоке жидкость совершает поступательно-вращательное движение, т.е. одновременно с движением вдоль оси трубы вращается моющая жидкость дополнительно вокруг оси трубы. Такое же течение наблюдается и при обработке внутренней поверхности пресса по завершении технологического процесса. Скорость поступательного движения жидкости вдоль оси трубы в дальнейшем обозначается через w_o , а скорость вращательного движения – через w_ϕ . Линии тока, как показали визуальные наблюдения, имеют форму винтовых линий.

Вихревые движения жидкости возникают в различного рода центробежных устройствах – центробежных форсунках, проточных центрифугах, центробежных холодильниках и т.п.

Из сказанного видно, что при поступательно-вращательном течении жидкости по трубе наблюдаются две области движения. Собственно жидкость течет в кольцевом зазоре, прилегающем к стенкам трубы и заключенном между радиусом трубы $D/2$ и радиусом вихря r_v . Внутри этого кольцевого зазора жидкость движется вдоль трубы со скоростью w_o и вращается со скоростью w_ϕ , удовлетворяющей условию сохранения момента скорости. Вдоль оси трубы образуется цилиндрическая полость радиусом r_v . В этой полости жидкости нет; она или пуста, или заполнена воздухом (в том случае, когда труба сообщается с атмосферой); если учесть способность жидкостей испаряться, то будет ясно, что в этой полости будут находиться также пары жидкости. Заполняющие полость воздух или пары жидкости вращаются со скоростью, равной ar , т.е. как твердое тело; по этой причине полость называют воздушным или паровым вихрем.

При вязком течении моющего раствора действует направленная противоположно движению сила вязкости, характеризуемая коэффициентом сопротивления ζ . Вследствие этого давления жидкости вдоль трубы (насадочного устройства) можно описать уравнением вида:

$$\frac{dp}{dl} = -\frac{\xi w^2}{2vD}. \quad (1)$$

где p – давление, Н/м²; l – длина участка, м; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления; w – скорость, м/с; D – диаметр трубы, м.

Из-за действия сил вязкости будет также убывать вдоль трубы и момент скорости $M = w_{\varphi} r$.

Чтобы найти уравнение для изменения скорости поступательного движения жидкости по трубе, рассмотрим изменение количества движения жидкости на участке трубы длиной dl . Радиус вихря при вязком течении по трубе является переменной величиной; на участке трубы dl он изменяется на величину dr_{ϵ} , а сечение кольцевого зазора, через который течет жидкость, соответственно на $2\pi r_{\epsilon} dr_{\epsilon}$. Вследствие этого количество движения жидкости вдоль оси трубы изменится за единицу времени на величину $\frac{w^2}{\nu} 2\pi r_{\epsilon} dr_{\epsilon}$. Но изменение количества движения должно равняться импульсу действующих за то же время сил, т.е. силам давления и сопротивления.

Поступательная скорость жидкости при поступательно-вращательном течении жидкости из насадочного устройства не может непрерывным образом перейти через значение

скорости $w_0 = w_{\varphi} \sqrt{\frac{\frac{D^2}{4} - r_{\epsilon}^2}{2r_{\epsilon}^2}}$, и эта скорость представляет собой предельную, или критическую, скорость течения жидкости.

В данной трубе скорость поступательного движения жидкости может достигнуть лишь этого критического значения, но не более; по достижении критического значения скорости движение жидкости из стационарного превращается в пульсирующее. Участок шланга, на котором достигается критическая скорость, называется предельной длиной шланга.

Коэффициент сопротивления ξ в случае поступательно-вращательного течения жидкости определяется формулой

$$\xi = \frac{n'}{\text{Re}^m \left(1 - \frac{2r_{\epsilon}}{D}\right)^{1+m}}, \quad (2)$$

где n' – численный коэффициент; Re – число Рейнольдса wD/ν ; а показатель степени m при числах Рейнольдса до 10^3 равняется $\frac{1}{4}$ [2, 5].

Задача сводится к интенсификации движения вязкой жидкости у твердой поверхности, т.е. к турбулизации пристенного пограничного слоя, толщина которого увеличивается в зависимости от налипания слоя масла на внутреннюю поверхность пресса. Турбулизация пограничного слоя может быть достигнута не только за счет увеличения скорости набегающего потока, но и за счет колебания потока, а также за счет движения поверхности (вращение, вибрация поверхности). Так, при вращении цилиндра в неограниченном объеме частицы жидкости вследствие вязкости вовлекаются в круговое движение. Частицы жидкости, находящиеся на поверхности, движутся с такой же скоростью, с какой вращается контур цилиндра; по мере удаления от поверхности скорость движения жидкости уменьшается, а вдали от нее практически отсутствует. Вращение цилиндра приводит к значи-

тельному увеличению скорости его обтекания. При этом увеличение скорости не сопровождается повышением гидравлического сопротивления, определяемого формой тела. Таким образом, приращение может быть использовано как один из способов интенсификации переноса тепловой энергии [4].

Суммарная скорость моющего раствора может быть определена как

$$w_c^2 = w_o^2 + w_\varphi^2 + w_{\text{вибр.}}^2. \quad (3)$$

Эффективная скорость составит, м/с:

$$w_c = \sqrt{w_o^2 + w_\varphi^2 + w_{\text{вибр.}}^2} \quad (4)$$

где $w_{\text{вибр.}}$ – вибрационная составляющая скорости, м/с.

Величина вибрационной скорости $w_{\text{вибр}}$ способствует увеличению суммарной эффективной скорости и достигается за счет изменения конструкции насадочного устройства (вибрационных вставок – завихрителей). Суммарная скорость подаваемого моющего раствора, как показали экспериментальные исследования, увеличивается на 18 %.

При постановке эксперимента и обработке опытных данных нами принято условно, что, начиная с передней кромки трубы или насадочного устройства, устанавливается турбулентный режим течения по всему сечению потока, включая и пограничный слой.

Представленный теоретический и экспериментальный материал подтверждает, что эффект налипания на внутренней поверхности пресса, способствующий изменению суммарной скорости движения моющего раствора, может быть уменьшен путем разработки режимных характеристик подачи струи размывающей жидкости и усовершенствования конструкции насадочного устройства, предусматривающего использование спиральных, вибрационных вставок и перегородок в проточной части насадок.

Список литературы

1. Барташевич Н.А., Колмаков Е.А. Теоретические основы процесса маслоотделения шнековым прессом семян сои // Аграрная наука Дальневосточного федерального округа в новом тысячелетии. – Уссурийск: ПХСХА, 2003. – С. 96-98.
2. Угрюмова С.Д. Активные методы интенсификации теплообмена в вязких жидкостях // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М., 1988. – № 3. – С. 3-12.
3. Барташевич Н.А., Сироткин Н.И. Оптимизация поточно-технологической линии миницефа по отжиму соевого масла в крестьянских хозяйствах // Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона. – Уссурийск: ПГСА, 2001. – С. 291-293.
4. Бузник В.М. Интенсификация теплообмена в судовых установках. – Л.: Судостроение, 1969. – 369 с.
5. Вукалович М.П., Новиков И.И. Техническая термодинамика. – М.: Энергия, 1968. – 495 с.

Сведения об авторах: Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;

Панюкова Ирина Владимировна, аспирант, e-mail: strekoza84i@mail.ru;

Барташевич Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	3
<i>Беляев В.И.</i> Описание динамики формы тела в онтогенезе животных одной вы- боркой особей (на примере рыб).....	3
<i>Калинина Г.Г., Евдокимов В.В., Матросова И.В.</i> Морфофункциональная оценка гамет и их потенций при воздействии светом на морского ежа <i>Strongylocentrotus</i> <i>Intermedius</i>	13
<i>Мирабдуллаев И.М., Кузметов А.Р., Уразова Р.С., Абдиназаров Х.Х.</i> Циклопы подсемейства <i>Cyclopinae</i> (<i>Crustacea, Copepoda</i>) фауны Узбекистана.....	21
<i>Синельников С.Ю., Марин И.Н.</i> Инвентаризация фауны десятиногих ракообраз- ных России как одного из основных морских биологических ресурсов.....	24
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА	28
<i>Карпелев Т.П.</i> Перспективы развития гидроприводов в механизации и автомати- зации процессов добычи гидробионтов малым флотом прибрежного рыболовства.....	28
<i>Котов Г.Г., Цветкова Т.Н.</i> Оценка рыбных скоплений гидроакустическими при- борами.....	32
<i>Кудакаев В.В., Бойцов А.Н.</i> Применение гибких распорных устройств для трало- вого промысла командорского кальмара на сложных грунтах в районе Курильских островов.....	35
<i>Недоступ А.А., Павленко А.А., Ражев А.О.</i> Практическое применение расчета сет- ных оболочек с использованием дискретной модели.....	44
<i>Осинов Е.В., Титов И.В.</i> Применение динамических методов расчета и предложе- ния по изменению конструкции оттяжек ставных неводов.....	54
<i>Платонов А.Г.</i> Аквакультура в Приморском крае: проблемы и перспективы.....	60
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	63
<i>Бахарев С.А., Карасев В.В., Карасев А.В.</i> Использование автономных необитае- мых подводных аппаратов в процессе изучения Мирового океана.....	63
<i>Корнейчук Ю.А.</i> Диагностика главного судового редуктора.....	73
<i>Пак Н.К.</i> Интенсификация тонкой очистки моторного масла в судовых средне- оборотных дизелях сепарированием.....	82
<i>Симашов Р.Р.</i> Определение потерь энергии на неактивной дуге подвода парци- альных турбин при расчете переменных режимов.....	87
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	95
<i>Лажженцева Л.Ю., Зимина О.В.</i> Разработка технологии нового эмульсионного продукта на основе гидролизата из кальмара.....	95
<i>Погонец В.И., Пешков И.Х.</i> Тепловые параметры процесса сушки агара в кипя- щем закрученном слое.....	102

<i>Сполохова В.А., Кращенко В.В.</i> Разработка технологии паштетов из макруруса малоглазого.....	108
<i>Югай А.В., Слуцкая Т.Н., Калининко Т.П.</i> Сравнительная характеристика керчаков видов <i>Myoxocephalus Polyacanthocephalus</i> и <i>Myoxocephalusjaok</i>	114
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ	120
<i>Голованец В.А., Кисельников Р.А., Голованец М.В.</i> Комплекс для исследования процесса течения и гранулирования вязких сред на основе рыбного сырья	120
<i>Григорьева С.П., Юрченко Л.К., Пищулина И.В., Бобылев Б.К.</i> Круглый эксцентриковый приводной механизм	122
<i>Погонец В.И., Пешков И.Х.</i> Особенности сушки частиц агара во взвешенно-закрученных потоках	126
<i>Тушко А.А., Максимов В.В.</i> Динамическое уравнивание вибрационной сортировочной машины	133
<i>Угрюмова С.Д., Панюкова И.В., Барташевич Н.А.</i> Особенности истечения жидкости из насадочного устройства с турбулизующими вставками.....	138

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	3
<i>Belyaev V.I.</i> Description of body form dynamics in animal ontogenesis based upon single sampling (with special reference to fishes)	3
<i>Kalinina G.G., Evdokimov V.V., Matrosova I.V.</i> Morphofunctional estimate of gametes and them potentions when influence light on the grey sea urchins <i>Strongylocentrotus Intermedius</i>	13
<i>Mirabdullaev I.M., Kuzmetov A.R., Urazova R.S., Abdinazarov H.H.</i> Cyclopinae (<i>Crustacea, Copepoda</i>) of uzbekistan: genera metacyclops, apocyclops, microcyclops and cryptocyclops	21
<i>Sinelnikov S.Yu., Marin I.N.</i> Decapods fauna inventory in Russia as one of the main marine biological resources.....	24
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	28
<i>Karpelev T.P.</i> Prospects of hydraulic in mechanization and production process automation hydrobionts small coastal fishing fleet	28
<i>Kotov G.G., Zvetkova T.N.</i> The valuation on of fish schools by hydroacoustic devices.....	32
<i>Kudakaev V.V., Boitsov A.N.</i> The use of the flexible otter devices for trawl fishing of the Schoolmaster gonate squid (<i>Berryteuthis magister</i>) on rough bottoms around kuril islands area.....	35
<i>Nedostup A.A., Pavlenko A.A., Razjev A.O.</i> Practical application of calculation netting environments with use of discrete model.....	44
<i>Osipov E.V., Titov I.V.</i> Application of dynamic methods and proposals for change in structures guys shutters net	54
<i>Platonov A.G.</i> Aquaculture in primorye: problems and prospects.....	60
SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES	63
<i>Bakharev S.A., Karasev V.V., Karasev A.V.</i> The use of autonomous unmanned underwater vehicles in the process of studying the world ocean	63
<i>Korneychuk Y.A.</i> Main marine gearbox diagnostics.....	73
<i>Pak N.K.</i> Intensification of engine oil fine cleaning in the marine medium speed diesels by means of separation.....	82
<i>Simashov R.R.</i> Estimation energy losses on partial-admission turbines' inactive arc for estimation of variable regimes	87
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	95
<i>Lazhentseva L.Yu., Zimina O.V.</i> Development of new technology emulsion product based on hydrolysed squid	95

<i>Pogonets V.I., Pechkov I.H.</i> Thermal parameters of the drying process of agar in a boiling twisted layer	102
<i>Spolochova V.A., Krachshenko V.V.</i> The technology development of pastes from <i>coryphaenoides pectoralis gilbert</i>	108
<i>Yugai A.V., Slutskaya T.N., Kalinichenko T.P.</i> Comparative characteristic sculpins of types <i>myoxocephalus polyacanthocephalus</i> and <i>myoxocephalus jaok</i>	114

**TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT
OF FISHERIES**.....

120

<i>Golovanets V.A., Kiselnikov R.A., Golovanets M.V.</i> Complex for investigation the process of streaming and graining viscons medium on basis of raw fish	120
<i>Grigoreva S.P., Iurchenko L.K., Pishchulina I.V., Bobylev B.K.</i> Round eccentric drive mechanism.....	122
<i>Pogonets V.I., Pechkov I.H.</i> Features of drying of the particles of agar in suspension-swirling flows.....	126
<i>Tushko A.A., Maksimov V.V.</i> Dinamic level vibration sorting machine.....	133
<i>Ugryumova S.D., Panjukova I.V., Bartashevich N.A.</i> Features of the expiration of the liquid from devices with inserts	138

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: ivanovaa@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 26

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 25.06.2012 Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 17,20. Уч.-изд. л. 14,00. Заказ 0419. Тираж 400 экз.

Отпечатано: издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 25