



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

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 24

Том

24

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>

2011

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 639.3/6

А.А. Бегун², А.Ю. Звягинцев², С.И. Масленников^{1,2}

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

²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, 690041,
г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

ФИТОПЛАНКТОН В РАЙОНЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ВЛАДИВОСТОКА (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

*Впервые исследованы видовой состав и динамика количественных показателей фитопланктона в северной части Амурского зал. в районе очистных сооружений г. Владивостока. Установлены закономерности количественного развития фитопланктона, характерные при антропогенном евтрофировании вод: увеличение числа видов, достигающих силы «цветения»; увеличение общей плотности фитопланктона, соответствующей в отдельные месяцы экстремально-евтрофному типу; увеличение плотности жгутикового компонента фитопланктона по отношению к диатомовому; «цветение» диатомовой водоросли *Skeletonema costatum* и связанное с ним снижение видового разнообразия фитопланктона. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии антропогенного евтрофирования в районе выпуска очистных сооружений г. Владивостока, что во многом обуславливается неконтролируемым поступлением в воды северной части Амурского зал. минеральных и растворенных органических элементов с недоочищенными сточными водами.*

Ключевые слова: фитопланктон, Амурский залив, очистные сооружения, диатомовые водоросли, евтрофирование, цветение.

A.A. Begun, S.I. Maslennikov, A.Yu. Zvyagintsev

PHYTOPLANKTON IN TREATMENT FACILITIES AREA NEAR VLADIVOSTOK (AMURSKII BAY, JAPAN SEA)

*First time the species composition and quantitative parameters dynamics of phytoplankton in northern of Amurskii Bay in treatment facilities area near Vladivostok are studied. The following peculiarities in the phytoplankton quantitative development is a typical to anthropogenic eutrophication waters were revealed: increase number of bloom species; increase general phytoplankton density appropriate to extremel-eutrophic type in local mounts; increase density of flagellates phytoplankton components relatively diatoms; *Skeletonema costatum* diatom bloom and connection to them decrease Shannon and Pielou indexes. The results of obtain investigation shown presence of anthropogenic eutrophication waters in treatment facilities area near Vladivostok that generally caused by uncontrolled water escape including mineral and organic dissolved elements together underpurified waters in northern area of Amurskii Bay.*

Key words: phytoplankton, Amurskii Bay, treatment facilities, diatoms, eutrophication, bloom.

Введение

В современных условиях морские экосистемы испытывают возрастающее антропогенное воздействие, которое вызывает неблагоприятные экологические и социально-экономические последствия. Амурский зал. Японского моря относится к наиболее освоенным морским акваториям Приморского края, в то же время недостаточная эффективность очи-

стных сооружений г. Владивостока привела к использованию залива в качестве приемника недоочищенных стоков. В целом экологическую ситуацию северо-восточной части Амурского зал. в настоящее время специалисты считают крайне неблагоприятной [5, 10, 11]. За последние 20 лет ситуация в заливе существенно изменилась – в связи со спадом экономики в 1990-е гг. изменился объем и характер стоков: уменьшилось количество промстоков, но возросло количество хозяйственно-бытовых стоков, которое сопровождается усилением органического загрязнения залива [9].

Микроскопические водоросли относятся к числу наиболее существенных компонентов любых водных экосистем и играют первостепенную роль в отклике экосистемы на антропогенную нагрузку. Кроме того, необходимость проведения подобных исследований обусловлена тем, что биологическое разнообразие фитопланктона служит основой для выявления изменений, происходящих как в самой флоре, так и в морских экосистемах в целом. Целенаправленные исследования видового состава и сезонной динамики фитопланктона Амурского зал. в условиях антропогенного евтрофирования были проведены в начале 90-х гг. прошлого столетия [15, 16, 20]. Однако в северной части Амурского зал. в районе п-ова Де-Фриз, где расположены очистные сооружения г. Владивостока, подобные исследования не проводились в силу методических трудностей при отборе материала.

Цель настоящего исследования – изучение видового состава и динамики количественных показателей фитопланктона в северной части Амурского зал. Японского моря в районе выпуска очистных сооружений г. Владивостока.

Объекты и методы исследований

Специалистами Лаборатории экологии шельфовых сообществ ИБМ ДВО РАН совместно с МУП «ВКХ» были организованы мониторинговые исследования в районе выпускного водовода очистных сооружений г. Владивостока. Исследования фитопланктона проводились в период с сентября 2002 по август 2003 гг. с периодичностью 1-2 раза в месяц. Отбор проб сопровождался изменением температуры и солености воды в поверхностном горизонте. Пробы отбирали батометром Молчанова, материал фиксировали раствором Утермеля до светло-желтого цвета и концентрировали общепринятым методом осаждения через нуклеопоровые фильтры с диаметром пор 2 мкм. Подсчет клеток нанопланктона производили в камере типа Ножотта объемом 0,05 или 0,07 мл, микропланктона – объемом 1 мл с учетом минимальной репрезентативной выборки просчитанного числа клеток. Расчет численности микроводорослей проводили на 1 л воды по общепринятой формуле [4]. Материал изучали преимущественно с помощью светового микроскопа (СМ) «Jenamed 2», в некоторых случаях использовали световой микроскоп «Olympus BX41», объектив UPLanF1 100x/1/.30, масляная иммерсия.

Для идентификации диатомовых водорослей рода *Pseudo-nitzschia* использовали трансмиссионный электронный микроскоп (ТЭМ) «JEM 100». При подготовке материала к изучению в СМ и ТЭМ использовали традиционные методы очистки панцирей диатомей, включающие воздействие кислот и центрифугирование с дистиллированной водой. При подготовке образцов для сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) была использована стандартная методика [21], включающая в себя промывание клеток дистиллированной водой, дегидратацию их через серию спиртов (25, 50, 75, 96 и 100 %) и сушку на воздухе. На поверхность образцов в вакуумном посту «Edwards, AUTO 306» было нанесено электропроводящее покрытие из золота. Изучение образцов проводилось в сканирующем электронном микроскопе «Leo-430» при увеличении в 500-5000 раз. Видовое разнообразие оценивали с помощью показателя Шеннона (H), выровненности – с помощью показателя Пиелу (e).

Результаты и их обсуждение

В фитопланктоне зарегистрировано 83 вида и внутривидовых таксона микроводорослей из восьми отделов: *Cyanophyta* (2 вида), *Chrysophyta* (1), *Bacillariophyta* (46), *Cryptophyta* (2), *Dinophyta* (27), *Euglenophyta* (2), *Raphidophyta* (1) и *Chlorophyta* (2). Наиболее часто встречаемыми в пробах были широко распространенные эврибионтные виды родов *Chaetoceros*, *Eucampia*, *Melosira*, *Leptocylindrus*, *Skeletonema*, *Thalassionema*, *Protoperidinium*, *Dinophysis* и *Dictyocha*. Основу флоры водорослей формировали пелагические виды (75,9 %), в то время как микрофитобентосные виды, представленные только диатомовыми, составляли всего 3,6 %. К числу пеннатных диатомовых водорослей – обитателей бентали – можно отнести *Pleurosigma naviculaceum*, *Grammatophora marina* и *Licmophora abbreviata*. Характерна значительная примесь бентосно-планктонных или тихопелагических диатомей (10,8 %), обитающих как в бентали, так и пелагиали, из которых самые многочисленны – *Melosira moniliformis*, *Odontella aurita* и *Cylindrotheca closterium*.

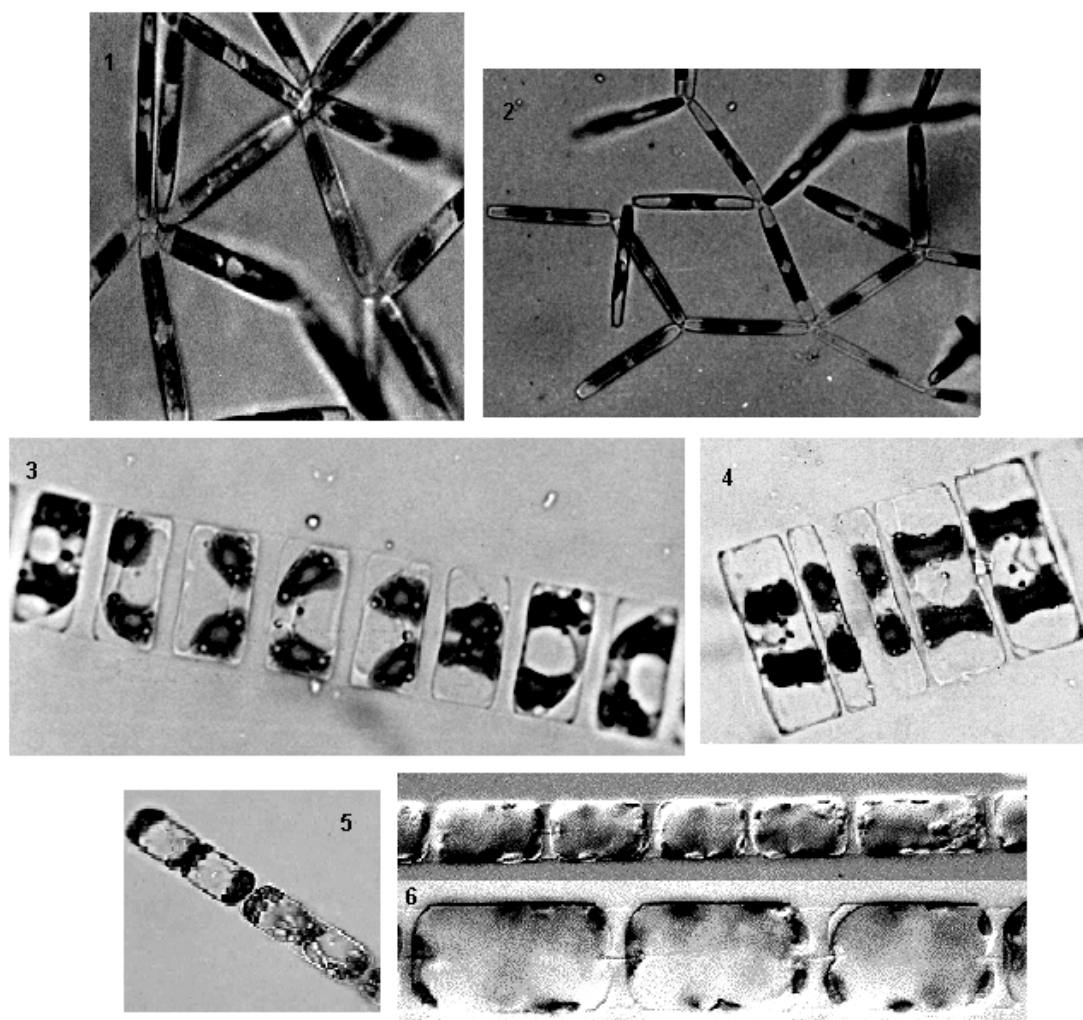


Рис. 1. Ледово-неритические диатомовые водоросли – доминанты зимнего фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский зал., Японское море) в 2002-2003 гг.: 1-2 – *Nitzschia frigida* Grun.; 3-4 – *Navicula vanhoeffenii* Gran.; 5-6 – *Detonula confervacea* (Cl.) Gran.

Fig. 1. Ice and neritic diatoms – dominants of winter phytoplankton in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii Bay, Japan Sea) in 2002-2003: 1-2 – *Nitzschia frigida* Grun.; 3-4 – *Navicula vanhoeffenii* Gran.; 5-6 – *Detonula confervacea* (Cl.) Gran

По приуроченности к жизненной форме преобладали свободноживущие виды (49,9 %) и колониальные (40,9 %), последние – исключительно среди диатомовых. По отношению к солености лидировали морские виды (69,9 %), с незначительной примесью солоноватоводно-морских (8,4 %), солоноватоводных (3,6 %), пресноводно-солоноватоводных и пресноводных (по 1, 2 % соответственно).

Обзор флоры исследуемой акватории существенно дополняет фитогеографическая характеристика фитопланктона, тесно связанная с его экологией. Из всех встреченных видов 28,9 % приходится на долю космополитов, почти в равной доли представлены аркто-бореально-тропические (14,4 %), арктобореальные (12 %) и бореально-тропические (10,8) виды и в незначительной степени – тропические (4,8 %), бореальные (2,4 %) и биполярные (1,2 %).

Плотность фитопланктона за период исследования варьировала от 10,6 тыс. до 15 млн кл./л, биомасса – от 0,07 до 51,7 г/м³. В годовом цикле фитопланктона прослеживалось пять пиков плотности: осенний, зимний, ранневесенний, поздневесенний и позднелетний (рис. 2, а) - и три пика биомассы: осенний, зимний и позднелетний (рис. 2, в). Первое увеличение плотности микроводорослей (1,13 млн кл./л) прослеживалось в первой половине октября, обусловленное массовым развитием диатомовых водорослей *Skeletonema costatum* и *Dactyliosolen fragilissimus*. Следующий пик развития микроводорослей (1,3-4,6 млн кл./л) зарегистрирован в период с января по первую половину февраля за счет «цветения» диатомовой водоросли *Detonula confervacea* и массового развития видов *Thalassiosira nordenskioldii*, *Chaetoceros pseudocrinitus*, *Navicula vanhoefenii* и *Nitzschia frigida* (рис. 1, 1-6) при отрицательной температуре воды (-1,8 °С) (рис. 2, е). Самый мощный пик плотности (15 млн кл./л) отмечен во второй половине марта в период максимального распреснения воды до 14 ‰ (рис. 2, е), он был обусловлен «цветением» зеленой водоросли *Chlamydomonas sp.* Новое увеличение плотности (11,4 млн кл./л) наблюдалось во второй половине мая за счет «цветения» диатомеи *S. costatum*. Незначительный пик плотности микроводорослей (966 тыс. кл./л) зарегистрирован в первой половине августа за счет «цветения» диатомеи *S. costatum* и массового развития криптофитовой водоросли *Plagioselmis prolunga* и рафидофитовой *C. globosa*.

Первое увеличение биомассы фитопланктона (5 г/м³) прослеживалось в первой половине октября за счет диатомовых водорослей *D. fragilissimus* и *P. pungens* (рис. 2, в). Самый высокий пик биомассы (9,2-51,7 г/м³), представленный многовершинной кривой, зарегистрирован в период со второй половины ноября по вторую половину февраля, он был обусловлен видом *T. nordenskioldii* и в меньшей степени – *D. confervacea*.

Важной особенностью биотопа в северной части Амурского зал. в районе выпуска очистных сооружений является мелководность и значительная промерзаемость в зимний период и изменчивость гидрохимических характеристик вод, омывающих поверхность льда, что соответствует ледово-неритическим условиям высокоарктических морей. Как известно, общей чертой развития всех скоплений диатомовых водорослей на нижней поверхности льда является то, что клетки располагаются в зонах так называемой «гидродинамической тени», т.е. в таких местах подледного пространства, где они закрыты грядами торосов от воздействия течений [8]. В слоях льда, пограничных с водой, имеются каналы стока рассола, напоминающие по форме ветвящееся дерево. Удержанию растущего вниз скопления водорослей способствует форма межкристаллического пространства (канала стока). Такое крепление не всегда способно противостоять подводному течению, в результате чего возможен отрыв клеток диатомей от субстрата и попадание в планктон, где они могут вегетировать, достигая высокой численности, конкурируя с другими планктонными диатомеями [19].

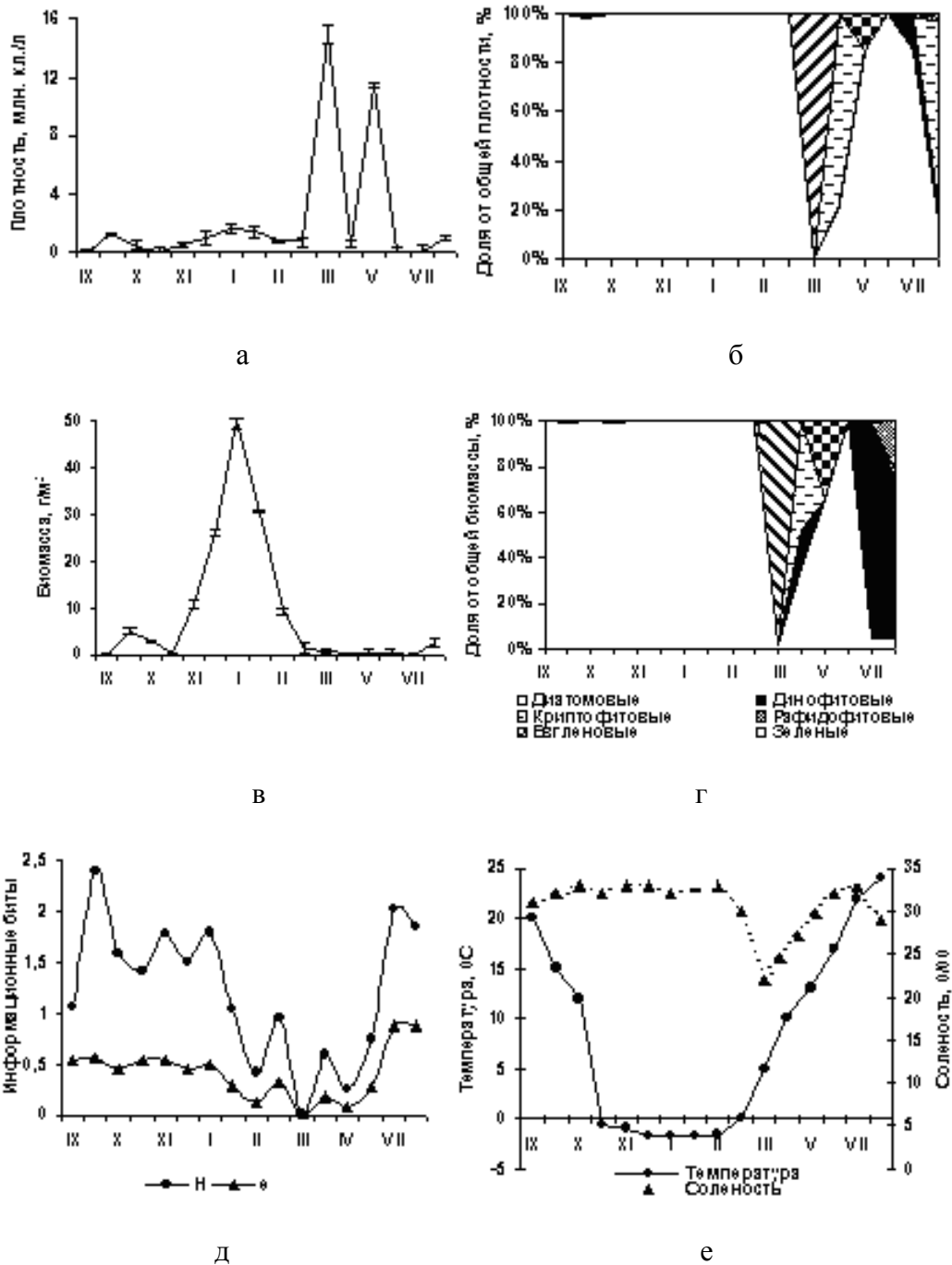


Рис. 2. Динамика количественных показателей фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский зал., Японское море) в 2002-2003 гг.: а – сезонная динамика абсолютной плотности фитопланктона; б – сезонная динамика относительной плотности фитопланктона; в – сезонная динамика абсолютной биомассы фитопланктона; г – сезонная динамика относительной биомассы фитопланктона; д – сезонная динамика индексов Шеннона (H) и Пielу (е) фитопланктона; е – сезонная динамика значений температуры и солености воды

Fig. 2. Quantitative parameters phytoplankton dynamic in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii Bay, Japan Sea) in 2002-2003: а – seasonal dynamic of absolutely phytoplankton density; б – seasonal dynamic of relatively phytoplankton density; в – seasonal dynamic of absolutely phytoplankton biomass; г – seasonal dynamic of relatively phytoplankton biomass, д – seasonal dynamic of Shannon and Pielou indexes; е – seasonal dynamic of temperature and salinity water

Ареал диатомовых водорослей *D. confervacea*, *N. vanhoetfenii* и *N. frigida* находится в подтипе «Г» арктобореальной биогеографической области, эти виды обитают в высокоарктической водной массе и в ограниченном районе субарктической водной массы. Кроме того, они входят в ледово-неритический комплекс диатомовых водорослей в Арктике, Беринговом, Охотском и Японском морях и развиваются в массе во время таяния льдов, что связано с их стенотермностью и стеногалинностью [13].

Анализ соотношения различных групп фитопланктона показал, что диатомовые водоросли составляли в среднем за период наблюдения 81,5 % от общей плотности и 77,6 % от общей биомассы фитопланктона (см. рис. 2, б, г). В период с сентября по апрель плотность диатомовых водорослей была максимальной и составляла 98-100 % от общей плотности фитопланктона, за исключением первой половины ноября, когда их доля снижалась до 68 %. В мае прослеживался самый высокий пик плотности диатомовых водорослей, вызванный *S. costatum* (85,1 %).

Динофитовые водоросли составляли в среднем за период наблюдения 1,23 % от общей плотности и 11,6 % от общей биомассы фитопланктона (см. рис. 2, б, г). Значительный вклад в биомассу динофитовые водоросли вносили в июле-августе (70-96 %). В другое время года их плотность была незначительна (0-1,2 % от общей плотности и 0-17,5 % от общей биомассы). Евгленовые водоросли достигали максимального развития в мае, они вносили значительный вклад в плотность фитопланктона (14 %). Рафидофитовые водоросли отмечены в августе (2,79 % от общей плотности и 22,8 % от общей биомассы фитопланктона). Мощный пик развития зеленых водорослей зарегистрирован во второй половине марта (99 и 98 % от общей плотности и биомассы соответственно). Крпифитовые водоросли достигали двух пиков развития – в апреле (77,3 и 47,1 % от общей плотности и биомассы) и августе (77,5 и 2,44 % соответственно). Доля синезеленых водорослей была крайне низкой и не превышала 0,1 % от общей плотности и биомассы фитопланктона.

Особенности в количественном развитии фитопланктона обусловлены, прежде всего, локальным непрерывным обогащением вод биогенными элементами, в том числе соединениями азота, а также растворенными органическими веществами (РОВ) вследствие выпуска канализационных стоков из очистных сооружений г. Владивостока. Водные массы, которые постоянно поступают в северную часть Амурского зал. в районе п-ова Де-Фриз, представляют собой загрязненные сточные воды, характеризующиеся повышенным содержанием кремния, аммонийного азота и РОВ [11]. Мелководность водоемов эстуарного типа, благоприятствующая интенсивному летнему прогреву, малые потери тепла на испарение вследствие невысокой температуры воздуха, циклические изменения уровня воды при приливах и отливах и влияние речного стока создают специфический режим изменений температуры и солености воды в течение суток, влияющий на количественное развитие фитопланктона [14]. Этими особенностями во многом обусловлены более высокие показатели общей плотности и биомассы фитопланктона в районе очистных сооружений (максимальная плотность 15 млн кл./л), которые ранее не отмечались в мористой части Амурского зал. (1,92 млн кл./л). Полученные результаты согласуются с данными исследований 1991-1993 гг. [6] о том, что в кутовой части Амурского зал., а также вблизи устья р. Раздольной плотность и биомасса фитопланктона были выше (17,9 млн кл./л), чем мористой части залива в районе мыса Красного (5,3 млн кл./л).

Среди других особенностей следует отметить, что многочисленные «цветения» диатомовой водоросли *S. costatum* – индикатора евтрофных вод – свидетельствуют о высоком содержании растворенных органических веществ в летний период в районе очистных сооружений г. Владивостока. Массовое развитие этой водоросли обычно от-

мечается в водах, богатых питательными веществами, так как этот вид считают как азото-, так и фосфоролюбивым, а также особо чувствительным к содержанию кремния [18]. *S. costatum* также достигал массового развития в обрастании экспериментальных пластин в экстремально-загрязненной акватории зал. Петра Великого – бухты Золотой Рог, на которые он оседал в период своего закономерного «цветения» в фитопланктоне [3].

8 видов достигали силы «цветения» (*S. costatum*, *T. nordenskiöldii*, *C. pseudocritinus*, *D. confervacea*, *H. triquetra*, *E. gymnastica*, *Plagioselmis* sp., *Chlamydomonas* sp.). Значения общей плотности фитопланктона превышали пороговую величину для евтрофных вод во второй половине марта (15 млн кл./л за счет *Chlamydomonas* sp.), в январе (4,4 млн кл./л за счет *D. confervacea*) и в мае (3,6 млн кл./л за счет *S. costatum*) и соответствовали экстремально-евтрофному типу. Причиной частых «цветений» воды, наблюдаемых в продуктивных евтрофных водах, является высокое содержание биогенов в совокупности с благоприятными гидрологическими и метеорологическими условиями в локальных прибрежных районах. Зеленые водоросли в целом являются индикаторами пресных вод и развиваются в наиболее опресненных локальных прибрежных участках в весенний период [6]. Район очистных сооружений г. Владивостока расположен в кутовой части Амурского зал., подверженной значительному опреснению весной в периоды таяния льда и наиболее быстрому прогреванию водных масс в марте-апреле [11]. Акватория эстуарного типа, куда относится северная часть Амурского зал., является зоной аккумуляции тонкой фракции терригенного материала, выносимого реками, с одной стороны, и поставляемого жизнедеятельностью гидробионтов – с другой [14]. Таким образом, стабильность водной толщи, наряду с обилием минеральных и растворенных органических веществ, поступающих с береговыми стоками и осадками, и значительным прогревом вод, способствуют повышению трофности вод в районе очистных сооружений г. Владивостока до экстремально-евтрофного уровня.

Показатели общей плотности и биомассы фитопланктона, значений индексов Шеннона и Пиелу, плотности и биомассы диатомового и жгутикового компонента фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский зал., Японское море) в 2002-2003 гг.

Total density and biomass parameters of phytoplankton, Shannon and Pielou indexes, density and biomass of diatoms and flagellates phytoplankton components in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii Bay, Japan Sea) in 2002-2003

Общая плотность фитопланктона, млн кл./л			Общая биомасса фитопланктона, г/м ³		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,001	1,7	15,0	0,007	8,9	51,7
Индекс Шеннона (H)			Индекс Пиелу (e)		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,004	1,1	2,39	0,001	0,4	0,87
Плотность диатомовых, млн кл./л			Плотность жгутиковых, млн кл./л		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,084	0,65	3,59	0,0006	1,05	15
Биомасса диатомовых, г/м ³			Биомасса жгутиковых, г/м ³		
Минимум	Средняя	Максимум	Минимум	Средняя	Максимум
0,0027	8,65	51,8	0,0016	0,22	2,46

Установлено, что плотность жгутикового фитопланктона как среднегодовая, так и максимальная, была выше, чем диатомового (см. таблицу). Для биомассы прослежива-

ется обратная закономерность в силу преимущественно меньших размеров жгутиковых водорослей среди доминантов, по сравнению с диатомовыми. Высокая плотность евгленовых и зеленых водорослей была ранее отмечена в Амурском зал. в районе выпуска сточных вод «Вторая Речка» и в бухте Золотой Рог в районе 36-го причала, что объясняется формированием здесь зоны загрязненной воды хозяйственно-бытовыми стоками [15, 20] и бухте Золотой Рог в районе 44-го причала, что проявлялось в увеличении плотности евгленовых и зеленых водорослей при снижении обилия диатомовых [2].

Прослеживалась тенденция к снижению видового разнообразия и выровненности фитопланктона в течение большей части исследуемого периода. Согласно ранее полученным данным [15, 20] тенденция снижения видового разнообразия фитопланктона отчетливо проявлялась в Амурском зал. во время летнего «цветения» микроводорослей и была сопряжена с развитием диатомеи *S. costatum*. Аналогичная ситуация прослеживалась и в динамике фитопланктона в Черном море – поверхностные стоки различного происхождения часто являлись критическими по химическому составу для локальных акваторий, так как они существенно изменяют химический и биологический режимы прибрежных вод морей [12]. В результате анализа индексов Шеннона и Пиелу фитопланктона в прибрежных морских акваториях морей умеренной зоны было установлено, что типичной реакцией на антропогенный стресс является уменьшение количества видов и их разнообразия, а загрязнение значительно упрощает структуру сообщества микроводорослей [17].

Таким образом, в результате исследования видового состава и динамики количественных показателей фитопланктона в районе очистных сооружений г. Владивостока были установлены особенности в количественном развитии фитопланктона, характерные при евтрофировании. Эти особенности выражались в увеличении числа видов микроводорослей, достигающих силы «цветения»; увеличении общей плотности фитопланктона, превышающей пороговую величину для евтрофных вод и соответствующей в отдельные месяцы экстремально-евтрофному типу; увеличении плотности жгутикового компонента фитопланктона по отношению к диатомовому; «цветении» диатомовой водоросли *S. costatum* и связанным с этим снижением видового разнообразия и выровненности фитопланктона. Интересной, на наш взгляд, особенностью следует считать доминирование в фитопланктоне ледово-неритических диатомовых водорослей *D. confervacea*, *N. vanhoetfenii* и *N. frigida*, чему способствовали локальные условия обитания.

На основании исследований динамики количественных показателей фитопланктона в районе выпускного водовода очистных сооружений г. Владивостока на данном этапе можно сделать вывод, что антропогенное евтрофирование интенсивно происходит и в настоящее время в результате неконтролируемого поступления в воды северной части Амурского зал. недоочищенных сточных вод. Для более достоверных выводов относительно степени антропогенного загрязнения необходимы дальнейшие исследования микроводорослей синхронно с параметрами водной среды, в том числе количественным анализом биогенных органических и минеральных элементов, постоянно поступающих в воду через выпускные водоводы очистных сооружений. Также необходимы исследования донных микроводорослей в грунте и обрастании, которые, по сравнению с фитопланктоном, образуют более константные к флуктуациям среды биоценозы и для которых более тщательно разработаны критерии сапробиологических оценок качества среды исследуемых акваторий [1].

Следует отметить, что исследование других групп гидробионтов в районе очистных сооружений г. Владивостока свидетельствует о более или менее нормальном функционировании прибрежной морской экосистемы в северной части Амурского зал. Это выражается в массовом развитии бентосных зарывающихся моллюсков, а также в

структуре сообщества обрастания с доминированием устриц, представляющих собой климаксную стадию сукцессии обрастания в Амурском зал. На этом основании специалистами-гидробиологами был сделан вывод, что в имеющейся ситуации в районе очистных сооружений г. Владивостока существующие сообщества фильтрующих моллюсков из бентоса и обрастания обеспечивают высокую степень самоочищения сбросных вод после их прохождения через очистные сооружения [7].

Список литературы

1. Барина С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С.С. Барина, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив: Изд. дом «Pilies Studio», 2006. – 498 с.
2. Бегун А.А. Фитопланктон бух. Золотой Рог и Уссурийского залива (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения [Текст] / А.А. Бегун // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 330-344.
3. Бегун А.А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов [Текст] / А.А. Бегун, А.Ю. Звягинцев // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 177-198.
4. Вассер С.П. Водоросли: справ. [Текст] / С.П. Вассер. – Киев, 1989. – С. 136-540.
5. Ващенко М.А. Загрязнение залива Петра Великого Японского моря и его биологические последствия [Текст] / М.А.Ващенко // Биол. моря. – 2000. – Т. 26, № 3. – С. 149-159.
6. Коновалова Г.В. Атлас фитопланктона Японского моря [Текст] / Г.В. Коновалова, Т.Ю. Орлова, Л.А. Паутова. – Л.: Наука, 1989. – 167 с.
7. Масленников С.И. Гидробиологические исследования в районе выпускного водовода очистных сооружений г. Владивостока [Текст] / С.И. Масленников, А.Ю. Звягинцев, В.В. Ивин, И.А. Кашин // Междунар. науч. чтения «Приморские зори – 2003», посвященные памяти президента ТАНЭБ, проф. В.И. Короткова. – Владивосток: ДВГТУ, 2003. – С. 193-195.
8. Мельников И.А. К экологии массовых скоплений колониальных диатомовых водорослей под арктическим дрейфующим льдом [Текст] / И.А. Мельников, Л.Л. Бондарчук // Океанология. – 1987. – Вып. 2. – С. 317-321.
9. Нигматулина Л.В. Оценка антропогенной нагрузки береговых источников на Амурский залив (Японское море) [Текст] / Л.В. Нигматулина // Вестн. ДВО РАН. – 2007. – № 1. – С. 73–76.
10. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого [Текст] / А.А. Огородникова. – Владивосток: Изд-во ТИНРО, 2001. – 193 с.
11. Оценка видового разнообразия зообентоса и содержание приоритетных поллютантов в донных отложениях прибрежной зоны Японского моря: отчет о НИР / Дальневост. регион. гидромет. ин-т. – Владивосток, 2002. – Кн. 1. – Т. 1. – 57 с.
12. Рябушко Л.И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) [Текст] / Л.И. Рябушко, В.И. Рябушко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70-82.
13. Фитопланктон Тихого океана [Текст] / Г.И. Семина. – М.: Наука, 1974. – 239 с.
14. Состояние экосистемы лагуны Пильтун в июне-июле 1999 года: отчет о НИР / СахНИРО; отв. исполн. В.С. Лабай. – Южно-Сахалинск, 1999. – 263 с.
15. Стоник И.В. Фитопланктон как показатель трофности вод залива Петра Великого Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, М.С. Селина // Биол. моря. – 1995. – Т. 21, № 6. – С. 403-406.

16. Стоник И.В. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, Т.Ю. Орлова // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 205-211.

17. Теренько Г.В. Современное состояние прибрежного фитопланктона северо-западной части Черного моря и роль в нем динофитовых водорослей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 2004. – 21 с.

18. Федоров В.Д. Конкурентные взаимоотношения между планктонными диатомовыми и в моно- и смешанных культурах [Текст] / В.Д. Федоров, Н.Г. Кустенко // Океанология. – 1972. – Т. 12. – Вып. 1. – С. 111-121.

19. Eide I., Martin S. The formation of brine drainage features in young sea ice // J. Glaciol. – 1975. – Vol. 14, №. 70. – P. 137-154.

20. Stonik I.V., Orlova T.Yu. Phytoplankton of the coastal waters off Vladivostok (the North-western part of the East Sea) under Eutrophic Conditions // Ocean and Polar Research. – 2002. – Vol. 24, №. 4. – P. 359-365.

21. Truby E.W. Preparation of single-celled marine dinoflagellates for electron microscopy // Microscopy Research and Technique. – 1997. – Vol. 36. – P. 377-340.

Сведения об авторах: Бегун Андрей Аркадьевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: andrejbegun@yandex.ru;

Звягинцев Александр Юрьевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: auzvyagin@gmail.com;

Масленников Сергей Иванович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент, e-mail: aqua@imb.dvo.ru.

УДК 639.3/6

А.А. Бегун², С.И. Масленников^{1,2}, А.Б. Крючкова³¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17³ООО «Морской биотехнопарк», г. Владивосток, ул. Русская, 19а**ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ЭПИФИТОНА БУРОЙ ВОДОРΟΣЛИ
SARGASSUM PALLIDUM (TURNER) C. AGARDH В БУХТЕ ТИХАЯ ЗАВОДЬ
(ЗАЛИВ ВОСТОК, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

В эпифитоне бурой водоросли *Sargassum pallidum* отмечено 19 видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей из классов *Bacillariophyceae* (11), *Fragilariophyceae* (4) и *Coscinodiscophyceae* (4). Количественное обилие диатомового эпифитона обуславливали преимущественно *Tabularia fasciculata*, *Achnanthes brevipes*, *Licmophora abbreviata* и *Melosira moniliformis* – колониальные прикрепленные микроводоросли, характерные для обрастания твердых поверхностей естественного и искусственного происхождения. Степень обрастания *Sargassum pallidum* диатомовыми водорослями можно охарактеризовать как умеренную, что в целом характерно для макрофитов с осевым типом таллома. Сапробиологический анализ диатомовых водорослей показал доминирование в эпифитоне β - и α -мезосапробионтов, что свидетельствует об умеренном уровне органического загрязнения воды в бухте Тихая Заводь зал. Восток, обусловленного преимущественно природным евтрофированием в летний период.

Ключевые слова: эпифитон, диатомовые водоросли, сапробионты, макрофиты.

**A.A. Begun, S.I. Maslennikov, A.B. Kruchkova
DIATOMS OF EPIPHYTON OF SARGASSUM PALLIDUM (TURNER)
C. AGARDT (PHAEOPHYTA) IN THE TICHAYA ZAVOD BAY
(VOSTOK BAY, JAPAN SEA)**

In total, 19 species and intraspecific taxa of diatoms including *Bacillariophyceae* (11), *Fragilariophyceae* (4) and *Coscinodiscophyceae* classes in epiphyton of *Sargassum pallidum* (Phaeophyta) are revealed. The diatoms *Tabularia fasciculata*, *Achnanthes brevipes*, *Licmophora abbreviata* and *Melosira moniliformis* – typical for fouling of natural and artificial surfaces colonial attached algae determining peculiarities of epiphyton quantitative abundance. The fouling of *S. pallidum* by diatoms make it possible to consider as temperate level, that is character for macrophytes having axial type thallus. The saprobiological analysis of diatoms has shown domination β - and α -mesosaprobiontes in epiphyton, that evidences to temperate level of organic water pollution by caused generally natural eutrophication in Tichaya Zavod Bay (Vostok Bay) in summer.

Key words: epiphyton, diatoms, saprobiontes, macrophytes.

Введение

Талломы водорослей-макрофитов служат субстратом для оседания и развития эпифитов различного происхождения. Диатомовые водоросли составляют основу микроэпифитона, следовательно, изучение их видового разнообразия и количества является важным этапом в исследовании водорослевых сообществ в прибрежных акваториях [2, 10]. Биоиндикационные методы санитарно-биологического анализа морских вод,

основанные на выявлении видов микроводорослей-индикаторов чистых и загрязненных вод в эпифитоне макрофитов, крайне эффективны и используются в системах биологического мониторинга наряду с традиционными химическими и микробиологическими методами [1].

В настоящее время многие аспекты систематики и экологии эпифитных диатомовых водорослей остаются недостаточно освещенными [10, 12]. В российских водах Японского моря исследования видового состава и количественного обилия диатомей в эпифитоне водорослей-макрофитов и морских трав крайне ограничены [5, 8, 9, 11], а данные об их использовании в сапробиологической оценке качества морских вод отсутствуют вовсе. В недавнее время продолжено исследование диатомовых водорослей в эпифитоне водорослей-макрофитов и морских трав в бухте Соболев и Лазурной Уссурийского зал. [6, 2]. Данную работу мы рассматриваем как продолжение мониторинговых исследований эпифитной флоры диатомовых водорослей в прибрежных акваториях северо-западной части зал. Петра Великого с различным уровнем антропогенной нагрузки.

Цель настоящей работы – изучение видового состава и относительного количественного обилия диатомовых водорослей в эпифитоне бурой водоросли *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh в бухте Тихая заводь в зал. Восток Японского моря в условиях природного евтрофирования вод.

Объекты и методы исследований

Материалом для исследования послужил единовременный сбор диатомового эпифитона бурой водоросли *S. pallidum* (бухта Тихая заводь, зал. Восток), отобранного вододлазами на глубине 1-1,5 м в августе 2010 г. С талломов макрофитов был произведен смыв микроводорослей в специальную емкость и зафиксирован раствором Утермеля. Полученные суспензии пропускали через капроновые фильтры «Nitex» («Sefar», Швейцария) с диаметром пор 20 и 80 мк соответственно. Фракции смывов концентрировали методом осаждения до 4-5 мл. Материал изучался методом прямого микроскопирования на световом микроскопе «Jenamed 2», в некоторых случаях использовали световой микроскоп «Olympus BX41», объектив UPLanF1 100x/1.30 и масляную иммерсию. Количественное обилие диатомовых водорослей оценивали по шкале Кордэ [1].

Результаты и их обсуждение

В результате анализа видового состава диатомовых водорослей эпифитона *S. pallidum* было обнаружено 19 видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей из классов *Bacillariophyceae* (11), *Fragilariophyceae* (4) и *Coscinodiscophyceae* (4) (таблица).

Наибольшим количеством таксонов характеризовался род *Pleurosigma* W. Sm. (3). Самой массовой в диатомовом сообществе была *Tabularia fasciculata* – колониальная прикрепленная микроводоросль, образующая кустистые колонии и характерная для оброста твердых поверхностей естественного и искусственного происхождения. Помимо этого вида, к числу многочисленных можно отнести прикрепленные колониальные виды *Achnanthes brevipes* и *Licmophora abbreviata* – типичные обрастатели с колониями на слизистых ножках и *Melosira moniliformis* – встречающийся как в планктоне, так и в обрастаниях (рисунок). Многие виды бентосных диатомей (*Berkeleya*, *Fragilaria*, *Licmophora*, *Navicula*, *Parlibellus*, *Rhoicosphenia*) продуцируют межклеточные полимерные вещества, которые помогают создавать колонии различной формы [16].

Видовой список, эколого-географическая характеристика и относительное количественное обилие диатомовых водорослей в эпифитоне бурой водоросли *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh в зал. Восток Японского моря в августе 2010 г.
List of species, ecological and geographical characteristic and relatively quantitative abundance of diatoms in epiphyton of *Sargassum pallidum* (Phaeophyta) in Vostok Bay (Japan Sea) in august 2010

Таксон	Эколого-географическая характеристика						Количественное обилие
	Приуроченность к местообитанию	Подвижность	Жизненная форма	Отношение к солёности	Сапробиологическая характеристика	Фитогеографическая характеристика	
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	МФБ	Пр	Кол	СМ	β	К	Мн
<i>Arahnodiscus ehrenbergii</i> Bail.	БП	-	Свж	М	-	К	Ред
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenb.	МФБ	Пр-под	Свж	СМ	β	К	Нер
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenb.	БП	-	Свж	М	β	К	Ед
<i>Donkinia recta</i> (Donkin) Grunov	БП	Под	Свж	М	-	БТ	Ред
<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Sm.) Griff. et Henfr.	МФБ	Под	Свж	М	-	АБТ	Нер
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	МФБ	Пр	Кол	М	β	АБ	Мн
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müll.) Agardh	БП	-	Кол	СМ	α	К	Мн
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb. ex Kütz.) Ralfs ex Pritch.	БП	Под	Свж	СМ	-	АБТ	Ред
<i>Parlibellus rhombica</i> (Greg.) L.I. Ryab.	МФБ	Под	Кол	СМ	-	Б	Ред
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Sm.	МФБ	Под	Свж	М	-	БТ	Нер
<i>P. intermedium</i> W. Sm.	МФБ	Под	Свж	М	-	Б	Ред
<i>P. naviculaceum</i> Bréb.	МФБ	Под	Свж	М	-	АБТ	Нер
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngb.) Kutz.	БП	-	Кол	М	-	К	Нер
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightw.	ФП	-	Свж	М	-	К	Ред
<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Sm.) M. Schmidt	МФБ	Пр	Кол	М	β	АБ	Нер
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams et Round	МФБ	Пр	Кол	СМ	α	К	Мс
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenb.) Cleve	МФБ	Под	Свж	М	β	АБТ	Ред
<i>Undatella quadrata</i> (Bréb. ex Kütz.) Padd & Sims	МФБ	Под	Свж	СМ	-	АБТ	Ед

Примечание. Приуроченность к местообитанию: МФБ – микрофитобентосный, БП – бенто-планктонный; жизненная форма: Свж – свободноживущий, Кол – колониальный; подвижность: Под – подвижный, Пр – прикрепленный; Пр-под – прикрепленно-подвижный; приуроченность к солёности: М – морской, СМ – солоноватоводно-морской; сапробиологическая характеристика: α – альфа-мезосапробионт, β – бета-мезосапробионт; эколого-географическая принадлежность: К – космополит, Б – бореальный, АБ – арктобореальный, АБТ – арктобореально-тропический, БТ – бореально-тропический; относительное количественное обилие по шкале Кордэ [1]: Мс – в массе, Мн – много, Нер – нередко, Ред – редко, Ед – единично.

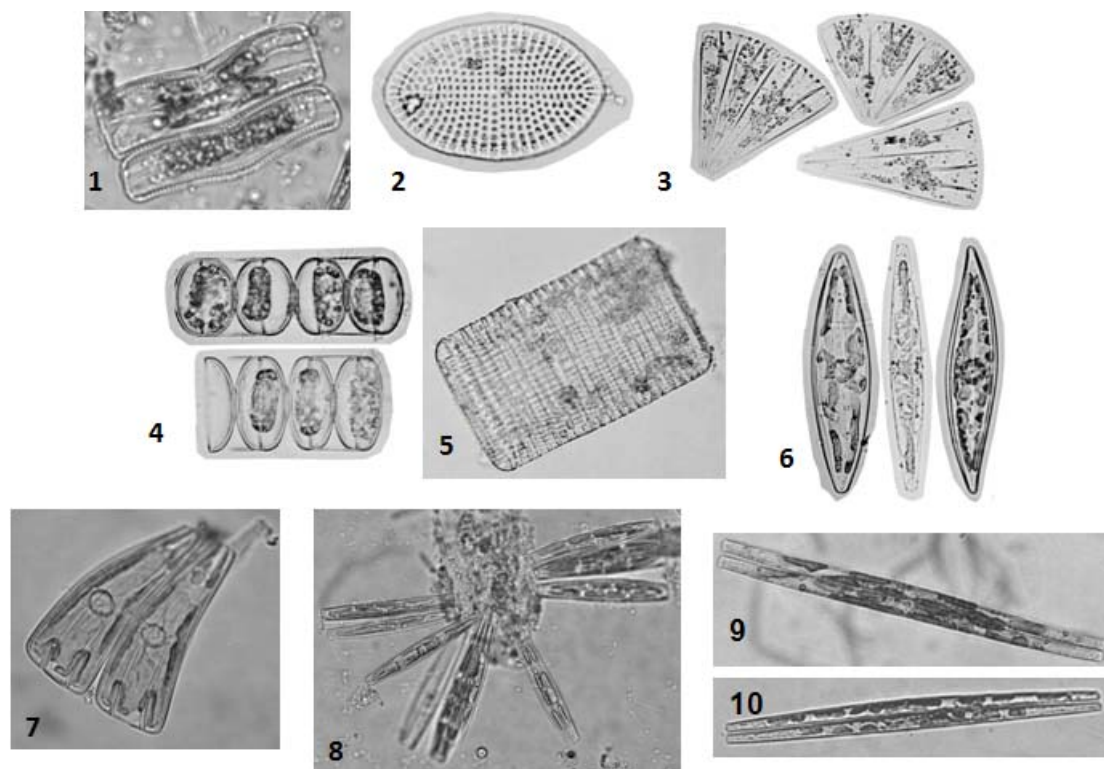
Подчиненную роль играли свободноживущие виды *Cocconeis scutellum*, *Gyrosigma tenuissimum*, *Pleurosigma formosum* и колониальные *Rhabdonema arcuatum* и *Rhoicosphenia marina*. Остальные виды не играли существенной роли в количественном развитии диатомового эпифитона, их относительное обилие оценивалось как «редкое» или «единичное». К индикаторам умеренного органического загрязнения относятся 6 видов (β -мезосапробионты) и 2 вида (α -мезосапробионты) – к индикаторам значительного загрязнения. По эколого-географической характеристике преобладали космополиты (8) и арктобореально-тропические (5) виды. По приуроченности к местообитанию обнаруженные виды относятся к микрофитобентосным (12), характерным для обрастания естественных и искусственных субстратов, и бенто-планктонным или тихопелагическим (6), способным обитать как в пелагиали, так и на субстрате. Это свидетельствует о том, что фитопланктон и микрофитобентос, составной частью которого является микроэпифитон, взаимосвязаны в единый эколого-флористический комплекс [13]. Оседание на талломы макрофита *S. pallidum* планктонной микроводоросли *Rhizosolenia setigera* может быть приурочено к влиянию турбулентного перемешивания водных масс в период закономерного летнего «цветения» фитопланктона в зал. Восток [15].

Относительно невысокое число видов диатомовых водорослей (19) в эпифитоне *S. pallidum* свидетельствует о том, что высокая температура воды в августе, сильная инсоляция и выедание диатомей беспозвоночными животными оказывают существенное влияние на изменение видовой структуры сообщества бентосных и эпифитных микроводорослей, проявляющееся в сокращении числа видов и смене доминант [3, 9].

Значительное влияние на видовой состав и количественное обилие эпифитных диатомей может оказывать морфология макрофита-базифита, представляющего собой субстрат для оседания микроформ. Водоросли с осевым типом таллома имеют более подходящую для поселения эпифитов поверхность по сравнению с плоскими талломами [12]. Макрофиты родов *Cladophora*, *Polysiphonia*, *Ceratium* и др. обрастают диатомовыми значительно обильнее, чем ламинариевые и фукусовые водоросли. Это в целом согласуется с ранее полученными данными об умеренном уровне обрастания видов рода *Sargassum* в бухте Соболев [6], в отличие от видов рода *Saccharina (Laminaria)*, которые почти не обрастают диатомовыми водорослями в силу геометрии их таллома и способности продуцирования метаболитов и эктокринов, препятствующих колонизации их поверхности [11].

Анализ количественного обилия диатомового эпифитона *S. pallidum* показал, что самыми массовыми обрастателями являлись морские, эвритермные и эвригалинные виды, относящиеся к бореальному, арктобореальному и космополитическому комплексам, они толерантны к воздействию неблагоприятных условий среды. Диатомеи *C. scutellum*, *L. abbreviata* и *T. fasciculata* являются убиквистами и широко распространены на различных типах субстратов морей умеренной зоны в местообитаниях с умеренным уровнем антропогенного воздействия. Они предпочитают воду, обогащенную растворенным органическим веществом, и способны переходить от автотрофного к гетеротрофному или смешанному типу питания [2, 10]. Доминирование β - и α -мезосапробионтов в зал. Восток свидетельствует согласно классификационной схеме степени сапробности Кимстач [1] об умеренном уровне органического загрязнения его вод в исследуемый период, что в целом согласуется с данными химического анализа вод Уссурийского зал. [7]. Следует отметить, что видовой состав и количественное обилие диатомовых водорослей эпифитона бурой водоросли *S. pallidum* в бухте Тихая заводь зал. Восток близки к таковым показателям для перифитона экспериментальных пластин из различного материала в прибрежных акваториях зал. Петра Великого [3]. Это выражается, прежде всего, в видовом составе флоры, отсутствии доминирования полисапробов, преобладании

мезосапробных видов и относительно высоком видовом богатстве на фоне умеренных значений количественного обилия, что свидетельствует о средней степени евтрофирования мелководной части зал. Восток, не вызывающего угнетения развития диатомовых водорослей микроэпифитона.



Общий вид клеток и колоний массовых видов диатомовых водорослей эпифитона бурой водоросли *Sargassum pallidum* в зал. Восток Японского моря: 1 – *Achnanthes brevipes*; 2 – *Cocconeis scutellum*; 3 – *Licmophora abbreviata*; 4 – *Melosira moniliformis*; 5 – *Rhabdonema arcuatum*; 6 – *Pleurosigma naviculaceum*; 7 – *Rhoicosphenia marina*; 8-10 – *Tabularia fasciculata*

Cells and colonial general view of mass epiphyton diatoms of *Sargassum pallidum* (Phaeophytes) in Vostok Bay (Japan Sea): 1 – *Achnanthes brevipes*; 2 – *Cocconeis scutellum*; 3 – *Licmophora abbreviata*; 4 – *Melosira moniliformis*; 5 – *Rhabdonema arcuatum*; 6 – *Pleurosigma naviculaceum*; 7 – *Rhoicosphenia marina*; 8-10 – *Tabularia fasciculata*

Экологическое состояние зал. Восток характеризуется отсутствием источников хронического загрязнения и открытого влияния неочищенных сточных вод, свободным водообменом с открытым морем. Индекс превышения ПДК загрязнителей различного происхождения составляет для зал. Восток 0,4, в отличие от других значительно загрязняемых акваторий зал. Петра Великого – Амурского зал. (5,9) и бухты Золотой Рог (41,0) [7]. Однако в теплое время года в мелководных акваториях, подобных зал. Восток, наблюдается природное евтрофирование - элиминация большой массы макрофитов, что во многом способствует повышению трофности вод и определяет состав микроводорослей-доминант как среди микрофитобентоса [9], так и среди фитопланктона [16]. В частности, в летне-осенний период прижизненные выделения макрофитов и их минерализация и бактериальная деструкция после отмирания способствуют обогащению воды растворенным органическим веществом (РОВ), что стимулирует кратковременное массовое развитие одноклеточных водорослей, предпочитающих органотрофию [18].

Аналогичная закономерность прослеживалась в мелководной закрытой бухте Рында (Амурский зал.), где в условиях отсутствия источников антропогенного евтрофирования поступление в бухту органических соединений азота и фосфора в результате трансформации РОВ благотворно влияло на количественное развитие отдельных таксонов донных диатомовых водорослей и приводило к повышению трофности вод [3]. Летом при повышении температуры происходит существенный приток биогенных элементов за счет аллохтонного вноса питательных веществ различного происхождения, что является одним из важнейших механизмов повышения продуктивности донных сообществ в прибрежных водах [9].

Таким образом, сапробиологический анализ видового состава диатомовых водорослей эпифитона бурой водоросли *S. pallidum* в бухте Тихая заводь зал. Восток показал доминирование β - и α -мезосапробионтов, что свидетельствует об умеренном уровне органического загрязнения вод в августе 2010 г., обусловленного природным евтрофированием в результате минерализации и деструкции водорослей на мелководье в летне-осенний период. В естественных условиях диатомеи-эпифиты и макрофиты-базифиты представляют собой физиологически сбалансированную систему, которая в отдельные периоды нарушается влиянием химического загрязнения воды и массовой вспышкой численности диатомовых водорослей.

Изучение эпифитных диатомовых водорослей в зал. Восток и в других прибрежных акваториях зал. Петра Великого с различным уровнем антропогенной нагрузки представляет, несомненно, как научный, так и чисто практический интерес, связанный с разработкой стратегии и тактики биологического мониторинга качества морских вод, наряду с традиционными гидрохимическими и микробиологическими методами. Это также связано с тем, что эпифитные диатомовые водоросли, в отличие от планктонных, образуют более или менее стабильные биоценозы [14]. Кроме того, глобальное строительство на побережье г. Владивостока неизбежно приведет к существенному антропогенному прессу, что повлияет на гидрологический и гидрохимический режимы прибрежных вод некоторых акваторий зал. Петра Великого и на уровень их антропогенного евтрофирования. Для получения более достоверных результатов оценки качества прибрежных вод с использованием сапробиологических характеристик диатомовых водорослей требуется дальнейший мониторинг количественных показателей эпифитона и статистический анализ полученных данных.

Список литературы

1. Баринава С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С.С. Баринава, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив: Изд. дом «Pilies Studio», 2006. – 498 с.

2. Бегун А.А. Диатомовые водоросли эпифитона морского льна *Phyllospadix iwataensis* Makino в бухте Лазурная Японского моря [Текст] / А.А. Бегун, Л.И. Рябушко // Современные проблемы альгологии: материалы междунар. Науч. конф. и VII Школы по морской биологии. Ростов-на-Дону, 9-13 июня 2008 г. – Ростов-н/Д., 2008. – С. 44-46.

3. Бегун А.А. Состав и количественные характеристики микроводорослей перифитона экспериментальных пластин из разных по степени трофности акваторий залива Петра Великого (Японское море) [Текст] / А.А. Бегун, Л.И. Рябушко, А.Ю. Звягинцев // Альгология. – 2009. – Т. 19, № 3. – С. 257-272.

4. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. – Л.: Наука, 1974. – Т. I. – 400 с.

5. Ковалевская Р.А. Сезонная смена эпифитов цистозеры толстоногой *Cystoseira barbata* (Turn.) Ag. (Phaeophyta, Phyciales) [Текст] / Р.А. Ковалевская // Изв. ТИНРО. – 1982. – Т. 106. – С. 154-158.
6. Левченко Е.В. Диатомовые водоросли эпифитона на макрофитах бухты Соболев (Уссурийский залив, Японское море) [Текст] / Е.В. Левченко, А.А. Бегун // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 154. – С. 248-258.
7. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого [Текст] / А.А. Огородникова. – Владивосток: Изд-во ТИНРО, 2001. – 193 с.
8. Паймеева Л.Г. Обрастания zostеры Японского моря [Текст] / Л.Г. Паймеева // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 98. – С. 193-198.
9. Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1986. – 24 с.
10. Рябушко Л.И. Микрофитобентос Черного моря: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Севастополь: ИнБЮМ НАНУ, 2009. – 44 с.
11. Рябушко Л.И. Диатомовые обрастания ламинарии японской, культивируемой в Приморье [Текст] / Л.И. Рябушко, С.К. Буянкина // Биология шельфовых зон Мирового океана: тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по мор. биологии (Владивосток, сент., 1982). – Владивосток, 1982. – Ч. 3. – С. 91-92.
12. Рябушко Л.И. Микрофитообрастания искусственных и природных субстратов в Черном море [Текст] / Л.И. Рябушко, С.Е. Завалко // Бот. журн. – 1992. – Т. 77. – № 5. – С. 33-39.
13. Рябушко Л.И. Седиментация фитопланктона в бухте Казачья Черного моря (Украина) [Текст] / Л.И. Рябушко, И.Н. Бабич, В.И. Рябушко, Л.Л. Смирнова // Альгология. – 2004. – Т. 14, № 1. – С. 48-61.
14. Савицкий О.Л. Рослинність водойм м. Києва [Текст] / О.Л. Савицкий, Л.М. Зуб // Укр. бот. журн. – 1999. – Т. 56, № 3. – С. 266-275.
15. Смирнова Л.Л. Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Черного моря [Текст] / Смирнова Л.Л., В.И. Рябушко, Л.И. Рябушко, И.И. Бабич // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 3. – С. 32-42.
16. Стоник И.В. Фитопланктон как показатель трофности вод залива Петра Великого Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, М.С. Селина // Биол. моря. – 1995. – Т. 21, № 6. – С. 403-406.
17. Hoagland K.D., Rosowsk J.R., Gretz M.R., Roemer S.K. Diatom extracellular polymeric substances: function, fine structure, chemistry and physiology [Text] // J. Phycol. – 1993. – Vol. 29. – P. 537-566.
18. Lewin J.C., Lewin R. Auxotrophy and heterotrophy in marine littoral diatoms [Text] // Can. J. Microbiol. – 1960. – Vol. 6. – P. 127-134.

Сведения об авторах: Бегун Андрей Аркадьевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: andrejbegun@yandex.ru;

Масленников Сергей Иванович, кандидат биологических наук, научный сотрудник, доцент, e-mail: aqua@imb.dvo.ru;

Крючкова Анна Борисовна, технолог, e-mail: ankin88@mail.ru.

УДК 541.183.628515

Л.С. Бянкина, Н.А. Васькова, И.Г. Хальченко

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

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА
И МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ
ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Изучены возможности очистки воды, полученной после гальванического производства, от тяжелых металлов методом электрофлотации с применением окисно-рутениевого титанового анода и морской воды в качестве дополнительного коагулянта, а также влияние модифицированных сорбентов на очистку гальваносток. Сделан вывод об адсорбционном методе как наиболее перспективном для очистки гальваносток от тяжёлых металлов.

Ключевые слова: сточные воды, гальваносток, тяжелые металлы, электрохимический и адсорбционный методы очистки.

L.S. Byankina, N.A. Vaskova, I.G. Khalchenko

**APPLICATION OF ELECTROCHEMICAL METHOD AND MODIFIED SORBENTS
FOR THE NEUTRALIZATION OF CHEMICAL POLLUTION OF WASTEWATER
FROM ELECTROPLATING PRODUCTION**

In this paper we explored the possibility of water purification obtained after electrolytic production of heavy metals by electroflotation with the use of ruthenium oxide-titanium anode, and sea water quality in the space of additional coagulant, and the effect of modified sorbents to clean up galvanic. Concluded that the adsorption method as the most-more promising for galvanic treatment of heavy metals.

Keywords: wastewater, galvanic, heavy metals, electro-chemical adsorption and purification methods.

Введение

Среди загрязнения различных видов окружающей среды химическое загрязнение природных вод имеет особое значение. Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств воды за счет увеличения содержания в ней вредных примесей как неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно-активные вещества, пестициды). Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. К ним относятся соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора, а также цианистые соединения, большинство из них попадает в воду в результате человеческой деятельности, например, гальваническое производство. Состав сточных вод гальванического производства зависит от технологических процессов, а концентрация загрязнений – от характера водопотребления и методов промывки деталей.

Ежегодно в сточных водах гальванических цехов теряется более 0,46 тыс. т меди, 3,3 тыс. т цинка, десятки тысяч тонн кислот и щелочей. Помимо указанных потерь соединения меди и цинка, выносимые сточными водами из очистных сооружений гальванического производства, оказывают весьма вредное влияние на экосистему. Отходы,

содержащие ртуть, свинец, медь, локализованы в отдельных районах у берегов, однако некоторая их часть выносится далеко за пределы территориальных вод. Установлено, что соединения меди и цинка даже при малых концентрациях (0,001 г/л) тормозят развитие, а при больших (более 0,004 г/л) вызывают токсическое воздействие на водную фауну. Тяжелые металлы поглощаются фитопланктоном, а затем передаются по пищевой цепи более высокоорганизованным организмам.

Кроме того, увеличивающиеся масштабы производства, а также повышение требований к качеству воды диктуют поиск всё более эффективных способов удаления загрязнений из природных и сточных вод, возврата очищенных стоков для повторного использования, что является экономически выгодным.

В настоящее время наиболее распространенным методом очистки стоков промышленных производств является реагентный метод, основанный на реакциях нейтрализации и окисления-восстановления. Ионы тяжелых металлов осаждаются в виде малорастворимых соединений (гидроксидов или основных карбонатов). Реагентный метод не обеспечивает достижения приемлемых значений ПДК для большинства ионов металлов в водоемах рыбохозяйственного назначения [1].

В последнее время заслуживает внимание электрохимический метод (метод электрофлотации) очистки гальваносточков.

Сущность электрофлотации заключается в образовании мелкодисперсных пузырьков газа (водорода и кислорода), равномерно распределяемых в объеме обрабатываемой воды при пропускании постоянного электрического тока через водный раствор. Газовые пузырьки, поднимаясь вверх, сталкиваются с дисперсными частицами загрязнений, прилипают к ним и затем флоатируют их на поверхность воды, образуя устойчивый пенный слой – флотошлам. Сюда же выносятся отдельные растворимые загрязнения, физически адсорбирующиеся на дисперсных частицах.

Объекты и методы исследований

Нами были изучены возможности очистки воды, полученной после гальванического производства, от тяжелых металлов методом электрофлотации с применением окисно-рутениевого титанового анода (ОРТА) и морской воды в качестве дополнительного коагулянта. Исследование состояло из нескольких этапов, после каждого из них отбиралась проба раствора для определения в нем содержания тяжёлых металлов. Исходная вода представляла собой прозрачную жидкость бледно-желтого цвета без ярко выраженного запаха с рН=6. Перед проведением электроокисления рН гальваносточной воды доводили до значения, равного 9, путём прибавления к ней раствора NaOH (10 г/л). При этом не наблюдалось никакого образования осадка. Затем к полученному раствору добавляли морскую воду так, чтобы содержание её составляло 35 % от объема исследуемой воды, и оставляли в состоянии покоя в течение 0,5 ч. В результате добавления морской воды в растворе появлялось небольшое белое помутнение. Полученный раствор подвергали электроокислению с ОРТА – железными электродами в течение 30, 60, 90 мин. Содержание тяжелых металлов в образцах исходной и обработанной воды определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Хитачи» 180-50. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Из полученных результатов видно, что исходная вода больше всего была загрязнена кадмием, хромом и цинком. После добавления 35 % морской воды и полурасового отстаивания содержание всех присутствующих тяжелых металлов резко уменьшилось, и степень очистки составила примерно 84 % (Ni) – 99,6 % (Zn). Для свинца она составила 56,8 %. Таким образом, все присутствующие в исходной воде ионы тяжелых металлов, связавшись с компонентами морской воды, выделились в небольшой осадок.

Таблица 1
Table 1

Содержание металла, мг/кг	Исходная вода	Исходная вода + 35 % морской воды	Процент очистки	Время электроокисления, мин			Процент очистки
				30	60	90	
Cd	12,0	0,68	94,3	4,00	4,00	6,00	50
Pb	0,37	0,16	56,8	0,15	0,14	0,13	64,86
Ni	0,91	0,15	83,5	0,14	0,17	0,14	84,6
Cr	8,00	0,52	93,5	0,94	0,73	1,18	85,25
Cu	1,14	0,01	99,1	0,08	0,31	0,245	78,5
Zn	5,61	0,02	99,6	0,24	0,71	2,07	63,1
Fe	0,30	0,04	86,7	0,08	0,28	0,72	-140

Дальнейшее электроокисление исследуемой воды привело к тому, что содержание большинства металлов в воде несколько увеличилось. Время электроокисления существенно сказалось на увеличении содержания в воде Cd, Cr, Zn, и Fe, т.е. понижении процента очистки, и только процент очистки воды от свинца и никеля увеличился.

Такое изменение процента очистки воды в ходе её электроокисления, вероятно, можно объяснить следующим: поскольку электрообработке подвергалась вода, содержащая осадок, образовавшийся после добавления морской воды, то в процессе электроокисления и флотации произошло частичное разрушение соединений металлов, находящихся в коагуляте. Увеличение содержания железа в воде, очевидно, связано с несовершенством устройства электрофлотатора, которое приводит к коррозии железного катода при электролизе.

Кроме того, нами параллельно определялась степень биологического загрязнения воды в результате антропогенного воздействия при помощи одного из наиболее информативных и интегральных показателей, а именно: ХПК (химическое потребление кислорода). Этот показатель используется при контроле качества природных вод, исследовании сточных вод (до и после отчистки) и др. ХПК характеризует общее количество содержащихся в воде восстановителей (органических и неорганических), реагирующих с сильными окислителями. В качестве таких окислителей используют бихромат – перманганат – анионы отсюда и соответственно бихроматный и перманганатный методы определения ХПК. Применяя метод бихроматной окисляемости, возможно получение наиболее полного окисления органических соединений бихроматом калия. В данном случае мы и воспользовались этим показателем для определения степени отчистки гальваностоков после электрофлотации. В результате исследования гальваностоков на всех этапах очистки происходило изменение ХПК, а именно: значения ХПК изменились от 96 мгО₂/л (исходная гальваносточная вода) до 32 мгО₂/л практически на всех стадиях очистки независимо от времени. Это незначительное уменьшение ХПК говорит о низком содержании органических загрязнений в гальваностоках.

Вторым этапом нашего исследования являлось изучение влияния модифицированных сорбентов на очистку гальваностоков. Известно, что в настоящее время наиболее перспективным методом глубокой очистки природных и сточных вод является адсорбционный метод, который позволяет обеспечить высокую степень доочистки промышленных стоков. Он основан на селективном извлечении из сточных вод отдельных, загрязняющих веществ в сравнительно небольших концентрациях, когда извлечение примесей другими методами очистки экономически нецелесообразно или невозможно. Существует мнение, что сорбционный метод используют для удаления из воды не

только органических и элементарноорганических загрязнений, но и неорганических. Соединения тяжелых металлов весьма токсичны, препятствуют нормальным процессам в водоемах и часто делают воду непригодной для дальнейшего использования. Сорбция последних целесообразна из низкоконцентрированных растворов и обусловлена как физической сорбцией, так и хемосорбцией. Получение и применение модифицированных сорбентов позволяет значительно расширить возможности сорбционного метода [2].

Вместо этого для изучения возможности сорбции тяжелых металлов, содержащихся в сточных водах гальванопроизводства, мы брали природные алюмосиликаты и модифицированные на их основе сорбенты.

Адсорбцию проводили на массе сорбента, равной 1 г, в объеме гальваносточной воды 100 мл в течение 0,5 ч. После отфильтровывания сорбента в исследуемом растворе определяли содержание тяжелых металлов.

Изучаемыми сорбентами были цеолит с размером зерна менее 0,25 мм и модификаты на его основе, а также вермикулит с размером зерна 0,2-0,315 мм и его модификаты. Результаты анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Содержание металла, мг/кг	Исходная вода	Сорбенты							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Cd	12,0	20,0	13,0	18,0	10,0	52,0	14,0	14,0	0,02
Pb	0,37	0,06	0,01	0,05	0,03	0,075	0,09	0,07	0,05
Ni	0,91	0,61	0,45	0,40	0,18	0,18	0,38	0,15	0,01
Cr	8,00	3,53	2,11	2,71	2,5	1,31	1,44	1,72	1,25
Cu	1,14	0,87	0,14	0,13	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01
Zn	5,61	13,7	8,06	7,94	1,94	0,61	4,53	2,08	0,03
Fe	0,30	2,5	0,30	0,54	0,15	0,25	0,12	0,19	52,0

Примечание. 1 – цеолит; 2 – цеолит + 3 % хитозана; 3 – цеолит + FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ хитозана; 4 – цеолит + 3 % хитозана + FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; 5 – вермикулит; 6 – вермикулит + 3 % хитозана (чистый); 7 – вермикулит + 3 % хитозана (грязный); 8 – вермикулит (0,05-0,2 мм) + FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов показывает, что нельзя из исследуемых сорбентов однозначно выбрать тот, на котором адсорбция всех присутствующих в гальваностоках металлов была бы оптимальной. Наиболее лучшим из представленных адсорбентов для тяжелых металлов (кроме железа) является вермикулит (0,05-0,2 мм), модифицированный FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Увеличение содержания железа в воде, где присутствовал этот сорбент, очевидно, вызвано частичным растворением солей железа с его поверхности. Все сорбенты неплохо адсорбируют свинец, медь, никель, хром. Кадмий очень хорошо адсорбируется на вермикулите + FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и незначительно – на цеолите + 3 % хитозана + FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, а все остальные сорбенты наоборот загрязняют воду кадмием. Наилучшим сорбентом для цинка явился также вермикулит (0,05-0,2 мм), модифицированный FeCl_3 + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, а для железа – вермикулит, модифицированный 3 % хитозана (чистый).

В результате исследований мы пришли к следующим выводам:

1) достаточно полная очистка сточных вод гальванопроизводства достигается при использовании в качестве коагулятора морской воды;

2) метод электрофлотации с использованием анода, модифицированного благородным металлом для очистки гальваностокосов от тяжёлых металлов, можно считать менее эффективным, в отличие от наиболее перспективного метода для этого вида сточных вод, а именно: адсорбционный метод, который позволяет обеспечить высокую степень доочистки промышленных стоков и возврата очищенных вод для повторного их использования, что является экономически выгодным.

Список литературы

1. Чантурия В.А. Гальванохимические методы очистки техногенных вод: Теория и практика [Текст] / В.А. Чантурия, П.М. Соложенкин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 204 с.

2. Жамская Н.Н. Очистка сточных вод гальванических и пищевых предприятий [Текст]: моногр. / Н.Н. Жамская, Л.С. Бянкина, С.В. Малкова. – Владивосток, Дальрыбвтуз, 2006. – 97 с.

Сведения об авторах: Бянкина Людмила Степановна, кандидат химических наук, доцент, e-mail: lbyankina@mail.ru;

Васькова Наталья Алексеевна, кандидат медицинских наук, доцент, e-mail: natalyvaskov@yandex.ru;

Хальченко Ирина Григорьевна, старший преподаватель, e-mail: khalch@mail.ru.

УДК 594

Г.Г. КалининаДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**СПЕРМАТОГЕНЕЗ КОРБИКУЛЫ ЯПОНСКОЙ *CORBICULA JAPONICA***

*Изучена морфология гонад самцов корбикулы японской *Corbicula japonica*. Выделено пять стадий зрелости гонады. Стадии активного гаметогенеза, преднерестовая и нерестовая у самцов частично совпадают по времени и проходят в сжатые сроки. С началом нереста в июле гаметогенез не прекращается, а процессы спермиогенеза наблюдаются до середины августа. Изучена динамика клеточного состава гонад и ультраструктура спермиев.*

Ключевые слова: гаметогенез, спермиогенез, гонада, ультраструктура, сперматозоиды.

G.G. Kalinina**SPERMATOGENESIS OF CORBICULA JAPONICA**

*Gonad morphology of male *Corbicula Japonica* was investigated. There were selected five stages of gonad maturation. Stages of active gametogenesis, prespawning and spawning of males are partly synchronized and pass in a very short time. When spawning begins in July gametogenesis doesn't stop and spermiogenesis occurs till the mid-August. Dynamic of gonads' cell composition and ultrastructure of sperms were also investigated.*

Key words: gametogenesis, spermiogenesis, gonad, ultrastructure, sperms.

Рациональное ведение промысла гидробионтов является актуальной проблемой в развитии прибрежного рыболовства. Особое внимание при этом уделяется исследованию размножения хозяйственно-ценных организмов. К таким животным относится корбикула японская. В связи с этим требуется знать основные закономерности их размножения; какие изменения происходят в гонадах моллюсков в различные сезоны года, когда начинается нерест и его продолжительность.

Корбикула японская отлавливалась в устье р. Раздольной в течение 1995-1996 гг. с глубины 1,0-1,5 м два раза в месяц. Кусочки семенников размером 0,5 см фиксировали в жидкости Буэна. Парафиновые срезы толщиной 3 мкм окрашивали гематоксилином Эрлиха с докраской эозином [2].

Степень зрелости семенников уточняли цитологическими наблюдениями. Ежемесячно учитывали количество фолликулов в поле зрения микроскопа при увеличении 7x10, их среднюю площадь, площадь зоны роста и формирования. К зоне роста отнесли часть фолликула, занятую сперматогониями I и II, зоне формирования – площадь, на которой располагаются сперматиды и сперматозоиды. Все измерения проводили с помощью рисовального аппарата РА-4, полярного планиметра ПП-2К и выражали в условных единицах.

Для электронной микроскопии гонады фиксировали в 2%-м глутаральдегиде на 0,5 М какодилатном буфере, содержащем 2,9%-й NaCl, дофиксировали 1%-м OsO на том же буфере и заключали в аралдит. Срезы просматривали в микроскопе JEM-100 В [2].

Все количественные данные обрабатывали методами вариационной статистики [3].

В результате проведенных исследований установлено, что репродуктивная система корбикулы состоит из двух гонад и гонодуктов. Зачаток гонады расположен в районе брюшной стенки перикардия, в ходе формирования половой железы образуются трубочки с многочисленными терминальными и латеральными фолликулами, проникающими в соединительную ткань висцеральной массы с правой и левой сторон. Трубочки

каждой гонады в результате слияний образуют пару гонодуктов, которые идут каудально и дорсально по направлению к области половых отверстий. Отверстия в виде продольных щелей расположены в крошечных папиллах, локализованных на каждой стороне дорсальной вершины висцеральной массы, как раз впереди от мышцы ретрактора ноги. Строение гонодуктов зависит от нерестовой активности моллюсков. Осенью, в период пролиферации сперматогониев, и весной, в период активного гаметогенеза, стенки гонодуктов утолщены. В ходе нереста гонодукт сильно растянут и складок на его стенке нет. В ходе нереста гаметы выходят из гонады, проходят по гонодуктам и направленным током жидкости выходят из мантийной полости в морскую воду. Во внешней среде происходит оплодотворение и все последующее развитие.

В репродуктивном цикле корбикулы японской выделяют стадии половой зрелости гонады, которые приурочены к определенному сезону года (таблица).

Преднерестовая стадия и нерест. В преднерестовом состоянии корбикула встречается с конца июня до середины июля. В ацинусах самцов зона формирования состоит только из сперматид на разных стадиях спермиогенеза. В июле эта зона представлена как сперматидами, так и сперматозоидами. Нерест корбикулы наблюдается с конца июля и продолжается до конца августа (рис. 1, г, д).

Посленерестовая стадия продолжается весь сентябрь до середины октября. В гонадах самцов в просветах ацинусов появляется небольшое количество мелких сперматогониев (рис. 1, а).

Начало гаметогенеза – это самая продолжительная стадия полового цикла. Она отмечалась с середины октября до середины мая. На ее протяжении можно отметить довольно резкое увеличение гонады за счет усиления роста ацинусов. В них появляется небольшое количество мелких сперматогониев, а в середине мая их количество увеличивается (рис. 1, б).

Стадия активного гаметогенеза отмечалась с конца мая по июнь включительно. В гонадах самцов вдоль стенки ацинусов много мелких сперматогониев, лежащих в несколько слоев. Появляется много сперматоцитов I на разных стадиях мейоза. Сперматоциты лежат большими группами сразу после гониев ближе к просвету ацинуса. Летом в мужской гонаде происходит резкое утончение сперматогенного слоя. Основной клеточный состав гонады – сперматиды (рис. 1, в).

Морфометрические данные показали, что на протяжении зимы фолликулы семенника имеют небольшой диаметр, а с середины апреля начинают увеличиваться. Максимальная величина их средней площади в поперечном сечении приходится на конец июня – июль. Зона роста начинает увеличиваться в начале апреля и достигает максимального значения в июне – июле. К августу средняя площадь зоны роста уменьшается и сохраняется до середины августа; в конце месяца она исчезает. Зона формирования впервые отмечается в конце мая и занимает третью часть фолликула, ее средняя площадь нарастает быстро и в июне имеет наибольшее значение, уменьшаясь в августе. К началу октября она отсутствует (рис. 2).

Цитологические и морфологические исследования клеточного состава семенников корбикулы в разные сезоны показали, что половой цикл самцов начинается во второй половине октября, но до середины апреля течет вяло.

Ультраструктуре гамет двустворчатых моллюсков посвящено немало работ [1, 5]. Показано, что строение спермиев для каждого вида двустворчатых моллюсков специфично, кроме того, наблюдается взаимосвязь строения яйцевых оболочек и особенностей осеменения [1].

С использованием электронной микроскопии исследована ультраструктурная организация сперматозоидов корбикулы японской.

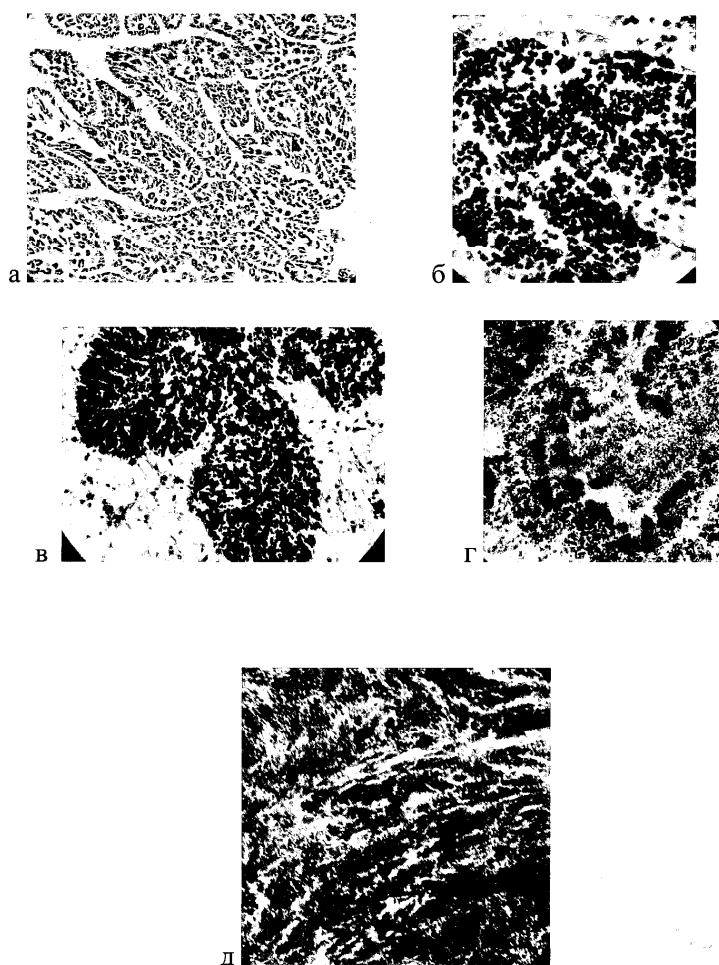


Рис. 1. Семенник корбикулы японской в различные сезоны года (стадии): а – посленерестовая;

б – начало гаметогенеза;
в – активный гаметогенез;
г – преднерестовая;
д – нерестовая

Fig.1. Testis Corbicula Japan in different seasons (stages):

а – poslenerestovaya;
б – the beginning of gametogenesis;
в – active gametogenesis;
г – perednerestovaya;
д – spawning

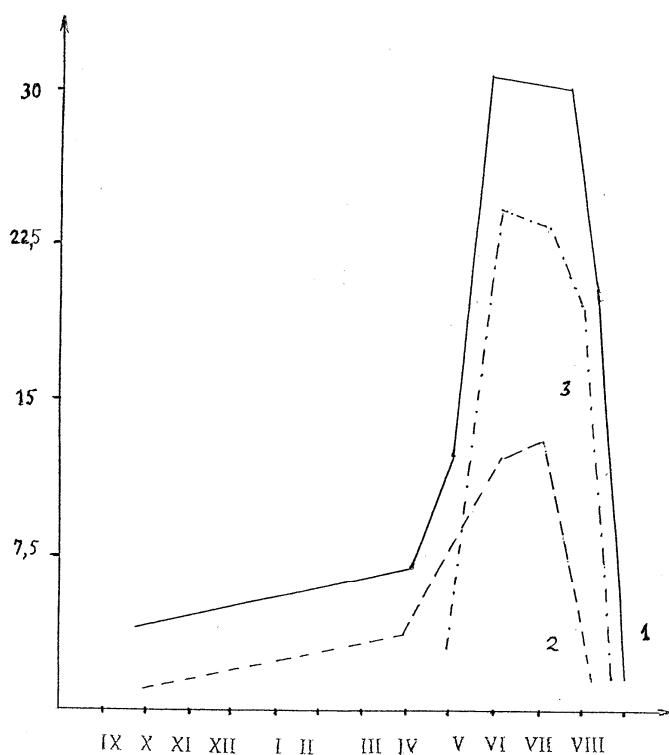


Рис. 2. Морфометрическая характеристика семенников корбикулы японской в течение года:

1 – средняя площадь фолликулов;
2 – средняя площадь зоны роста;
3 – средняя площадь зоны формирования. По оси абсцисс – месяцы, по оси ординат – площадь (усл. ед.)

Fig. 2. Morphometric characteristics of the testes Corbicula Japan for a year:

1 – the average area of follicles;
2 – the average area of the growth zone;
3 – the average area of the formation zone. Along the horizontal axis – months, along the vertical axis – ploschadt

Зрелый сперматозоид корбикулы имеет изогнутую капсуловидную головку длиной 8 мкм и толщиной в средней части 1,5 мкм. Акросомный аппарат состоит из акросомного пузырька диаметром 0,7 мкм и постакросомного материала, расположенного между ядром и акросомным пузырьком. В средней части спермия находятся удлинённые митохондрии, окружающие две центриоли, располагающиеся под прямым углом друг к другу. В задней части ядра спермия имеется выпячивание, в которое входит корешок проксимальной центриоли, связанный с оболочкой ядра. В дистальной центриоли базального тельца жгутика расположен корешковый аппарат из девяти фибриллярных элементов. Длина жгутика 60 мкм (рис. 3).

Результаты проведенного исследования могут быть использованы не только для познания биологии размножения данного моллюска, но и для развития рационального ведения промысла этих животных и их воспроизводства.

Стадии зрелости семенников корбикулы японской в течение года
Maturity stage of testes Corbicula Japan for a year

Название стадии	Характеристика стадий		Время года
	Визуальная	Цитологическая	
Относительная половая инертность	Пол визуально не определяется; светлые семенники спавшие, уменьшены в размерах	Стенка фолликулов утолщена; встречаются первичные сперматогонии; много амебоцитов	Сентябрь – начало октября
Начало гаметогенеза	Пол визуально не определяется; светлые семенники имеют вид тонкой пластинки, распластанной на внутренней поверхности кожного-мышечного мешка	В фолликулах присутствуют сперматогонии, амебоцитов мало	Середина октября – середина мая
Активный гаметогенез	Пол визуально не определяется, фолликулы увеличиваются, объем гонады возрастает	Фолликулы заполняются сперматогониями и сперматоцитами; амебоциты встречаются редко	Конец мая – июнь
Преднерестовая	Пол определяется визуально, семенники молочного цвета	В фолликулах имеются все типы сперматогенных клеток; в зоне роста преобладают сперматоциты; центр фолликула занят сперматидами и сперматозоидами; амебоцитов мало	Начало июня – середина августа
Нерестовая	Пол определяется визуально, семенники молочного цвета; набухшие	Фолликулы заполнены сперматидами и сперматозоидами; единично встречаются сперматогонии и сперматоциты	Середина июля – конец августа



Рис. 3. Схема сперматозоида корбикулы японской: ар – акросомный пузырек; дц – дистальная центриоль; ж – жгутик; м – митохондрии; па – постакросомный материал; пц – проксимальная центриоль; с – саттелиты

Fig. 3. Scheme sperm Corbicula Japanese: ар – akrosomny bubble; дц – distal centriole; ж – flagellum; м – mitochondria; па – postakrosomny material; пц – proximal centriole; с – sattelity

Список литературы

1. Дроздов А.Л. Размеры и форма гамет у морских двустворчатых моллюсков [Текст] / А.Л. Дроздов, В.П. Касьянов // Биология моря. – 1985. – Т. 1,5, № 5. – С. 783-740.
2. Меркулов Г.А. Курс патологической техники / Г.А. Меркулов. – Л.: Медицина, 1969. – 420 с.
3. Плохинский Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.
4. Явнов С.В. Корбикула [Текст] / С.В. Явнов, В.А. Раков. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2002. – 145 с.
5. Franzen A. Ultrastructural studies of spermatozoa in three Bivalvia species with on evolution of elongated nucleus of primitive spermatozoa // Gamete Res. – 1983. – Vol. 7. – P. 199-214.

Сведения об авторе: Калинина Галина Георгиевна, кандидат биологических наук, доцент.

УДК 639.3/6

О.В. Шатковская¹, С.И. Масленников^{1,2}, Л.С. Белогурова²

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

²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

**СООБЩЕСТВА МЕЙОБЕНТОСА В РАЙОНЕ ПОДВЕСНЫХ ПЛАНТАЦИЙ
ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА В БУХТЕ СЕВЕРНОЙ СЛАВЯНСКОГО ЗАЛИВА
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Исследовались сообщества мейобентоса мягких грунтов в районе подвесных плантаций приморского гребешка в бухте Северной Славянского зал. Исследования проводились в июле 2010 г. Мейофауна была представлена шестью группами животных. Эвмейофауна включала Foraminifera, Harpacticoida, Nematoda, Ostracoda; псевдомейофауна представлена неполовозрелыми Polychaeta, молодью Bivalvia.

Ключевые слова: мейобентос, бухта Северная, подвесные плантации, приморский гребешок.

O.V. Shatkovskaya, S.I. Maslennikov, L.S. Belogurova
**COMMUNITY OF MEIOBENTHOS IN THE ZONE OF SUSPENDED SCALLOP
PLANTATION, BAY OF SEVERNAYA, BAY OF SLAVYANSKII
(PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)**

We studied the community of meiobenthos of soft soils in the area overhead plantation in the bay scallop in North Slavic Bay. Research was conducted in July 2010. Meiofauna was represented by 6 groups of animals. Evmeyofauna include Foraminifera, Harpacticoida, Nematoda, Ostracoda; pseudo-meyofauna represented immature Polychaeta, Bivalvia juveniles.

Key words: meiobenthos, suspended mollusk plantations, yesso scallop.

В течение ряда лет проводятся работы по исследованию состава и численности мейофауны, сопутствующей поселению приморского гребешка [1, 2]. Качественный состав и количественное распределение мейобентоса в пространстве может характеризовать состояние плантаций промысловых беспозвоночных. Сведений по динамике сообщества мейобентоса в районе размещения подвесных плантаций приморского гребешка на акватории Славянского зал. на данный момент нет.

Целью настоящей работы является изучение таксономического состава и плотности поселения основных групп мейобентоса в районе размещения подвесных установок приморского гребешка в бухте Северной.

Материалом для данной работы послужили пробы мейобентоса, собранные в июле 2010 г. в районе подвесных установок приморского гребешка, расположенных на акватории бухты Северной на глубине 10 м (рис. 1). Грунт в районе отбора проб представлен илом черного оттенка.

Сборы мейобентоса проводили с использованием легководолазного снаряжения трубчатым пробоотборником площадью 20 см², высота колонки грунта 5 см. На каждой станции отбирали по три пробы. Всего собрано и обработано 9 количественных проб мейобентоса. Обработку проводили по стандартной методике [3]. Пробу грунта промывали через сито с газом 50 мкм. Отмытую пробу окрашивали витальным красителем «бенгальская роза» и просматривали в счетной камере Богорова под биноклем.

Проводили подсчет численности таксономических групп мейобентоса. Полученные количественные данные пересчитывали на 10 см^2 . Определение таксономической принадлежности животных проводилось до уровня отряда или класса.

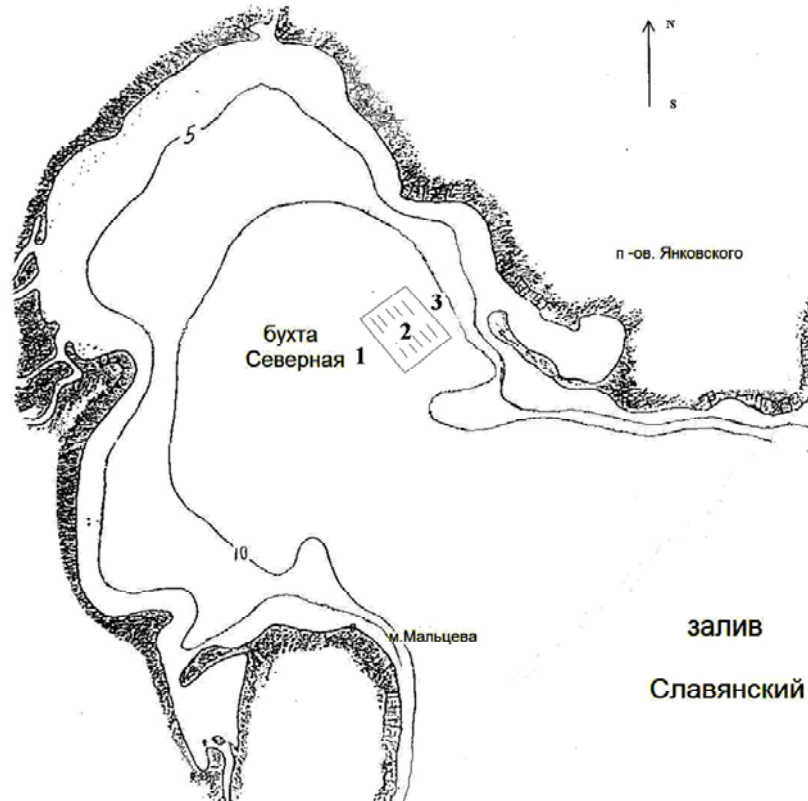


Рис. 1. Карта-схема района исследования: 1-3 - станции отбора проб в районе подвесных установок марикультуры

Fig. 1. A schematic map of the study area: 1-3 - the sampling stations in the area suspended facilities of mariculture

В составе мейобентоса в районе подвесных установок марикультуры обнаружено 6 таксономических групп. Эвмейофауна включала в себя следующие группы: *Foraminifera*, *Harpacticoida*, *Nematoda*, *Ostracoda*; псевдомейофауна была представлена неполовозрелыми *Polychaeta*, молодью *Bivalvia* (таблица, рис. 2, 3). В целом в мейобентосе по плотности поселения преобладали представители эвмейофауны.

Плотность поселения мейобентоса (экз./ 10 см^2) в районе подвесных установок приморского гребешка в бухте Северной
Density of meiobenthos (ind / 10 cm^2) area of yesso scallop suspended facilities in bay of Severnaya

Группа	Станция 1	Станция 2	Станция 3
<i>Nematoda</i>	4,2	314,7	138,1
<i>Foraminifera</i>	-	5,8	18,3
<i>Harpacticoida</i>	-	18,6	-
<i>Ostracoda</i>	-	-	0,8
<i>Polychaeta</i>	-	3,9	-
<i>Bivalvia</i>	-	-	7,2

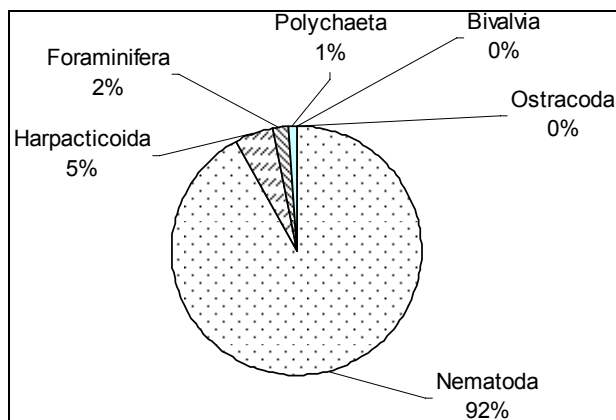


Рис.2. Состав мейобентоса под плантацией (станция 2)
 Fig. 2. Composition of meiobenthos plantations (station 2)

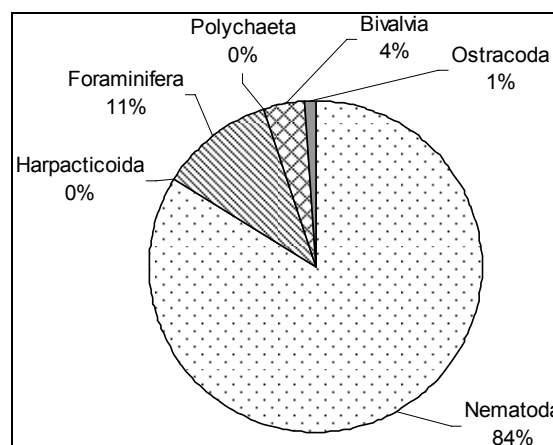


Рис. 3. Состав мейобентоса (станция 3)
 Fig. 3. Composition of meiobenthos at (station 3)

На станции 1, расположенной юго-западнее подвесных плантаций, встречаются только *Nematoda* (см. таблицу). Непосредственно под плантацией (станция 2) по плотности поселения доминируют *Nematoda*, субдоминируют *Harpacticoida* (см. рис. 2, таблицу). На станции 3 северо-восточнее плантации *Nematoda* сохраняет свои доминирующие позиции при субдоминировании *Foraminifera* (см. рис. 3).

Таким образом, в эвмейофауне преобладали по плотности поселения нематоды, фораминиферы и гарпактициды. Нематоды – основная доминирующая группа мейобентоса, на их долю приходилось от 84 до 100 % суммарной плотности поселения мейобентоса (см. рис. 2, 3). Черви *Nematoda* отмечены на всех станциях. Максимальная плотность поселения нематод отмечена непосредственно под установками марикультуры – 314,7 экз./10 см².

Фораминиферы отмечены как под установками марикультуры, так и ближе к берегу. На их долю приходилось от 2 до 11 % суммарной плотности поселения мейобентоса (см. рис. 2, 3). Максимальная плотность поселения фораминифер отмечена на прибрежной станции (станция 3) – 18,3 экз./10 см².

Гарпактициды были встречены только под установками марикультуры – 18,6 экз./10 см². Доля их составила 5 % от общей плотности поселения мейобентоса (см. рис. 2, 3).

Плотность поселения остракод (0,8 экз./10 см²) была очень низкая и составляла около 1 % от общей (см. рис. 2, 3). Остракоды в составе мейобентоса отмечались только на станции 3 (см. рис. 1).

Псевдомейобентос составлял от 1 до 4 % общей численности. Обнаружены двустворчатые моллюски и многощетинковые черви. Двустворчатые моллюски были представлены створками молодежи мидии тихоокеанской и встречались только на станции 3, многощетинковые черви – непосредственно под плантацией (станция 2).

Общая картина изменения суммарной плотности мейобентоса представлена на рис. 4. Преобладающая тенденция – нарастание суммарной плотности под плантацией.

Суммарная плотность поселения мейобентоса на станции 1 составляет всего 4,2 экз./10 см². Это минимальная величина отмечена за весь период наблюдения. Максимальные значения суммарной плотности поселения мейобентоса отмечены непосредственно под плантацией – 343 экз./10 см². Можно предположить, что низкая плотность поселения мейобентоса связана с сероводородным брожением биоотложений, выделяемых с подвесных плантаций приморского гребешка. Кислая среда грунта растворяет раковины моллюсков и фораминифер.

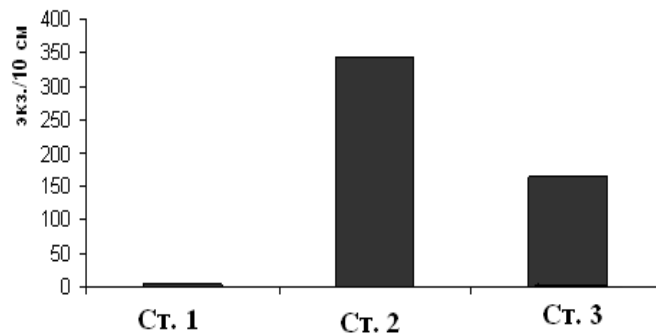


Рис. 4. Суммарная плотность мейобентоса в районе подвесных установок приморского гребешка в бухте Северной Славянского зал.

Fig. 4. The total density of meiobenthos in area suspended construction in the yesso scallop in Severnaya bay Slavic Bay

Таким образом, мейобентос в районе расположения подвесных плантаций приморского гребешка на акватории бухты Северной Славянского зал. представлен шестью таксономическими группами. В эвмейофауне донных осадков доминировали нематоды. Псевдомейобентос представлен только раковинами двустворчатых моллюсков и молодью полихет. Максимальная плотность поселения мейобентоса (343 экз./10 см²) отмечена непосредственно под плантацией, минимальная (4,2 экз./10 см²) – по направлению к центру от плантации.

Список литературы

1. Белогурова Л.С. Мейофауна сообщества обрастания установок марикультуры гребешка на акватории о-ва Рейнеке (зал. Петра Великого, Японское море) [Текст] / Л.С. Белогурова, С.И. Масленников // Современное состояние водных биоресурсов: материалы науч. конф., посвященной 70-летию С.М. Коновалова. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2008. – С. 705-708.
2. Гальцова В.В. Мейобентос бухты Алексева (залив Петра Великого, Японское море) в условиях марикультуры приморского гребешка [Текст] / В.В. Гальцова, О.Н. Павлюк // Препр. № 20. – Владивосток: ИБМ ДВНЦ СССР, 1987. – 49 с.
3. Гальцова В.В. Количественный учет мейобентоса [Текст] / В.В. Гальцова // Гидробиол. журн. – 1971. – Т. 7, № 2. – С. 132-136.

Сведения об авторах: Шатковская Ольга Витальевна, аспирант, начальник научного отдела Научно-производственного департамента марикультуры, e-mail: shatkovskaya@inbox.ru;

Масленников Сергей Иванович, кандидат биологических наук, профессор, старший научный сотрудник;

Белогурова Людмила Семеновна, кандидат биологических наук, научный сотрудник.

УДК 581:582.252

О.Г. Шевченко^{1,2}, С.И. Масленников^{1,2}, Т.В. Блошко¹

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

²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

МОНИТОРИНГ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В БУХТЕ СЕВЕРНОЙ (СЛАВЯНСКИЙ ЗАЛИВ) В 2008, 2009 ГГ.

*Исследования фитопланктона проводили на акватории бухты Северной Славянского зал. в районе НЭЦ Дальрыбвтуза с мая по ноябрь 2008, 2009 гг. Обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей: диатомовые *Pseudo-nitzschia pungens* и *P. delicatissima*, динофлагелляты *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* и *Prorocentrum minimum*. Массовое развитие видов рода *Pseudo-nitzschia* отмечали в сентябре 2009 г., суммарная численность видов была невысокой и составляла $108,5 \cdot 10^3$ кл./л. Отмечены случаи массового развития *D. acuminata*, при которых численность вида превышала ПДК (200–500 кл./л) в 10 раз: в июне 2008 г. зарегистрировали $2,5 \cdot 10^3$ кл./л, в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л. Пики численности *P. minimum* в районе исследования наблюдали в июле 2008 г. – $36 \cdot 10^3$ кл./л и в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л.*

Ключевые слова: фитопланктон, потенциально токсичные виды, марикультура, бухта Северная.

O.G. Shevchenko, S.I. Maslennikov, T.V. Blozhko MONITORING OF POTENTIALLY TOXIC PHYTOPLANKTON SPECIES IN SEVERNAYA BIGHT (SLAVYANSKII BAY) IN 2008, 2009

*The study of phytoplankton in the area of mollusk farm of FESTFU in Severnaya Bight (Slavyanskii Bay) was investigated from May to November 2008, 2009. Six species of microalgae known to be toxic were found: diatoms *Pseudo-nitzschia pungens* and *P. delicatissima*, dinoflagellates *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* and *Prorocentrum minimum*. The massive development species of the genus *Pseudo-nitzschia* ($108,5 \cdot 10^3$ cells/L) was observed in September 2009. The greatest density of *D. acuminata* was recorded in June 2009 ($5 \cdot 10^3$ cells/L) it is exceeded safety level concentration of potentially toxic *Dinophysis* cells for mollusk farm in some foreign countries. The maximum density of *P. minimum* ($36 \cdot 10^3$ cells/L) was observed in July 2008.*

Key words: phytoplankton, potentially toxic phytoplankton species, aquaculture, Severnaya Bight.

Славянский зал. является заливом третьего порядка и расположен в юго-западной части Амурского зал. Акватория Амурского зал., характеризуется высоким уровнем содержания нитратов и нитритов в воде и повышенной первичной продукцией фитопланктона [1]. В последней четверти XX в. особое внимание исследователей Амурский зал. привлекал как акватория, подверженная значительному эвтрофированию и загрязнению. Значительное число работ, посвященных изучению микроводорослей Амурского зал., касалось проблем эвтрофирования и «цветения» воды, описанию случаев «красных приливов» [2-4].

Одним из наиболее чувствительных биотических компонентов, быстро реагирующих на изменение водной среды, является фитопланктон. Известно, что воздействие на окружающую среду может оказывать деятельность марикультурных хозяйств. В бухте Северной Славянского зал. с 2004 г. функционирует Научно-экспериментальный марикультурный центр Дальрыбвтуза по выращиванию двустворчатых моллюсков. В про-

цессе жизнедеятельности культивируемых беспозвоночных происходит увеличение содержания органического вещества в воде и донных отложениях [5-7]. Так, в бухте Миносок (зал. Посъета), где более 30 лет культивируют приморский гребешок, в летне-осенний период отмечали массовое развитие потенциально токсичных микроводорослей, плотность которых превышала предельно допустимый уровень [8]. В свою очередь, изменения в планктонном сообществе оказывают влияние на культивируемые организмы. Массовое развитие токсичных микроводорослей может привести к гибели гидробионтов. Накопление в процессе фильтрации фикотоксинов в тканях двусторчатых моллюсков представляет опасность для человека и теплокровных животных при употреблении зараженных моллюсков в пищу [9-11]. В странах с развитой марикультурой: Юго-Восточная Азия, Северная и Южная Америка, Западная и Южная Европа, Австралия и Новая Зеландия – проблема развития токсичного планктона на акватории хозяйств хорошо изучена, развита система мониторинга, существует нормативно-правовая база по контролю фикотоксинов в морепродуктах [10, 12].

Цель настоящей работы – провести мониторинг видового состава и численности потенциально токсичных микроводорослей в фитопланктоне бухты Северной с мая по ноябрь в 2008-2009 гг.

Материал и методы исследований

Материалом для работы послужили пробы, собранные на трех станциях, расположенных в бухте Северной Славянского зал., в районе хозяйства марикультуры «НЭМЦ Дальрыбвтуза» сотрудником Центра Е.А. Герасимовой (рис. 1).

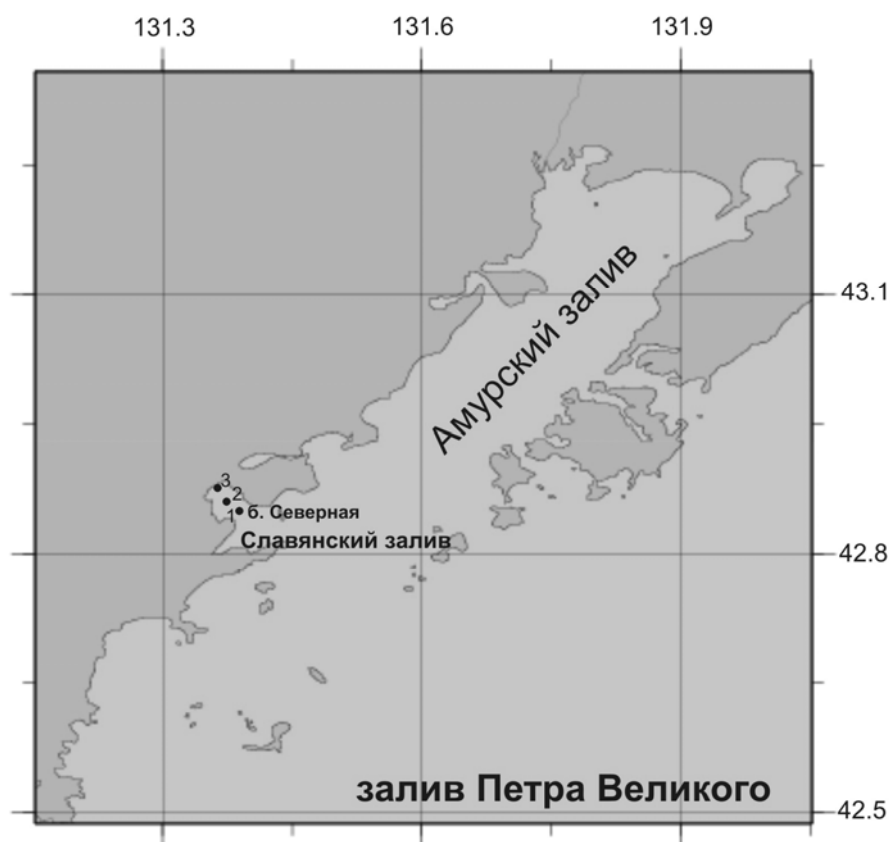


Рис. 1. Карта-схема района исследования: 1-3 – станции отбора проб
Fig. 1. The map of study area: 1-3 – sampling stations

Пробы отбирали четырехлитровым батометром Молчанова у поверхности воды 1-4 раза в месяц в мае-ноябре 2008-2009 гг. Одновременно измеряли температуру поверхностного слоя воды. Материал фиксировали раствором Утермеля, концентрировали методом осаждения.

Для подсчета клеток фитопланктона использовали камеру типа Ножотта, объемом 0,07 мл. Доминирующими считали виды, плотность которых составляла не менее 20 % от общей плотности фитопланктона [13].

Микроскопические исследования проводили с помощью светового микроскопа Olympus BX41 (Токио, Япония). В исследованиях микроводорослей с помощью микроскопа применяли традиционную методику [14].

Согласно классификации Ямада с соавторами [15] уровень трофности вод оценивали, используя шкалу общей численности фитопланктона: олиготрофный район (o) – $< 3 \cdot 10^4$ кл./л; эвтрофный район (E) – $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^6$ кл./л; экстремально-эвтрофный район (EE) – $> 3 \cdot 10^6$ кл./л.

Результаты и обсуждение

За период исследования в бухте Северной обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей: диатомовые *Pseudo-nitzschia pungens* и *P. delicatissima*, динофлагелляты *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* и *Prorocentrum minimum*.

Согласно литературным данным диатомовые водоросли рода *Pseudo-nitzschia* являются наиболее широко распространенной и многочисленной группой микроводорослей планктона, способной продуцировать токсины в зал. Петра Великого [16]. Обнаруженные в бухте Северной *P. pungens* и *P. delicatissima* могут продуцировать нейротоксичную домоевую кислоту и служить потенциальными источниками амнезического отравления.

На исследованной акватории колонии и одиночные клетки видов рода *Pseudo-nitzschia* встречали в планктоне с июня по ноябрь при температуре 16-24 °С. В 2008 г. *P. pungens* отмечали единожды в августе при численности 223 кл./л. В 2009 г. количественные характеристики *P. pungens* изменялись от 250 до $35,4 \cdot 10^3$ кл./л. Максимум развития вида зарегистрирован в сентябре в открытой части бухты, на его долю приходилось 15 % от общей численности фитопланктона (рис. 2). Численность *P. delicatissima* варьировала в пределах 100- $75,3 \cdot 10^3$ кл./л. Пик развития вида отмечали в сентябре 2009 г. в кутовой части бухты Северной при температуре воды 17,8 °С (станция 3) (рис. 3). В этот период на долю *P. delicatissima* приходилось 51 % от суммарной численности микроводорослей. Помимо сезонных изменений количественных характеристик наблюдали межгодовые различия в составе видов *Pseudo-nitzschia*. Так, *P. pungens* отмечали в 2008, 2009 гг., *P. delicatissima* – только в 2009 г.

В странах Европы установлена предельно допустимая концентрация для рода *Pseudo-nitzschia* – $500 \cdot 10^3$ кл./л, выше которой вводится запрет на вылов моллюсков в марикультурных хозяйствах [12]. В бухте Северной в период массового развития в сентябре 2009 г. суммарная численность видов *Pseudo-nitzschia* была невысокой и составляла $108,5 \cdot 10^3$ кл./л.

Клетки *Dinophysis* встречали в планктоне с мая по ноябрь при температуре поверхностного слоя воды 15–24 °С. Виды рода *Dinophysis* известны как возбудители диаретического отравления моллюсками (DSP). Воздействию этих токсинов подвергается ферментативная система, и симптомы DSP аналогичны таковым обычного желудочно-расстройства. Диаретическое отравление вызывают моллюски, выловленные в зонах распространения водорослей *Dinophysis* и *Prorocentrum* [11, 17, 18].

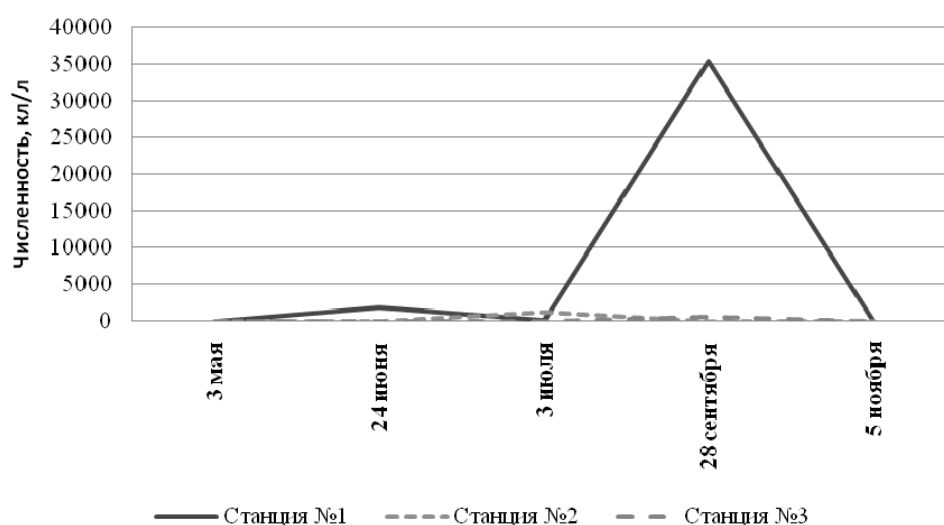


Рис. 2. Сезонная динамика численности *P. pungens* на станциях 1-3 в бухте Северной в 2009 г.
 Fig. 2. The seasonal dynamics of *P. pungens* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2009

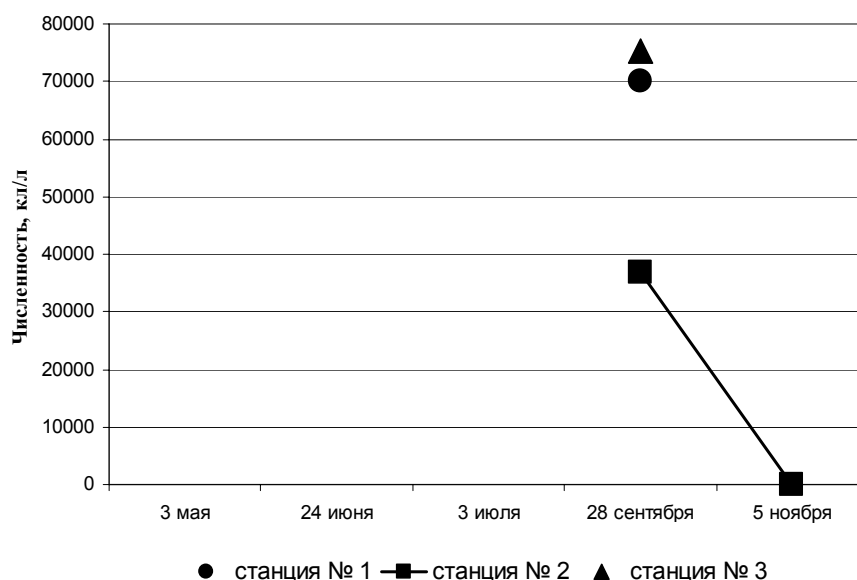


Рис. 3. Сезонная динамика численности *P. delicatissima* на станциях 1-3 в районе исследования в 2009 г.

Fig. 3. The seasonal dynamics of *P. delicatissima* density on 1-3 stations in study area in 2009

В бухте Северной *D. acuminata* отмечали в планктоне на протяжении всего периода наблюдений, его численность изменялась от 90 до $5 \cdot 10^3$ кл./л (рис. 4, 5). В 2008 и 2009 гг. вспышки численности *D. acuminata* отмечали в июне ($t_{\text{воды}} = 16-21$ °C) в кутовой части бухты (станция 3). Максимум развития $5 \cdot 10^3$ кл./л зарегистрирован в 2009 г., на долю вида приходился 21 % от суммарной численности микроводорослей. Клетки *D. fortii* эпизодически встречали в планктоне в мае–июне и ноябре ($t_{\text{воды}} = 15$ °C) на протяжении всего периода исследований при численности 21-180 кл./л. *D. acuta* отмечен единожды в мае 2008 г. в количестве 57 кл./л.

Наряду с сезонными наблюдали межгодовые различия в динамике видов рода *Dinophysis*. Так, *D. acuminata* и *D. fortii* отмечали на протяжении всего периода исследования. *D. acuta* был зарегистрирован только в 2008 г. В странах с развитой аквакультурой

вводятся ограничения на добычу моллюсков в марикультурных хозяйствах при плотности *Dinophysis* sp. 200-500 кл./л [12]. В бухте Северной отмечали случаи массового развития *D. acuminata*, при которых численность вида превышала ПДК (200-500 кл./л) в 10 раз: в июне 2008 г. зарегистрировали $2,5 \cdot 10^3$ кл./л, в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л.

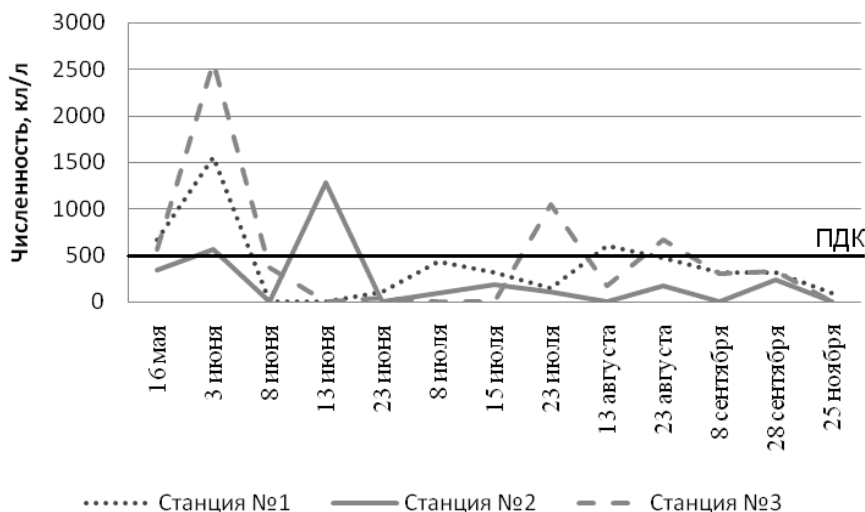


Рис. 4. Сезонная динамика численности *D. acuminata* на станциях 1-3 в бухте Северной в 2008 г.
 Fig. 4. The seasonal dynamics of *D. acuminata* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2008

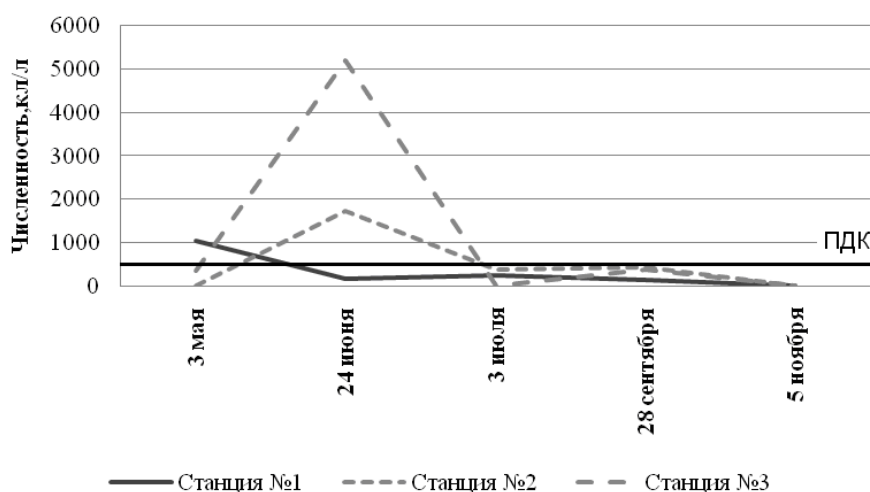


Рис. 5. Сезонная динамика численности *D. acuminata* на станциях 1-3 в районе исследования в 2009 г.

Fig. 5. The seasonal dynamics of *D. acuminata* density on 1-3 stations in study area in 2009

Клетки потенциально токсичного *Prorocentrum minimum* в районе исследования встречали с мая по сентябрь, массовое развитие вида наблюдали в летний период. Количественные характеристики варьировали от 70 до $36 \cdot 10^3$ кл./л.

Пики численности *P. minimum* регистрировали в кутовой части (станция 3) бухты: максимальный пик – $36 \cdot 10^3$ кл./л отмечали в июле 2008 г. (рис. 6), меньший пик – $5 \cdot 10^3$ кл./л в июне 2009 г. (рис. 7). *P. minimum* широко распространен в прибрежных водах зал. Петра Великого. В летний период вид может развиваться в массе, вызывая «цветения воды» [19]. В марикультурных хозяйствах Японии *P. minimum* включен в список микроводорослей, подлежащих обязательному контролю санитарными службами [20].

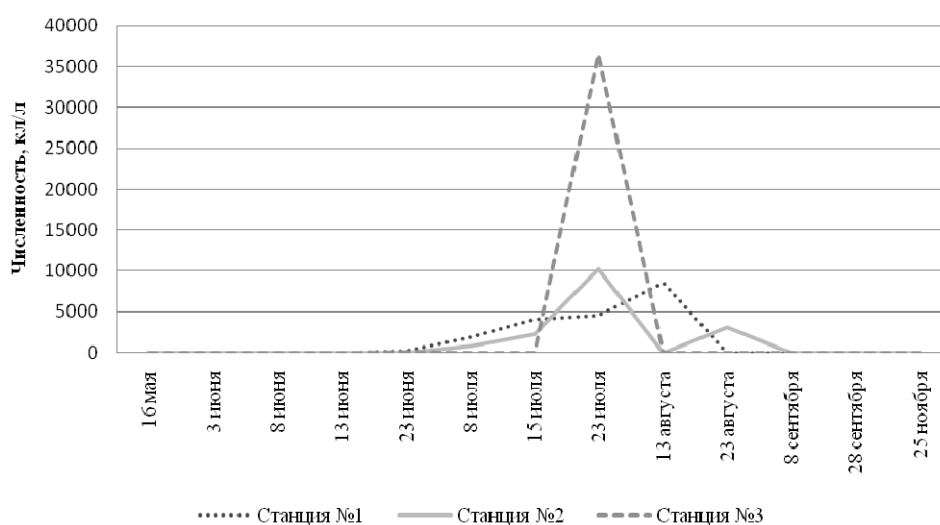


Рис. 6. Сезонная динамика численности *P. minimum* на станциях 1-3 в бухте Северной, 2008 г.
Fig. 6. The seasonal dynamics of *P. minimum* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2008

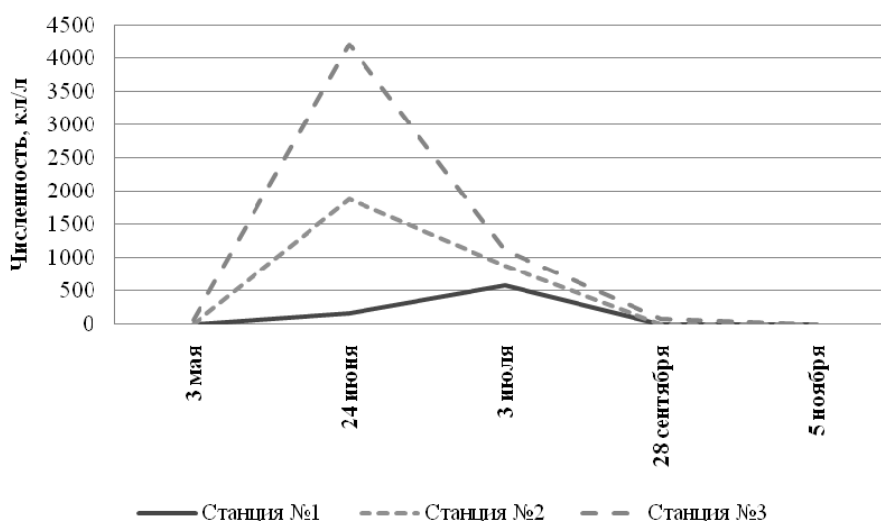


Рис. 7. Сезонная динамика численности *P. minimum* на станциях 1-3 в бухте Северной, 2009 г.
Fig. 7. The seasonal dynamics of *P. minimum* density on 1-3 stations in Severnaya Bight in 2008

Общая численность фитопланктона в районе исследования в весенне-осенний период варьировала от 52 до $0,4 \cdot 10^6$ кл./л (рис. 8, 9), что указывает на эвтрофный тип вод. Полученные данные согласуются с литературными сведениями о том что, открытые воды Амурского зал. относят к эвтрофному, а в кутовой части, подверженной значительному антропогенному воздействию – к экстремально-эвтрофному типу [21]. На акватории зал. Петра Великого исследования фитопланктона в районе хозяйств марикультуры проводили в зал. Восток и в бухте Миносок (зал. Посыета) [8, 22]. По результатам мониторинга трофность этих акваторий в целом соответствует умеренно-эвтрофному типу вод. Таким образом, трофность вод в бухте Северной соответствует типу вод, наблюдаемому в районах других марикультурных хозяйств южного Приморья. Наши исследования показали, что в мае-ноябре 2008, 2009 гг. акватория бухты Северной не испытывала существенной антропогенной нагрузки и уровень развития фитопланктона был благоприятным для выращивания гидробионтов в условиях марикультуры.

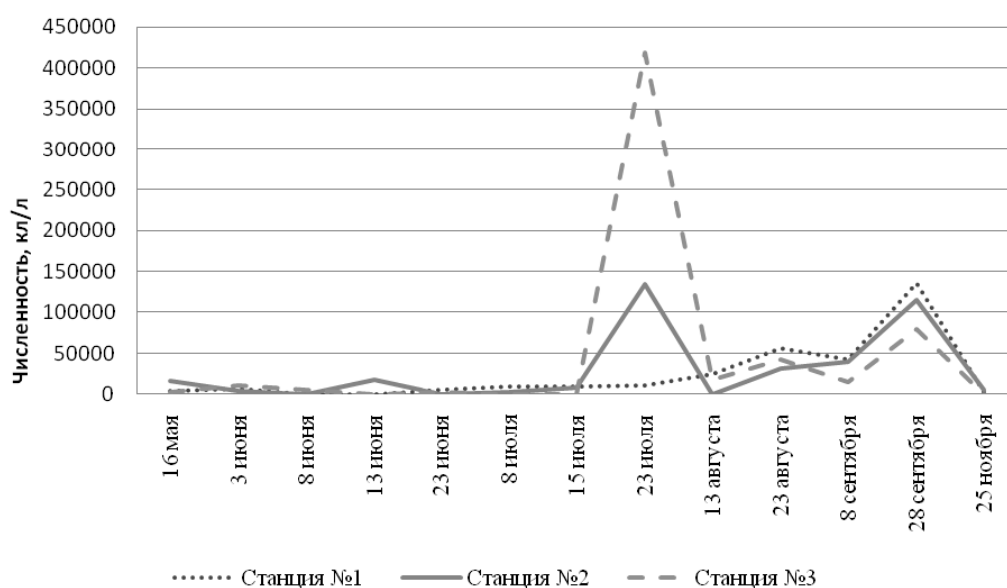


Рис. 8. Динамика численности фитопланктона в районе исследования на станциях 1-3 в мае-ноябре 2008 г.

Fig. 8. The dynamics of phytoplankton density in study area on 1-3 stations from May to November 2008

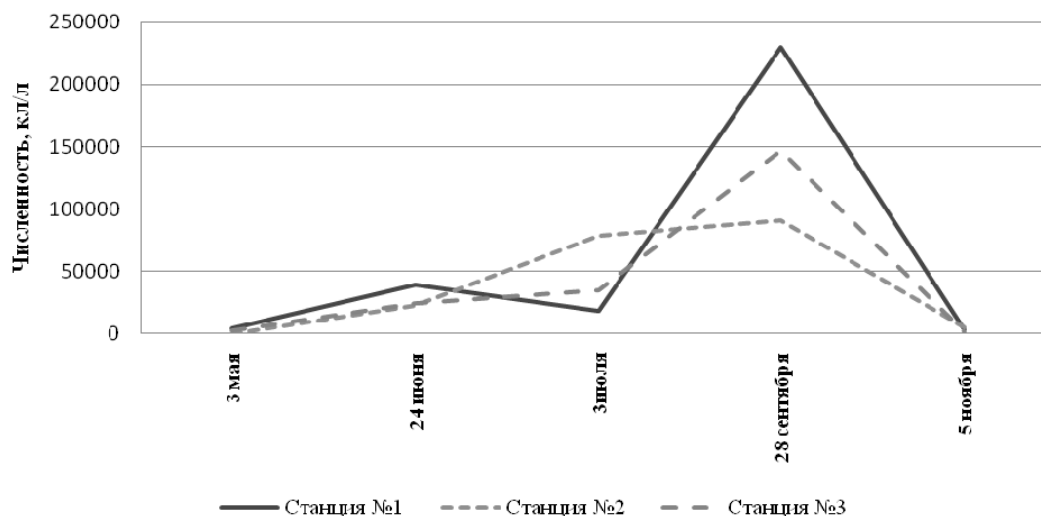


Рис. 9. Динамика численности фитопланктона в районе исследования на станциях 1-3 в мае-ноябре 2009 г.

Fig. 9. The dynamics of phytoplankton density in study area on 1-3 stations from May to November 2009

За период исследований в районе хозяйства марикультуры «НЭМЦ Дальрыбвтуза» обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей: *P. pungens*, *P. delicatissima*, *D. acuminata*, *D. acuta*, *D. fortii* и *P. minimum*. Виды рода *Pseudo-nitzschia* встречали в планктоне с июня по ноябрь. Вспышки развития видов *Pseudo-nitzschia* отмечали в сентябре, их суммарная численность – $108,5 \cdot 10^3$ кл./л – не превышала предельно допустимую концентрацию для рода *Pseudo-nitzschia* – $500 \cdot 10^3$ кл./л, установленную в странах Европы. Клетки *Dinophysis* встречали в планктоне с мая по ноябрь. Численность *D. acuminata* в летний период в 10 раз превышала уровень (ПДК 200-500 кл./л),

при котором в странах с развитой аквакультурой вводятся ограничения на добычу моллюсков. В июне 2008 г. зарегистрировали численность *D. acuminata* $2,5 \cdot 10^3$ кл./л, в июне 2009 г. – $5 \cdot 10^3$ кл./л. Клетки *P. minimum* в районе исследования встречали с мая по сентябрь. Численность вида изменялась от 70 до $36 \cdot 10^3$ кл./л, его массовое развитие наблюдали в летний период. Присутствие в фитопланктоне в районе хозяйства марикультуры «НЭМЦ Дальрыбвтуза» в весенне-осенний период потенциально токсичных микроводорослей свидетельствует о необходимости продолжения мониторинга на данной акватории и установления контроля за биотоксичностью культивируемых гидробионтов.

Список литературы

1. Tkalin A.V. The state of the marine environment near Vladivostok, Russia [Текст] / Tkalin A.V., Belan T.A., Shapovalov E.N. – Mar. Pollut. Bull., 1993. – Vol. 26, № 8. – P. 418-422.
2. Селина М.С. *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi (Dinophyta) в заливе Петра Великого (Японское море) [Текст] / М.С. Селина, Н.К. Симакова, Л.В. Яснецкая // Альгология. – 1992. – Т. 2, № 1. – С. 51-55.
3. Стоник И.В. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, Т.Ю. Орлова // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 205-211.
4. Бегун А.А. Случай «цветения» воды в Амурском заливе Японского моря, вызванный динофитовой водорослью *Oxvrrhis marina* Dujardin, 1841 [Текст] / А.А. Бегун, Т.Ю. Орлова, М.С. Селина // Биол. моря. – 2004. – Т. 30, № 1. – С. 68-71.
5. Голиков Д.Д. Изменения бентоса залива Посъета (Японское море) за последние 20 лет как результат накопления органического вещества в донных отложениях [Текст] / Д.Д. Голиков, О.А. Скарлато, Г.Н. Бужинская и др. // Океанология. – 1986. – Т. 26, № 1. – С. 131-135.
6. Масленников С.И. Многолетние изменения численности личинок донных беспозвоночных в бухте Алексея острова Попова Японского моря [Текст] / С.И. Масленников, О.М. Корн, И.А. Кашин, Ю.Н. Мартыненко // Биол. моря. – 1994. – Т. 20, № 2. – С. 107-115.
7. Ivin V.V. Scallops fisheries and aquaculture of northwestern Pacific, Russian Federation [Текст] / Ivin V.V., Kalashnikov V.Z., Maslennikov S.I., Tarasov V.G. – Scallops: biology, ecology and aquaculture: Second edition / Eds.: S.E. Shumway, G.J. Parsons. – Amsterdam: Elsevier Publisher, 2006. – P. 1163-1224.
8. Морозова Т.В. Фитопланктон в районе хозяйства марикультуры бухты Миноноска залива Посъета Японского моря [Текст] / Т.В. Морозова, Т.Ю. Орлова, М.С. Селина // Биол. моря. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 107-112.
9. Larsen J. Guide to toxic and potentially toxic marine algae. [Текст] / Larsen J., Moestrup Q. – Copenhagen: Fish Inspection Serv. – 1989. – 61 p.
10. Shumway S.E. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture [Текст] / J. World Aquacul. Soc. – 1990. – Vol. 21. – P. 65-104.
11. Taylor J.R. Taxonomy of harmful dinoflagellates [Текст] / Taylor J.R., Fukuyo Y., Larsen J. Manual on harmful marine microalgae. – Paris: IOC of UNESCO, 1995. – P. 283-317.
12. Andersen P. Design and implementation of some harmful algal monitoring systems [Текст] / IOC Techn. Ser. UNESCO. – 1996. – № 44. – P. 1-102.
13. Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря [Текст] / Г.В. Коновалова // Биол. моря. – 1984. – № 1. – С. 13-23.

14. Селина М.С. Новые и редкие виды *Dinophyta* из Японского моря [Текст] / М.С. Селина, Г.В. Коновалова // Бот. журн. – 1994. – Т. 79, № 6. – С. 117-121.
15. Yamada M. A list phytoplankton as eutrophic level indicator [Текст] / Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. – Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1980. – Vol. 46, № 12. – P. 1435-1438.
16. Стоник И.В. Морфология и экология видов рода *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) из залива Петра Великого Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, Т.Ю. Орлова, О.Г. Шевченко // Биол. моря. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 416-420.
17. Lee J.S. Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species [Текст] / Lee J.S., Igarashi T., Fraga S., Dahl E., Novgaard P., Yasumoto T. – J. Appl. Phycol. – 1989. – № 1. – P. 147-152.
18. Marcaillou-Le Baut, C. *Dinophysis acuminata* distribution and specific toxin content in relation to mussel contamination [Текст] / Marcaillou-Le Baut C., Gentien P., Lunven M. et al. – Harmful Algae Blooms. – 2000. – IOC UNESCO. – P. 356-359.
19. Стоник И.В. Потенциально токсичная динофитовая водоросль *Prorocentrum minimum* в Амурском заливе Японского моря [Текст] / И.В. Стоник // Биол. моря. – 1994. – Т. 20, № 6. – С. 419-425.
20. Emsholm H. Results of the Danish monitoring programme on toxic algae and algae toxins in relation to the mussel fisheries 1991–1994 [Текст] / Emsholm H., Andersen P., Hald B. – Harmful and toxic algal blooms // IOC of UNESCO. – 1996. – P. 15-18.
21. Стоник И.В. Фитопланктон как показатель трофности вод залива Петра Великого Японского моря [Текст] / И.В. Стоник, М.С. Селина // Биол. моря. – 1995. – Т. 21, № 6. – С. 403-406.
22. Морозова Т.В. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря [Текст] / Т.В. Морозова, Т.Ю. Орлова // Биол. моря. – 2005. – Т. 31, № 1. – С. 11-16.

Сведения об авторах: Шевченко Ольга Геннадьевна, кандидат биологических наук, e-mail: 713553@mail.ru;

Масленников Сергей Иванович, кандидат биологических наук, e-mail: aqua@imb.dvo.ru;

Бложко Татьяна Владимировна, студентка; e-mail: tanay.beauty@mail.ru.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 534.231.1

С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина

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

СИММЕТРИЧНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ НОРМАЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В АНИЗОТРОПНОМ ВОЛНОВОДЕ ТИПА ПЛАСТИНЫ

Получено дисперсионное уравнение цилиндрических нормальных волн в анизотропном волноводе типа пластины. Рассчитаны дисперсионные зависимости безразмерного волнового числа (действительные, мнимые и комплексные моды) для симметричных нормальных волн в анизотропной пластине из пьезокерамики двух типов. Рассмотрено влияние анизотропии на дисперсионные соотношения. Показано, что учет этого влияния для материалов со значительной анизотропией приводит к существенным изменениям спектра волновых чисел.

Ключевые слова: нормальные волны, анизотропный волновод, дисперсионное уравнение.

S.M. Balabaev, N.F. Ivina

SYMMETRICAL CYLINDRICAL NORMAL WAVES IN ANISOTROPIC PLATE WAVEGUIDE

Dispersion equation of cylindrical normal waves in anisotropic plate waveguide is obtained. Dispersion dependences of undimensional wave number (real, imaginary, and complex modes) for symmetrical normal waves in anisotropic plate from two types piezoceramics are calculated. The influence of anisotropy on dispersion correlations is considered. It is shown that calculation of this influence for materials with considerable anisotropy leads to essential changes of spectrum of wave numbers.

Key words: normal waves, anisotropic waveguide, dispersion equation.

При построении точной теории пьезоэлектрических преобразователей произвольных размеров и решении ряда дифракционных задач, а также при неразрушающем контроле материалов и проектировании ультразвуковых линий задержки возникает необходимость предварительного вычисления полного набора корней дисперсионного уравнения нормальных волн волноводов различных типов, в частности, в виде пьезопластины, являющейся анизотропной по своим акустическим и электрическим характеристикам.

Нормальные волны в твердом изотропном волноводе типа пластины рассмотрены в классической монографии [1]. Волны в стержневом волноводе исследованы в статьях [2, 3]. Симметричные и антисимметричные цилиндрические нормальные волны в пьезопластине в изотропном приближении рассмотрены в работе авторов [4]. Целью данной статьи является изучение влияния анизотропии пьезокерамики на характеристики нормальных волн пьезопластины.

Рассмотрим в качестве волновода пьезопластину толщиной $2h$, в которой распространяются цилиндрические нормальные волны, вектор смещения которых имеет только радиальную и осевую компоненты $\vec{u}(u_r, u_z)$.

Учет упругой анизотропии (как будет показано ниже) не приводит к принципиальным изменениям характеристик нормальных волн, однако выделение продольной и поперечной составляющих в структуре нормальной волны уже неправомерно; поэтому задача решается относительно вектора смещения $\bar{u}(u_r, u_z)$.

Уравнения движения в цилиндрических координатах (r, φ, z) запишем в виде [5]

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\varphi\varphi}}{r}, \\ \rho \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rz}}{r} + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial r}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ρ – плотность, t – время, σ_{ik} – компоненты тензора напряжений.

Закон Гука для анизотропной пьезокерамики (симметрия ∞mm):

$$\begin{aligned} \sigma_{\varphi\varphi} &= c_{12} \frac{\partial u_r}{\partial r} + c_{11} \frac{u_r}{r} + c_{13} \frac{\partial u_z}{\partial z}, \quad \sigma_{rr} = c_{11} \frac{\partial u_r}{\partial r} + c_{12} \frac{u_r}{r} + c_{13} \frac{\partial u_z}{\partial z}, \\ \sigma_{zz} &= c_{13} \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} \right) + c_{33} \frac{\partial u_z}{\partial z}, \quad \sigma_{rz} = c_{55} \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где c_{ik} – компоненты матрицы упругих постоянных пластины.

Временная зависимость предполагается гармонической $\exp(-i\omega t)$, ω – круговая частота.

Подставив выражения для компонент тензора напряжений (2) в уравнения движения (1), получим

$$\begin{aligned} c_{11} \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{u_r}{r^2} \right) + (c_{13} + c_{55}) \frac{\partial^2 u_z}{\partial r \partial z} + c_{55} \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} + k_l^2 u_r &= 0, \\ c_{55} \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} + (c_{13} + c_{55}) \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r \partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + k_l^2 u_z &= 0, \\ k_l &= \omega / c_l, \quad k_t = \omega / c_t, \quad c_l^2 = c_{33} / \rho, \quad c_t^2 = c_{55} / \rho. \end{aligned} \quad (3)$$

В уравнениях (3) и далее упругие постоянные нормированы на c_{33} , т.е. являются безразмерными.

Учитывая осевую симметрию задачи, в качестве пробного решения системы уравнений (3) возьмем симметричную по толщине пластины цилиндрическую волну, распространяющуюся в радиальном направлении

$$\begin{aligned} u_z(r, z) &= A_1 J_0(k_1 r) \sin k_3 z, \\ u_r(r, z) &= A_2 J_1(k_1 r) \cos k_3 z, \end{aligned}$$

где $J_n(z)$ – функция Бесселя первого рода n -го порядка, A_i – произвольные постоянные.

Подстановка пробного решения в систему (3) дает линейную однородную систему алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных A_1, A_2

$$\begin{cases} a_{11}A_1 + a_{12}A_2 = 0, \\ a_{21}A_1 + a_{22}A_2 = 0, \end{cases} \quad (4)$$

$$a_{11} = 1 - \frac{k_3^2}{k_l^2} - \frac{k_1^2}{k_t^2}, \quad a_{12} = -\frac{c_{13} + c_{55}}{k_l^2} k_1 k_3,$$

$$a_{21} = a_{12}, \quad a_{22} = 1 - c_{11} \frac{k_1^2}{k_l^2} - \frac{k_3^2}{k_t^2}.$$

Нетривиальное решение системы (4) должно удовлетворять условию $\det[a_{ik}] = 0$, которое сводится к уравнению Кристоффеля:

$$k_3^4 + pk_3^2 + q = 0,$$

$$p = k_l^2 \left(\frac{k_1^2}{k_t^2} - 1 \right) - k_t^2 + \frac{k_1^2 k_t^2}{k_l^2} (c_{11} - (c_{13} + c_{55})^2),$$

$$q = (k_t^2 - k_1^2)(k_l^2 - c_{11} k_1^2).$$

Корни уравнения Кристоффеля допускают предельный переход к случаю полной изотропии ($k_{31}^2 = k_t^2 - k_1^2, k_{32}^2 = k_t^2 - k_1^2$), поэтому соответствующие волны можно считать квазипродольной и квазипоперечной.

Структура волн полностью определена

$$u_{zi} = \alpha_{1i} J_0(k_1 r) \sin k_{3i} z, \quad u_{ri} = \alpha_{2i} J_1(k_1 r) \cos k_{3i} z,$$

где $\alpha_{1i} = A_{1i}, \alpha_{2i} = A_{2i}$ – алгебраические дополнения матрицы, взятые при соответствующих корнях k_{3i} . Общее решение рассматриваемой краевой задачи запишем в виде

$$\begin{aligned} u_z &= J_0(k_1 r) (B_1 \alpha_{11} \sin k_{31} z + B_2 \alpha_{12} \sin k_{32} z), \\ u_r &= J_1(k_1 r) (B_1 \alpha_{21} \cos k_{31} z + B_2 \alpha_{22} \cos k_{32} z). \end{aligned} \quad (5)$$

Для определения постоянных B_i используем следующие граничные условия: $\sigma_{zz} = \sigma_{rz} = 0$, при $z = \pm h$.

Подстановка решения (5) в граничные условия дает систему линейных однородных алгебраических уравнений для определения постоянных B_i с матрицей коэффициентов b_{ik}

$$\begin{aligned} b_{11} &= (\alpha_{11} k_{31} + c_{13} k_1 \alpha_{21}) \cos k_{31} h, & b_{12} &= (\alpha_{12} k_{32} + c_{13} k_1 \alpha_{22}) \cos k_{32} h, \\ b_{21} &= (\alpha_{11} k_1 + \alpha_{21} k_{31}) \sin k_{31} h, & b_{22} &= (\alpha_{12} k_1 + \alpha_{22} k_{32}) \sin k_{32} h. \end{aligned}$$

Нетривиальное решение системы должно удовлетворять условию $\det[b_{ik}] = 0$, которое дает дисперсионное уравнение симметричных нормальных волн для анизотропного волновода. Дисперсионное уравнение определяет возможный спектр волновых чисел как функций частотного параметра, а также физических и геометрических параметров волновода.

Дисперсионные уравнения даже в простейшем случае изотропной пластины [4] требуют довольно громоздких численных расчетов, поэтому желательно найти наиболее простые точки дисперсионных кривых, либо асимптоты, позволяющие ориентироваться в поведении всего семейства.

В полном наборе нормальных волн обычно выделяют нулевую нормальную волну, для которой волновое число действительно на всех частотах. Для всех остальных нормальных волн волновое число действительно только на частотах выше некоторых критических значений, определяемых либо условием $k_1 = 0$, либо равенством нулю групповой скорости.

Численные результаты расчетов полного спектра нормальных волн для анизотропного волновода выполнены для пластин из двух типов пьезокерамики: ЦТС (цирконат титанат свинца, $c_{55} = 0,2$) и BaCaTiO₃ (титанат бария, $c_{55} = 0,3$). Параметры пьезокерамики соответствуют справочным данным [6]. Учет упругой анизотропии не приводит к изменению критических частот, определяемых из условия $k_1 = 0$.

Для организации численных расчетов спектра волновых чисел и для определения их асимптотики важно определить низкочастотные пределы дисперсионных кривых, т.е. точки выхода дисперсионных кривых на плоскости комплексного переменного при $k_t = 0$. За начальное приближение точек выхода дисперсионных кривых брались точки выхода для изотропного волновода [4].

Спектр безразмерных волновых чисел рассчитывался по трем отдельным программам: комплексные моды; действительные моды; мнимые моды. Для уточнения действительных и мнимых корней использовалась библиотечная программа MREGF – вычисление действительного корня трансцендентного уравнения внутри интервала модифицированным методом Regula falsi. Для уточнения комплексных корней применялась программа STEM1 – вычисление заданного числа комплексных корней трансцендентного уравнения методом Мюллера.

На рис. 1 и 2 представлены дисперсионные кривые: частотные зависимости безразмерного волнового числа $k_1 h$ симметричных нормальных волн от частоты (безразмерного частотного параметра $k_t h$). Действительные и чисто мнимые ветви дисперсионных кривых изображены сплошной линией, а комплексные – штриховой.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Учет анизотропии для действительных ветвей приводит к увеличению фазовой скорости нормальных волн. Аналогичная закономерность для стержневого волновода отмечена ранее в работах [2, 3].

2. Для пьезокерамики со слабой анизотропией (например, титанат бария) учет анизотропии для комплексных ветвей не приводит к существенным качественным изменениям. Аналогичный результат получен в статье [7] для антисимметричных колебаний пьезоэлектрической плиты.

3. Для пьезокерамики со значительной анизотропией (например, ЦТС) отличия от изотропного варианта [4] в области мнимых значений волновых чисел весьма существенны. Сильная анизотропия приводит к значительному сдвигу точек выхода диспер-

сионных кривых на плоскости комплексного переменного. Более того, часть мод зарождается с чисто мнимыми значениями постоянной распространения и, минуя область комплексных значений постоянной распространения, переходит в область действительных значений постоянной распространения на критических частотах.

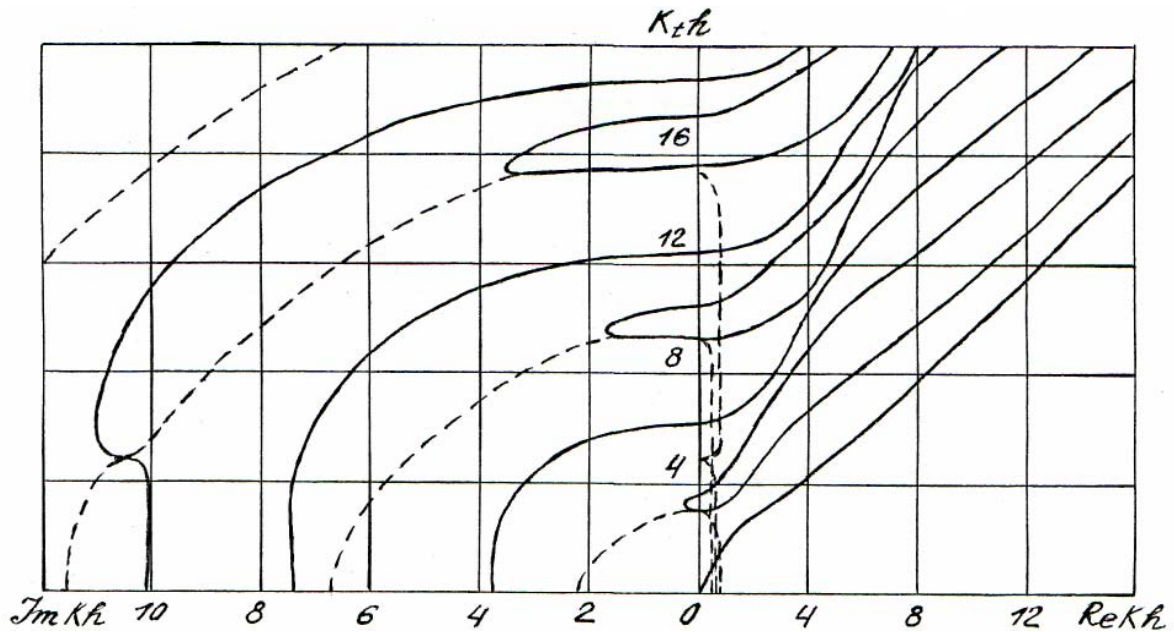


Рис. 1. Дисперсионные кривые безразмерного волнового числа симметричных нормальных волн для анизотропного волновода, $c_{55} = 0,2$

Fig. 1. Dispersion curves of undimensional wave number of symmetrical normal waves for anisotropic waveguide, $c_{55} = 0,2$

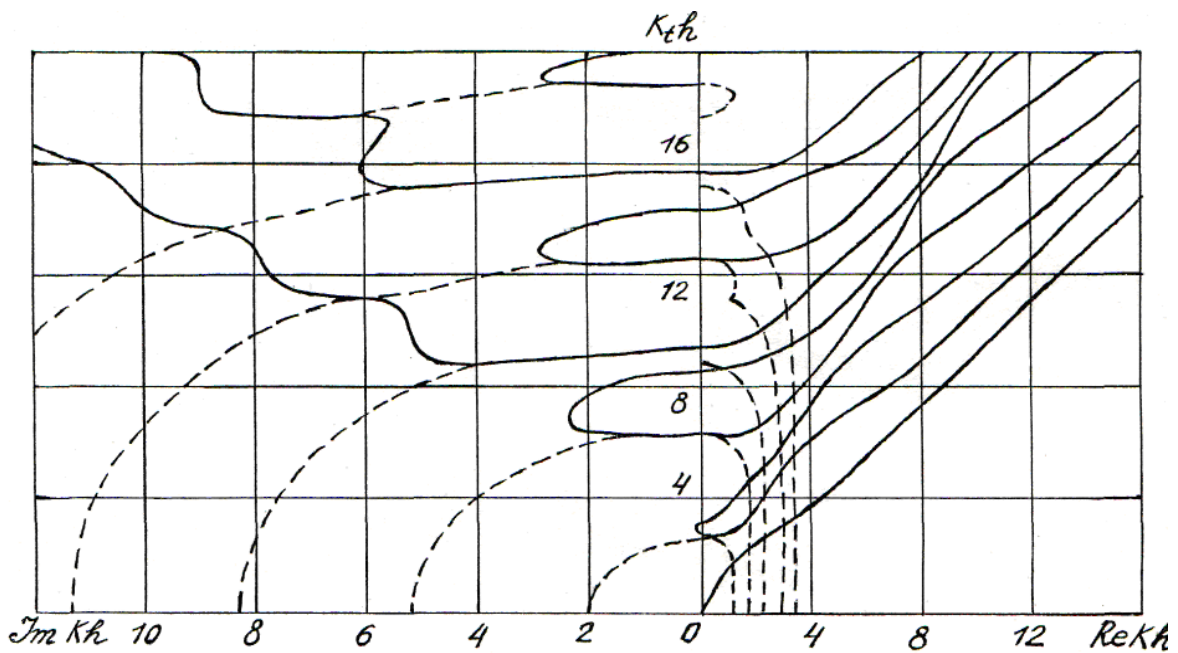


Рис. 2. Дисперсионные кривые безразмерного волнового числа симметричных нормальных волн для анизотропного волновода, $c_{55} = 0,3$

Fig. 2. Dispersion curves of undimensional wave number of symmetrical normal waves for anisotropic waveguide, $c_{55} = 0,3$

Список литературы

1. Физическая акустика / под ред. У. Мэзона. – М.: Мир, 1966. – Т. 1. – Ч. А. – 592 с.
2. Ивина Н.Ф., Нормальные волны в анизотропном пьезоактивном волноводе [Текст] / Н.Ф. Ивина, Б.А. Касаткин // Дефектоскопия. – 1975. – № 4. – С. 27-32.
3. Ивина Н.Ф. Численный анализ дисперсионных соотношений для нормальных волн пьезоактивного волновода [Текст] / Н.Ф. Ивина, Б.А. Касаткин // Акустический журнал. – 1982. – Т. 28, № 4. – С. 516-520.
4. Балабаев С.М. Симметричные и антисимметричные цилиндрические нормальные волны в волноводе типа пластины [Текст] / С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина // Научные труды Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – Вып. 22. – Ч. 1. – С. 112-116.
5. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. 7. Теория упругости [Текст] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1965. – 203 с.
6. Пьезокерамические преобразователи / под ред. С.И. Пугачева. – Л.: Судостроение, 1984. – 256 с.
7. Мадорский В.В. Построение системы однородных решений и анализ корней дисперсионного уравнения антисимметричных колебаний пьезоэлектрической плиты [Текст] / В.В. Мадорский, Ю.А. Устинов // Журнал прикладной механики и технической физики. – 1976. – № 6. – С. 138-145.

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

Ивина Наталья Федоровна, доктор технических наук, профессор.

УДК 639.2.081.117.213

В.А. Кузик

ООО «Приморская фабрика орудий лова»,
692911, г. Находка, ул. Судоремонтная, 7

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ ТРАЛА ПРИ БЛИЗНЕЦОВОМ ЛОВЕ

Обеспечение симметрии трала при близнецовом лове представляет определенные трудности. Изложены основные причины, вызывающие перекосы тралов, и их устранение.

Ключевые слова: близнецовый трал, траловый лов.

V.A. Kuzik

TRAWL NET TOWING TECHNIQUES IN PAIR TRAWLING

Providing symmetry of the trawl in pair trawling presents certain difficulties. The main causes for the distortion of the trawl in pair trawling and the ways to address this problem are described in this article.

Keywords: pair trawl, trawl fishing.

Близнецовый траловый промысел ведется в сравнительно небольших объемах, но до настоящего времени в практике имеет место. Важные моменты, возникающие при этом виде промысла, не отражены в соответствующих печатных изданиях. Практически во всех изданиях, посвященных близнецовому траловому промыслу, в основном излагается техника спуска, подъема трала, передачи ваера, техника безопасности с учетом особенностей судов. Наиболее полно и обстоятельно о близнецовом лове тралом отражено у С.Е. Шевцова [1].

В 1978 г. в районе Южных Курил и восточного побережья Японии в летний период на промысле скумбрии суда типа БМРТ, РТМ-А из-за повышенной подвижности объекта не могли работать достаточно эффективно. Были начаты работы по освоению и переводу крупнотоннажных судов ведения промысла близнецовым способом. Результат оказался достаточно эффективным, и этим способом стали работать суда многих предприятий Дальневосточного бассейна.

По итогам работы крупнотоннажных судов близнецовым способом были выпущены листки технической информации, брошюры авторов Г.И. Евсикова «Близнецовый поверхностный траловый лов скумбрии и сардины с крупнотоннажных судов», Г.Л. Меркина «Близнецовый промысел судов типа БМРТ, РТМ, ЗРС».

В том же году на конференции по промышленному рыболовству в Севастополе выступали с докладами представители Приморского края, Сахалина, Камчатки по работе близнецовыми тралами с крупнотоннажных судов.

Жалобам добытчиков на то, что часто имеют место значительные порывы сетной части трала, особого значения не придавалось. Считалось, что, применив тралы повышенной прочности, проблема будет решена.

В 1979 г. в северной части Японского моря в районе о-ва Монерон небольшая группа судов типа РТМА, БМРТ Находкинской БАМР в летний период начала промысел близнецовым способом сардины. Сардина в это время находилась в поверхностных слоях воды, была подвижной, и уловы одиночным судном были незначительные.

Автор данной статьи в начальный период промысла сардины находился в этой экспедиции флагманским специалистом по добыче и обратил внимание, что при тралении процент нагрузки на главные двигатели судов, идущих в паре, был разный и в процессе траления значительно менялся, хотя суда шли ровно относительно друг друга.

Если показания процента нагрузки на главные двигатели соответствуют тяговому усилию судов, то трал должен идти во время траления со значительным перекосом. Для проверки этого начали измерять натяжение ваеров одновременно на двух судах.

В связи с отсутствием на судах приборов для измерения натяжения ваеров был применен наиболее практичный, удобный метод, изложенный автором данной статьи в журнале «Рыбное хозяйство», № 9 за 1974 г. Суть метода в том, что ваер, свободно провисающий над палубой, подобен струне. Если ваер раскачать, то частота колебаний зависит от натяжения. Обычно за 10 с подсчитывалось количество колебаний одновременно на двух судах и сравнивалось между собой. Натяжение ваеров проверяли в паре двух БМРТ (2000 л.с.), где при рабочем натяжении 7-10 т число колебаний 2,5-3,5 Гц и их легко можно было посчитать.

Измерения подтвердили большую разницу в натяжении ваеров. Чтобы выровнять натяжение, приходилось перетравливать или выбирать по 15-25 м ваера и более. При повторном измерении через 5-10 мин опять приходилось подравнивать ваера. Постоянные наблюдения в течение нескольких дней промысла показали, что трал работает практически все время в условиях больших перекосов. Разница в натяжении ваеров доходила до 2 раз, вероятно, это и является основной причиной порывов тралов.

По данным Г.И. Евсикова [2], по итогам работы камчатских и сахалинских судов в 1978 г. количество аварийных тралений более 10 % от общего количества тралений, хотя тралы вели у поверхности, не касаясь грунта и без полной нагрузки на главные двигатели.

Анализ всех обстоятельств (влияние ветра, его направление) и других факторов при выяснении причин таких больших перекосов привело автора к следующему выводу.

При тралении одиночного судна, в случае отклонения ваеров от диаметральной плоскости судна, внешний ваер для избежания перекоса трала перетравливается на величину $D \times \sin(a)$, где D – расстояние между ваерными блоками, a – средний угол отклонения ваеров от диаметральной плоскости судна. При близнецовом лове D уже есть расстояние между судами.

Например, при дистанции между судами 150 м и среднем отклонении ваеров 10° разность в длине ваеров составит 26 м, т.е. даже при небольшом отклонении ваеров по-прежнему является значительный перекос трала.

При рассмотрении разных вариантов решения проблемы ведения трала без перекосов автором было предложено отказаться от традиционной схемы, по которой суда идут относительно друг друга без смещения по ходу движения.

Предложено на двух однотипных судах, буксирующих трал, установить одинаковый процент нагрузки на главные двигатели и не обращать внимания на смещение судов относительно друг друга по ходу движения. Была дана рекомендация флоту, и суда стали проводить траление по этому принципу. При одинаковой нагрузке на главные двигатели однотипных судов их тяговое усилие практически одинаковое, при этом и натяжение ваеров одинаковое и отсутствует перекос трала. Конечно, вследствие некоторого несоответствия показаний процента нагрузки на главный двигатель тяговому усилию у разных судов возникает некоторый перекос трала. Но он многократно меньше, чем при буксировке трала по общепринятой схеме.

Если на судах имеется возможность точно определять натяжение ваера, можно корректировать процент нагрузки на главные двигатели судов, работающих в паре.

При работе по старой схеме наибольшее число порывов наблюдалось у разнотипных судов, отличающихся размерами корпусов и мощностью главного двигателя. В этом случае необходимо иметь данные о величине тягового усилия судна в зависимости от оборотов, показаний ВРШ.

В процессе работы по предложенной схеме было видно, как суда постоянно смещаются относительно друг друга по направлению движения. При пересечении поверхностного течения, которых было достаточно в этом районе, и смещении трала возникал перекося.

Судно, у которого натяжение ваера возрастало, начинало отставать от другого судна, натяжение выравнивалось, перекося трала устранялся, т.е. происходила автоматическая регулировка натяжения ваеров. При этом облегчалась работа судоводителей, не было необходимости постоянно добавлять, уменьшать ВРШ или обороты винта [3].

Наиболее эффективен промысел близнецовым способом объектов у поверхности.

С начала 80-х гг. скумбрия и сардина начали исчезать и тема близнецового промысла с крупнотоннажных судов перестала быть актуальной, хотя в Дальневосточном регионе и до настоящего времени имеются объекты, промысел которых можно вести близнецовым способом.

В Японском море южнокорейские рыбаки в достаточно больших объемах ведут промысел кальмара. В ночное время под днищем осветителя, собирающего кальмар, проводят близнецовый трал. Недостаточно проверена возможность облова сайры. При работе в одиночном варианте на промысле скумбрии тралом имелись случаи вылова сайры до 5 т, хотя размер ячеи в мешке был достаточно большой (30 мм). Также в дальневосточных морях имеются и другие объекты для близнецового лова.

Приморская экспериментальная база проводила немало разработок и испытаний близнецовых тралов для средних и малотоннажных судов. Ряд проверок на промысле экспериментальных тралов были неудачными и связаны с порывами тралов. Причинами в отчетах [4] о проведенных работах назывались погрешность в длине ваеров, неравномерность движения судов, что приводило к обрыву делей от топенантов и подбор.

При работе по новому принципу ведения трала погрешность в длине ваеров не имеет никакого значения и не влияет на перекося трала.

Перекося трала кроме его порывов имеют много отрицательных последствий. Это уменьшение улова, повышенная объежка сетного полотна, переползание узлов сетного полотна, особенно у полиэтиленовых делей.

Представления о ведении близнецового трала были проверены, отработаны в сравнительно давний период и сохраняют актуальность в наше время.

Список литературы

1. Шевцов С.Е. Близнецовый лов [Текст] / С.Е. Шевцов. – Рига: Изд-во «Знание», 1970.
2. Евсиков Г.И. Близнецовый поверхностный траловый лов скумбрии и сардины с крупнотоннажных судов [Текст] / Г.И. Евсиков. – Владивосток: ОНТИ ЦПКТБ Дальрыбы, 1980.
3. Рейсовый отчет капитана БМРТ «Бикин» Находкинской БАМР 1979 г. Салина Г.М.
4. Технический отчет «Приморской экспериментальной базы» по внедрению новой техники и экспериментальным работам в промышленном рыболовстве за 1981 г.

Сведения об авторе: Кузик Вячеслав Андреевич, технолог ООО «ПФОЛ»; e-mail: vak_49@mail.ru.

УДК 639.2.081.117.212(06)

А.А. Недоступ, Д.А. Володько

Калининградский государственный технический университет,
236000, г. Калининград, Советский проспект, 1

К ОБОСНОВАНИЮ МЕТОДА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗНОГЛУБИННЫХ И ДОННЫХ СЕТЕЙ

Приводятся результаты физических экспериментов, проводимых с моделями пространственных сетей (3D) в гидроканале ЗАО «МариНПО». Получены эмпирические зависимости, связывающие силовые и геометрические характеристик пространственных сетей. Ошибка аппроксимирующих зависимостей составляет не более 8 %. Приводится метод расчета силовых и геометрических характеристик пространственных разноглубинных и донных рыболовных сетей.

Ключевые слова: эксперимент, пространственная сеть, гидроканал, коэффициент сопротивления, ПС, 3D.

A.A. Nedostup, D.A. Volodko

TO A SUBSTANTIATION OF A METHOD OF CALCULATION OF FORCE AND GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF SPATIAL PELAGIC AND BOTTOM GILL NETS ARE DESCRIBED

In article conclusions results of physical experiments, spent with models of spatial gill nets in flume tank «МариНПО». Empirical dependencies was derived, that link up forces and geometric characteristics of spatial nets. The mistake of approximating dependencies are no more than 8 %. The method of calculation of force and geometric characteristics of spatial pelagic and bottom gill nets are described.

Key words: experiment, spatial gill net, flume tank, coefficient of resistance, 3D.

Введение

Сетные рыболовные орудия представляют собой сети пространственной формы (далее ПС). Даже самые простые орудия лова, такие, как ставные и плавные сети, которые при изготовлении представляют собой прямоугольные сетные полотна, в условиях эксплуатации под действием течения воды или при «сплывании» прогибаются, принимая пространственную форму или сетную оболочку 3D. Пространственная сеть также является частью более сложных орудий лова, таких, как крыло ставного невода, стенка кошелькового невода, закидной невод в процессе замёта и др. Исследованию пространственных сетей посвящены работы ученых: М. Tauti [1], Т. Kawakami [2], Y. Miyazaki [3], К. Matuda [4-6], А.И. Зонова [7], Э.П. Иванова [8, 9], Ю.А. Изнанкина [10], В.А. Свекло [11], S. Hianwei [12], М.М. Rozenshtein [13, 14], С.W. Lee, G.H. Lee, М.Y. Choe, М.К. Lee [15], но до сих пор вопрос определения связи геометрических и силовых характеристик сетной оболочки (пространственной сети) остается актуальным.

Актуальность исследования пространственных сетей заключается в определении зависимости геометрических параметров сети от нагрузок, действующих в ней [16, 17].

Известно, что для изучения различных физических явлений, происходящих в сетных орудиях рыболовства, применяются как теоретические, так и экспериментальные методы исследований. В большинстве областей человеческой деятельности используются оба эти метода, которые хорошо дополняют друг друга, особенно при рассмотрении сложных явлений. Сущность теоретических исследований процессов и явлений за-

ключается в составлении описывающих их конечных или дифференциальных уравнений и последующем их решении совместно с условиями однозначности. Однако во многих случаях при изучении сложных явлений составление адекватных математических их описаний вызывает значительные трудности, в других случаях решение уже составленных уравнений требует преодоления больших математических проблем, не всегда удается определить условия однозначности и т.д. Таким образом, возможности теоретических методов исследования не безграничны, они, как правило, применимы лишь для решения сравнительно простых задач.

Так, в связи со специфическими особенностями орудий рыболовства по сравнению с другими инженерными сооружениями – гибкостью, формоизменяемостью и проницаемостью – большинство случаев их движения в воде ещё не имеет соответствующих математических описаний, хотя в последнее время и проводится большая исследовательская работа в этом направлении [18]. В тех случаях, когда с помощью теоретических методов и исследований не удаётся решить ту или иную задачу, используют экспериментальные методы. Последние включают в себя методы натурного эксперимента и методы эксперимента с моделями. В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований силовых и геометрических характеристик моделей пространственных сетей.

Объекты и методы исследований

Запишем уравнение равновесия разноглубинной сети (1) и донной сети (2) при повороте оси OY на 180° (рис. 1, 2):

$$R^2 = (G + q - R_y)^2 + R_x^2 + R_z^2, \quad (1)$$

$$R^2 = (Q - q - R_y)^2 + R_x^2 + R_z^2. \quad (2)$$

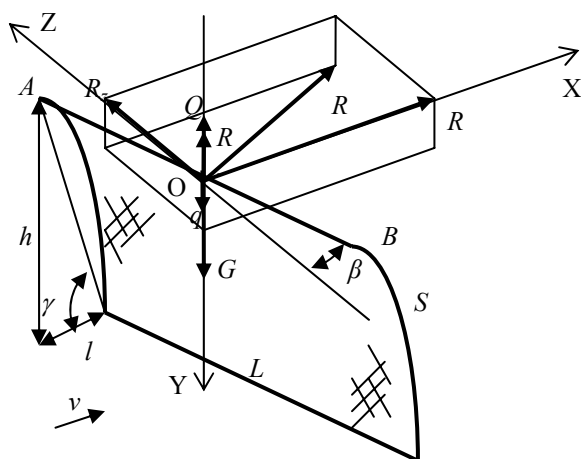


Рис. 1. Форма ПС и действующие силы
Fig. 1. The form SGN and working forces

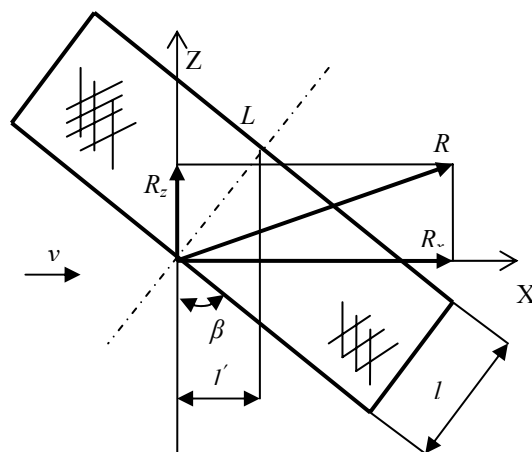


Рис. 2. Вид сверху на ПС
Fig. 2. The top view on SGN

На рис. 1 и 2 изображены характеристики ПС: v – скорость потока воды; R_x – гидродинамическая сила сопротивления; R_y – распорная сила; R_z – боковая сила; Q – плавучесть оснастки верхней подборы; R – результирующая сила; γ – угол наклона ПС к плоскости OZX; h – вертикальная проекция ПС; l – горизонтальная проекция ПС; l' – смещение нижней подборы ПС по оси OX; β – угол поворота ПС к плоскости OZY.

Разделим уравнения (1) и (2) на R_x . Для разноглубинной сети, с учетом $\psi = G / R_x$, $\zeta = q / R_x$ (q – вес сети в воде), $\xi = R_y / R_x$, а $\chi = \psi + \zeta - \xi$, и для донной сети, с учетом $\psi = Q / R_x$, а $\chi = \psi - \zeta - \xi$, [17, 18]:

$$\kappa = \sqrt{\left(\frac{R}{R_x}\right)^2 - 1} = \sqrt{\chi^2 + \eta^2}, \quad (3)$$

где $\eta = R_z / R_x$ – безразмерная боковая сила.

Для разноглубинной ПС:

$$\kappa = \sqrt{(\psi + \zeta - \xi)^2 + \eta^2}. \quad (4)$$

Для донной ПС:

$$\kappa = \sqrt{(\psi - \zeta - \xi)^2 + \eta^2}. \quad (5)$$

Из рис. 3 определим горизонтальную проекцию условной высоты сети S'' по оси $OX l''$:

$$l = \frac{l'}{\cos \beta}, \quad (6)$$

$$l'' = \frac{l'}{\cos^2 \beta}, \quad (7)$$

$$S'' = \frac{S}{\cos \beta}. \quad (8)$$

Гидродинамические силы, действующие в ПС, изображены на рис. 4 (где R_{xyz} – результирующая гидродинамических сил).

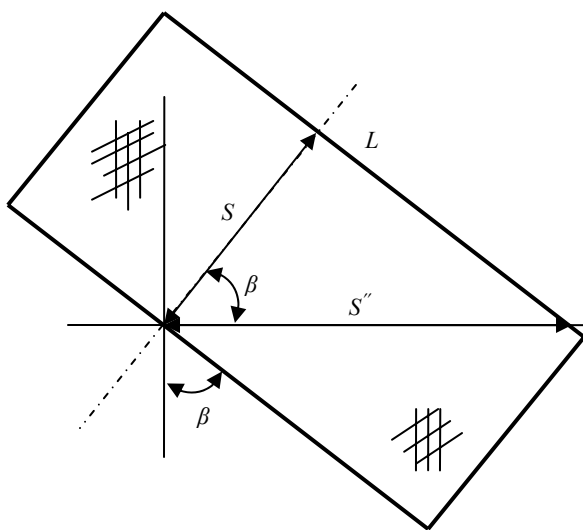


Рис. 3. Проекция ПС на плоскость OXZ
Fig. 3. Projection SGN to plane OXZ

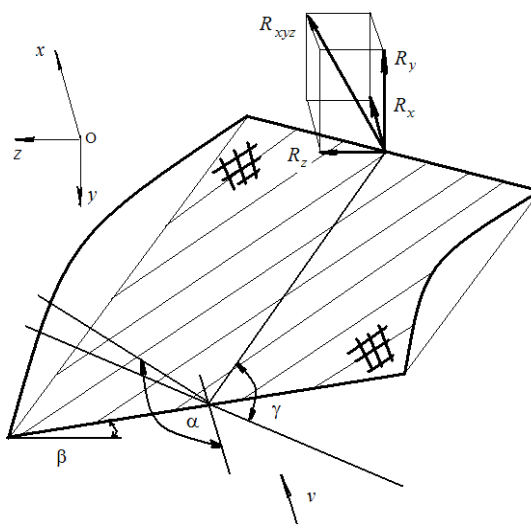


Рис. 4. Гидродинамические силы, действующие в ПС
Fig. 4. The hydrodynamical forces working in SGN

$$\left. \begin{aligned} R_x &= c_x \frac{\rho v^2}{2} F_n \\ R_y &= c_y \frac{\rho v^2}{2} F_n \\ R_z &= c_z \frac{\rho v^2}{2} F_n \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где c_x , c_y и c_z – гидродинамические коэффициенты; F_n – площадь ниток ПС, ρ – плотность воды,

$$\left. \begin{aligned} c_x &= c_0 + (c_{90} - c_0) \sin \alpha_x \\ c_y &= 0,25c_{90}F_0 (6\alpha_y - 3,85\alpha_y^2) \\ c_z &= 0,25c_{90}F_0 (6\alpha_z - 3,85\alpha_z^2) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где $c_{90} = 16(2F_0/\text{Re})^{0,28}$ – коэффициент сопротивления сети, расположенной перпендикулярно потоку воды; $c_0 = F_0\text{Re}^{-0,165}$ – коэффициент сопротивления сети, расположенной параллельно потоку воды; α_x , α_y и α_z – углы, характеризующие ориентацию ПС в пространстве, зависящие от углов β и γ , которые в свою очередь зависят от безразмерных сил χ и η ; F_0 – сплошность ПС.

Для оценки углов β и γ необходимо определить связь геометрических и силовых характеристик ПС, построив экспериментальные зависимости (11):

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{S} &= f(\kappa) \\ \frac{l'}{S} &= f(\kappa) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где $\lambda = h/S$ – безразмерная вертикальная проекция; $\omega = l'/S$ – безразмерная горизонтальная проекция, а также значения безразмерных сил для ставной сети [17, 18].

Отметим, что при $\gamma = 0^\circ \rightarrow \alpha = 0^\circ$, при $\gamma = 90^\circ \rightarrow \alpha = 90^\circ - \beta$. Определение явных зависимостей (11) позволит рассчитывать силовые и геометрические характеристики пространственных сетей различных орудий рыболовства.

Экспериментальная часть

Эксперименты с сетными конструкциями проходили в гидроканале ЗАО «МариН-ПО» (г. Калининград) [19]. Конструктивные характеристики моделей сетей приведены в таблице.

Конструктивные характеристики моделей разноглубинных ПС Constructive characteristics of models of mid-water SGN

Модель	Диаметр нитей d , мм	Шаг ячеек a , мм	Длина сети L , м	Высота сети S , м	Площадь ниток F_n , м ²	Сплошность сети F_0	Вес в воде сети q , Н	Загрузка нижней подборы (вес в воде) G , Н
1	1,2	30	1,5	1,7	0,26	0,102	0,3	0-5,75
2	2,0	200	1,44	1,86	0,08	0,03	0,1	0-2,3
3	2,0	30	0,99	1,4	0,161	0,13	0,24	2,3-3,45

Опыты с моделями сетей проводились в диапазоне скоростей 0,2-0,4 м/с, с различной загрузкой G и углом поворота ПС к плоскости OZY β (см. рис. 1 и 2).

Тензодатчики для измерения силы сопротивления ПС крепились к точкам A и B . Все измерения проводились тензометрической станцией МІС-200. Как только скорость потока становилась постоянной, с помощью угломеров замерялись h и l' . Одновременно замерялись силы натяжения в точках крепления тензодатчиков с помощью тензостанции МІС-200 [17, 18]. Фотографии моделей ПС представлены на рис. 5 и 6.

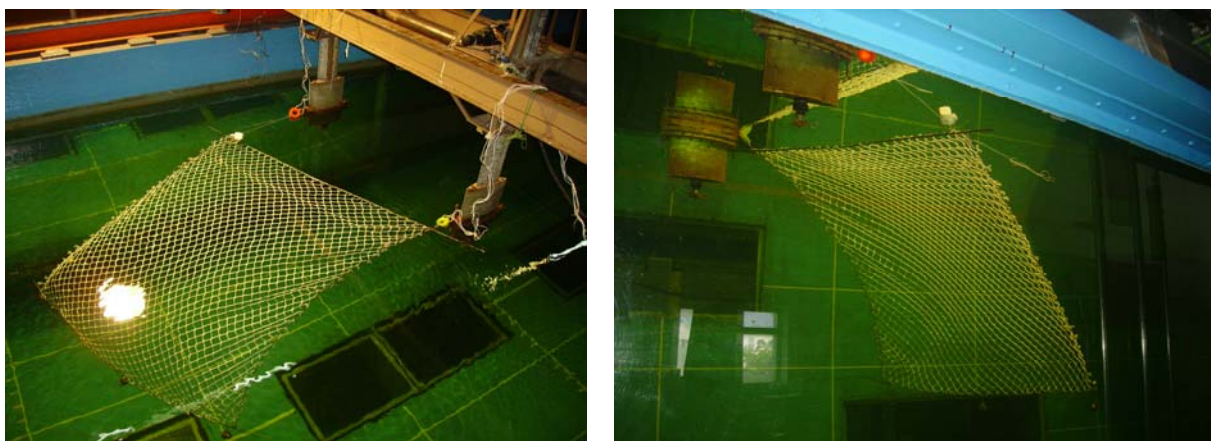


Рис. 5. Модель разноглубинной ПС №1
Fig. 5. Model of a mid-water SGN №1

На основании показаний тензодатчиков определены значения сил сопротивления R_x пространственных рыболовных сетей. С помощью формулы (12) определены значения коэффициентов сопротивления ПС:

$$\tilde{n}_x = 2R_x / (\rho v^2 F_n). \quad (12)$$



Рис. 6. Модель разноглубинной ПС №2
Fig. 6. Model of a mid-water SGN №2

На основании экспериментальных данных определены значения безразмерных параметров раскрытия ПС λ и ω . На рис. 7 и 8 изображены экспериментальные зависимости $\lambda = f(\kappa)$ и $\omega = f(\kappa)$.

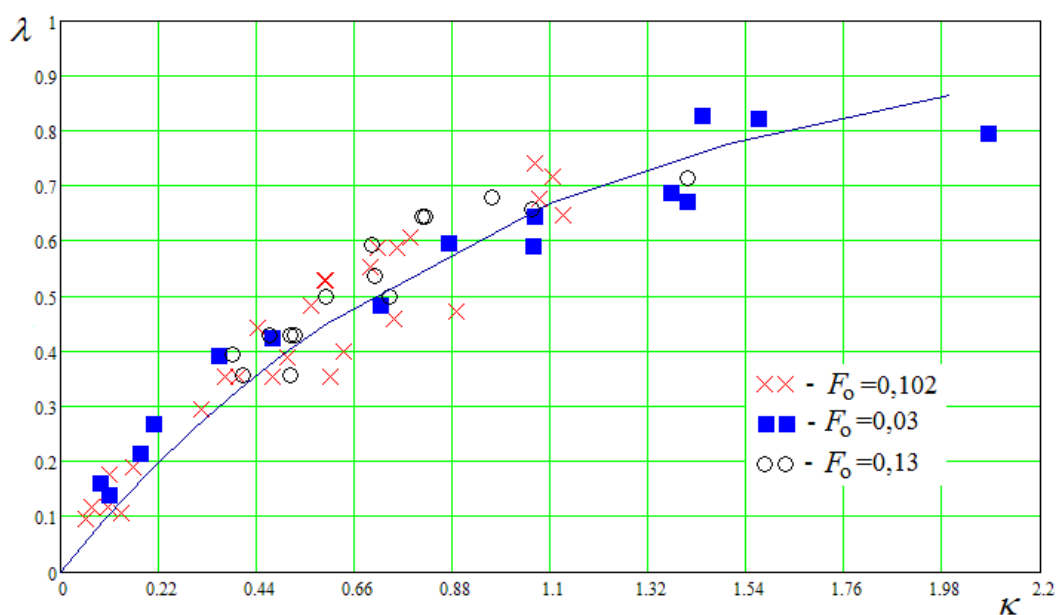


Рис. 7. График зависимости $\lambda = f(\kappa)$
 Fig. 7. The schedule of dependence $\lambda = f(\kappa)$

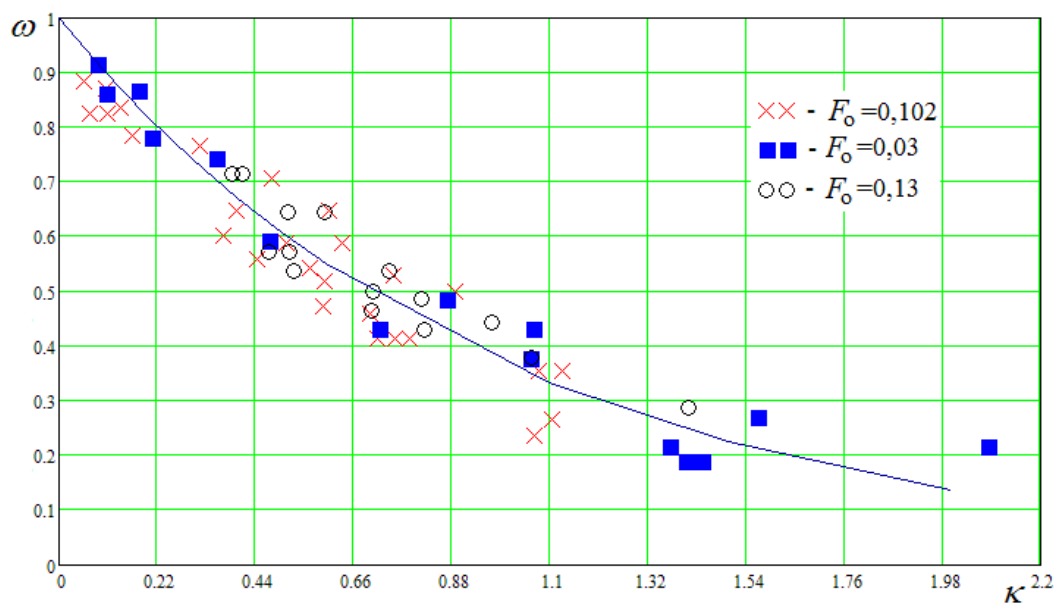


Рис. 8. График зависимости $\omega = f(\kappa)$
 Fig. 8. The schedule of dependence $\omega = f(\kappa)$

Результаты и их обсуждение

На основании результатов исследований характеристик ставных сетей и исследований характеристик ПС зависимости $\lambda = f(\kappa)$, $\omega = f(\kappa)$ имеют вид:

$$\lambda = 1 - e^{-\kappa}, \quad (13)$$

$$\omega = e^{-\kappa}. \quad (14)$$

Отметим, что при условии $\beta = 0^\circ \rightarrow \kappa = \chi$. Угол α может быть представлен в виде:

$$\alpha = \operatorname{arctg}(h/l), \quad (15)$$

или с учетом $l' = l \cos \beta$:

$$\alpha = \operatorname{arctg}(h/l \cos \beta). \quad (16)$$

Угол γ может быть представлен в следующем виде:

$$\gamma = \operatorname{arctg}(h/l). \quad (17)$$

Исходя из (16) и (17), угол α представим в виде

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{\tan \gamma}{\cos \beta}\right). \quad (18)$$

Разделим выражение (13) на (14), получим:

$$\frac{\lambda}{\omega} = \frac{h}{l} = e^\kappa - 1. \quad (19)$$

С учетом (15), (18) и (19) получим:

$$e^\kappa = \frac{\tan \gamma}{\cos \beta} + 1, \quad (20)$$

или

$$\kappa = \ln\left(\frac{\tan \gamma}{\cos \beta} + 1\right). \quad (21)$$

Выражения (20) и (21) характеризуют связь силовых характеристик пространственной сети с ее геометрическими характеристиками.

Таким образом, на основании выражений (4)-(21) можно определить геометрические и силовые характеристики пространственной рыболовной сети (разноглубинной или донной) при условии, что величина угла β в первом приближении известна (к примеру – подбора сети приняла форму цепной линии). Рассмотрим поэтапно метод расчета разноглубинной ставной пространственной сети (рис. 9).

Введем допущения: вектор скорости течения воды v направлен вдоль оси ОХ (см. рис. 9); верхняя и нижняя подборы находятся в плоскости ОХZ; в приведенном примере при расчете характеристик ПС длину сети разбили на шесть равных участков.

1. Разобьем ПС на шесть равных участков (по длине): $OA = AB = BC = O_1A_1 = A_1B_1 = B_1C_1$, причем (введено допущение): $OA = A_1B_1 = B_1C_1 = O_1A_1 = A_1B_1 = B_1C_1$ (рис. 10, 11).

2. Определяем значение угла θ (рис. 10) при $v = 0$.

3. Рассчитываем характеристики ПС без учета выдувания по длине сети (при заданной скорости течения v).

4. Определяем значения углов θ и δ (рис. 12) при условии, что верхняя подбора сети приняла форму цепной линии.
5. Определяем форму шести участков ПС по формулам (13)-(21).
6. Уточняем значения углов θ и δ и форму верхней подбора ПС.
7. Уточняем форму шести участков ПС по формулам (13)-(21).
8. Определяем силовые и геометрические характеристики пространственной разноглубинной рыболовной сети, закрепленной с помощью якорей.

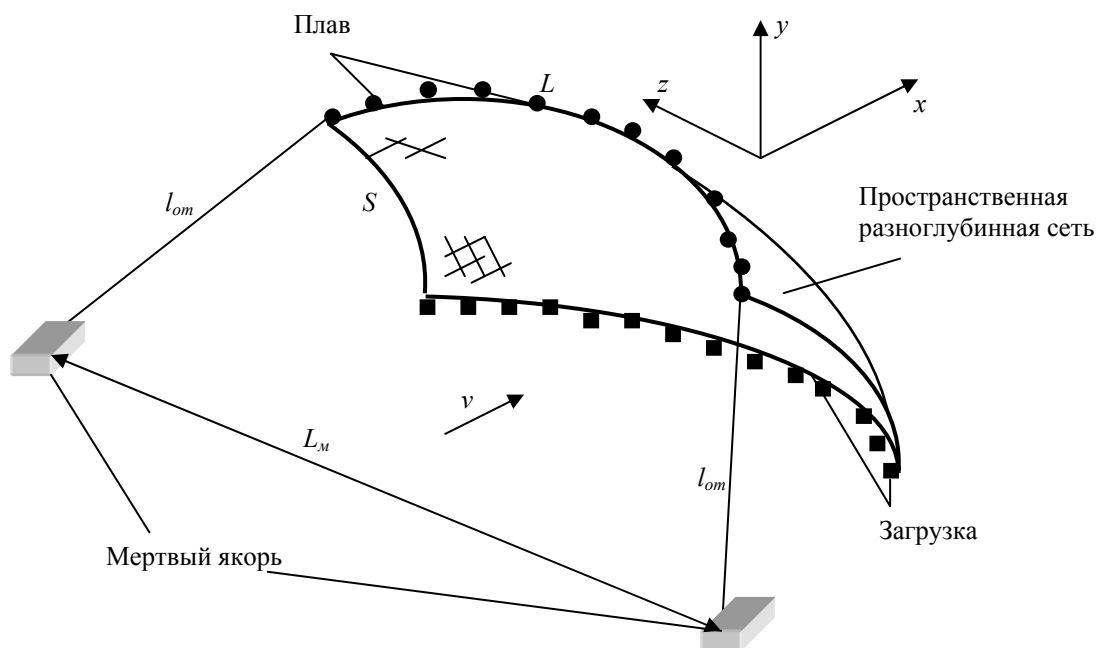


Рис. 9. Форма разноглубинной ставной пространственной сети, закрепленной с помощью оттяжек и якорей
 Fig. 9. The form mid-water the SGN fixed with the help of delays and anchors

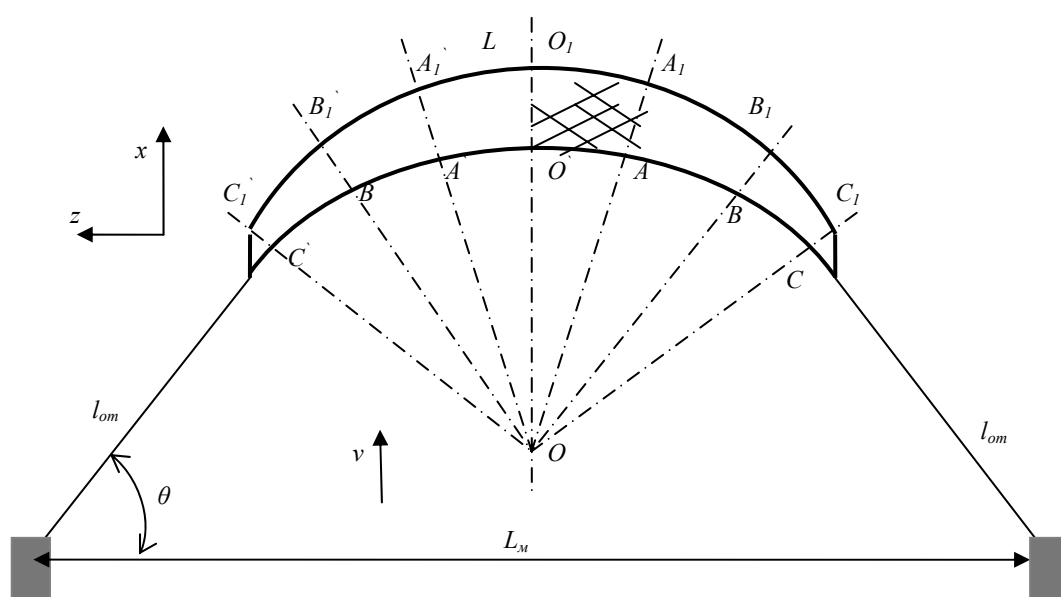


Рис. 10. Форма разноглубинной ставной пространственной сети в плоскости OXZ
 Fig. 10. The mid-water the SGN in plane OXZ

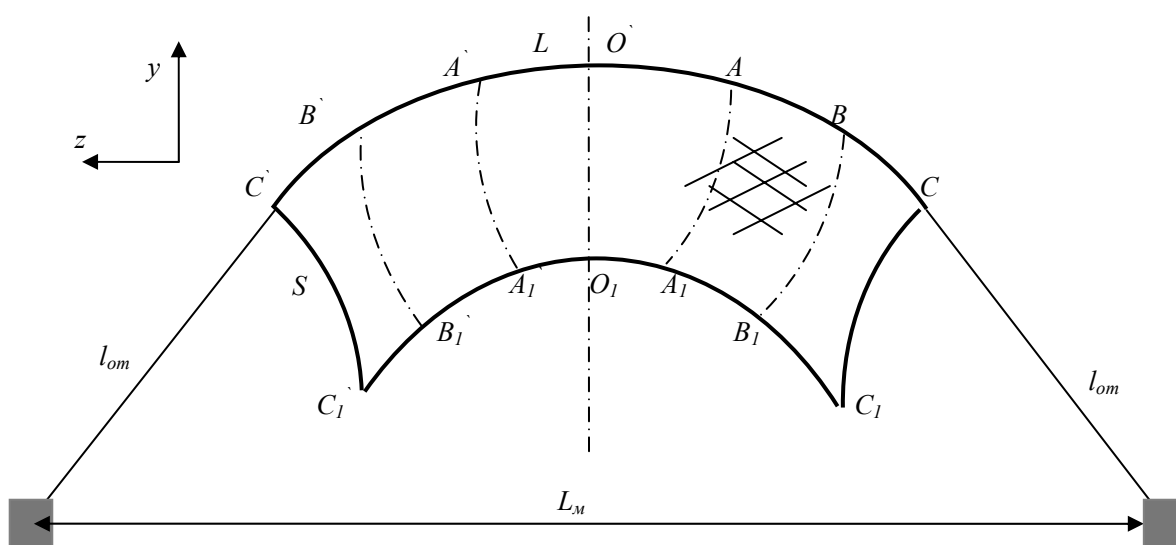


Рис. 11. Форма разноглубинной ставной пространственной сети в плоскости OYZ
 Fig. 11. The mid-water the SGN in plane OYZ

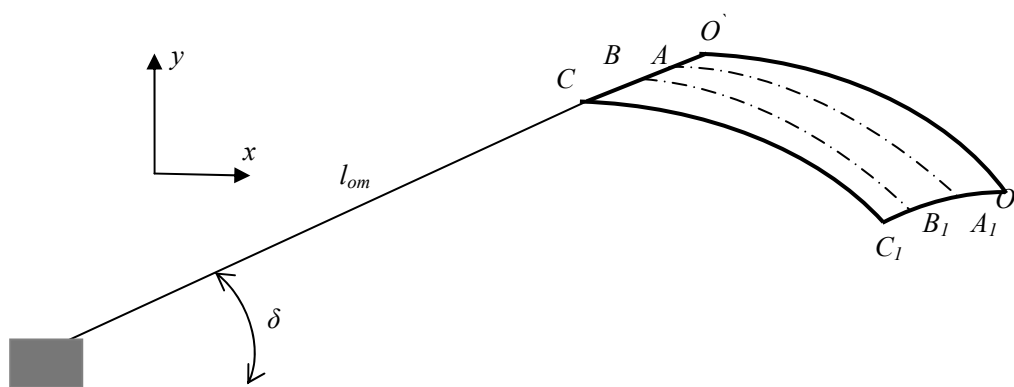


Рис. 12. Форма разноглубинной ставной пространственной сети в плоскости OXY
 Fig. 12. The mid-water the SGN in plane OXY

Заключение

Получены эмпирические зависимости (13)-(21), связывающие силовые и геометрические характеристики пространственных сетей. Ошибка аппроксимирующих зависимостей составляет не более 8 %.

Приведенный в статье метод расчета позволяет определить следующие характеристики ПС: форму пространственной рыболовной сети; действующие в сети силы; положение верхней и нижней подбор сети; натяжение в оттяжках.

Метод также позволяет подобрать: необходимую оснастку подбор сети для эффективной ее эксплуатации; необходимую длину оттяжек и их материал; якоря.

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

Список литературы

1. Tauti M. The force acting on the plane net in motion through the water. Nippon Suisan Gakkaishi 1934; 3: 1-4.
2. Kawakami T. The theory of designing and testing fishing nets in model. In: Modern fishing gear of the World 2// Fishing News Books London. – 1964. – P. 471-482.

3. Miyazaki Y. The configuration and tension of a rope a plane net set in a uniform stream. Journal of the Tokyo Univ. – 1970. –Vol. 56, № 1-2. – P. 49-117.
4. Matuda K. Model experiment on the sweeping trammel net. Reprinted from memoirs of the college of agriculture, Kyoto Univ. – 1972. – № 103. – P. 18-32.
5. Matuda K. Mechanical analysis of the sweeping trammel net. Reprinted from memoirs of the college of agriculture, Kyoto Univ. – 1972. – № 103. – P. 33-44.
6. Matuda K. On matching the gear size to the engine power of boats and its ideal operation in the sweeping trammel net fishery. Reprinted from memoirs of the college of agriculture, Kyoto Univ. – 1972. – № 103. – P. 53-67.
7. Зонов А.И. Геометрия рыболовной сети и ее равновесное состояние [Текст] / А.И. Зонов // Изв. ГНИИОиРРХ. – Т. 73. – 1971. – С. 96-167.
8. Иванов Э.П. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства [Текст] / Э.П. Иванов, А.Л. Фридман. – Калининград, 1973. – С. 66.
9. Иванов Э.П. Вариационные задачи теории сетных оболочек [Текст] / Э.П. Иванов // Промышленное рыболовство: тр. КТИРПиХ – Вып. LVII. – 1975. – С. 69-79.
10. Изнанкин Ю.А. Основы методики определения гидродинамического качества сети по результатам буксировок сетных мешков [Текст] / Ю.А. Изнанкин, А.А. Косов // Промышленное рыболовство: сб. трудов КТИРПиХ. – Вып. 65. – 1977. – С. 53-58.
11. Свекло В.А. О равновесии рыболовной сети [Текст] / В.А. Свекло // Тематический сборник трудов КТИРПиХ. – 1986. – С. 83-102.
12. Hianwei S. Difference methods in figuring out the configuration and tension of nets and their application in gill net design. Journal of Zhejiang College of fisheries. – 1987. – Vol. 6. № 2. – P. 83-95.
13. Rozenshtein M.M., Nedostup A.A., Popov S.V., Ermakova T.V. Some questions of numerical and physical modelling of fishing gears/ 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2007. Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. – London. – 2007. – P. 953-959.
14. Rozenshtein M.M., Nedostup A.A., Ermakova T.V. Physical modelling of gill net, drift net and trawl net/ 8th International workshop – Methods for the development and evaluation of maritime technologies DEMAT 2007. – Rostock. – 2007. – P. 89-100.
15. 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.
16. Недоступ А.А. К вопросу исследования силовых и геометрических характеристик пространственной сети [Текст] / А.А. Недоступ, Д.А. Володько // Инновации в науке и образовании – 2008: сб. тез. докл. VI Междунар. науч. конф. – Калининград: КГТУ, 2008. – С. 32-35.
17. Недоступ А.А. Метод расчета силовых и геометрических характеристик пространственных рыболовных сетей [Текст] / А.А. Недоступ, Д.А. Володько // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 162. – С. 407-426.
18. Недоступ А.А. Методы расчета пассивных сетных орудий внутреннего и прибрежного рыболовства [Текст]: моногр. / А.А. Недоступ. – Калининград: КГТУ, 2010. – 280 с.
19. Белов В.А. Гидродинамика нитей, сетей и сетных орудий лова [Текст] / В.А. Белов. – Калининград, 2000. – 200 с.

Сведения об авторах: Недоступ Александр Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: nedostup@klgtu.ru;

Володько Дмитрий Александрович, аспирант кафедры промышленного рыболовства, e-mail: volandkg@yahoo.com.

УДК 639.2.081.001.57

Е.В. Осипов

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

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЯРУСОВ

Излагается общий метод проектирования ярусов различных типов на основе системного подхода.

Ключевые слова: яруса, проектирование, оптимизация.

E.V. Osipov

METHOD OF DESIGNING LONGLINE

In the given work the general method of designing of longline of various types on the basis of the system approach is stated.

Key words: longline, designing, optimization

Введение

Проектирование ярусов, как и других орудий рыболовства, в настоящее время представляет собой процесс разработки конструкции орудия рыболовства как части рыбопромысловой системы (РПС) [1]. При проектировании необходимо рассматривать процессы взаимодействия с другими частями РПС, выражая их через ограничения. Целью проектирования орудия рыболовства является создание конструкции, отвечающей требованиям заказчика. Поскольку многие решения рассматриваются на конкурсной основе, то создаваемая конструкция орудия рыболовства должна иметь характеристики, обеспечивающие ей конкурентоспособность по отношению к существующим аналогам. Такая задача не может решаться методом проектирования орудий рыболовства по прототипу, в основе которого используется теория подобия, по следующим причинам:

- выбор прототипа – очень сложная задача на современном этапе развития рыбодобывающей отрасли, поскольку отсутствует статистика эксплуатации различных конструкций орудий рыболовства;

- данный метод исключает инженерный поиск лучших решений на основе достижений науки и техники;

- этот метод проработан для задач проектирования тралов и кошельковых неводов.

Все это не позволяет использовать метод прототипа для создания конкурентно способных конструкций орудия рыболовства. В настоящее время для решения задач проектирования орудия рыболовства подходит методика оптимального проектирования орудий рыболовства, которая развивается в работах [1-3]. При решении оптимизационных задач проектирования необходимо определить критерии оптимизации и ограничения задачи. В данной работе предлагается методология проектирования и конструирования, основанная на классификации задач проектирования ярусов, представляемых в виде модулей и связей между ними.

Объекты и методы исследований

Это позволяет рассматривать такие модули независимо друг от друга, при этом их детализация может быть различна и зависеть от уровня знаний о процессе или явлении и соответственной степени формализации задач. Проектирование в этом случае пред-

ставляется на основе последовательных и параллельных процессов взаимодействий модулей. Однако разработка модульной структуры проектирования требует тщательной проработки интерфейсной части создаваемых модулей.

Для создания модулей классифицируем процессы конструирования с учетом оптимизации параметров ярусов:

1. Уловистость яруса – повышение (max).
2. Стоимость конструкции – уменьшение (min).
3. Удобство эксплуатации – повышение (max).
4. Надежность эксплуатации – повышение (max).

Классифицированные процессы будут представлять собой модули, поэтому на первом этапе опишем состав функций и задач, реализующихся в них.

Необходимо отметить, что отдельным и важным объектом любой разрабатываемой рыболовной системы является гидробионт. К характеристикам гидробионта отнесем следующие параметры: функция районирования в зависимости от района и времени года распределения по глубине, размер ротового отверстия, масса и др.

Уловистость яруса. Разделим процесс увеличения уловистости на три составляющие: 1 – конструктивные особенности яруса, 2 – качество наживки, 3 – установка яруса. При проектировании можно точно учесть только конструктивные параметры яруса, другие параметры зависят от снабжения судна, опыта и знаний рыбаков. Однако выбор конструктивных параметров яруса связан с учетом других двух параметров. В этом случае конструктивные элементы яруса должны обеспечивать максимальный доступ гидробионта к наживке и определяться функцией распределения гидробионтов по глубине. Тогда стационарные ярусы с поводцами, располагающимися в толще воды, исследуются на течениях, скорость которых определяется из характеристик района промысла, а его направление задается установкой яруса, позволяющей создать эффективное поле одорантов, выходящих из тела наживки и привлекающих гидробионтов. В ходе этого исследования производится перебор возможных конструктивных решений по реализации элементов ярусов и конструкции в целом. Однако на этот процесс накладываются ограничения, которые опишем ниже.

К конструктивным параметрам ярусов, влияющих на уловистость, относятся тип крючка, распределение крючков в толще воды, отрицательная реакция гидробионтов на элементы яруса. Уловистость крючка определяется его залавливающей схемой (рис. 1).

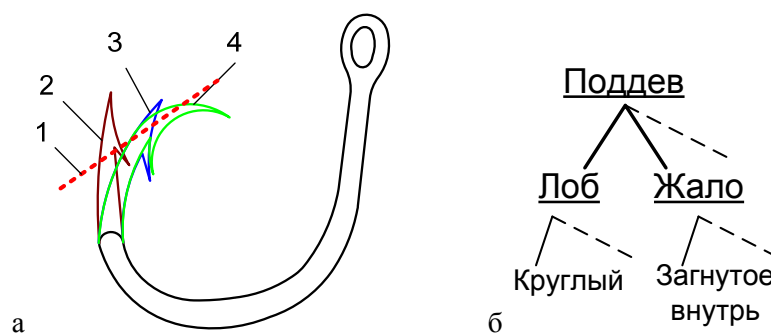


Рис. 1. Конструктивные особенности крючков [9]: а – положение наживки на разных типах крючков; б – дерево эффективных конструктивных параметров крючка (тип С);

1 – контур положения наживки на крючках типа А, В, С; 2 – тип А; 3 – тип В; 4 – тип С
 Fig. 1. Design features of hooks [9]: а – bait position on different types of hooks; б – a tree of effective design data of a hook (type); 1 – a contour of position of a bait on hooks of type А, В, С; 2 – type А; 3 – type В; 4 – type С

Согласно схеме (см. рис. 1, б) крючок типа А имеет следующую показательную конструктивную схему $A \in [0;0]$, крючок типа В $\in [1;0]$, а крючок типа С $\in [1;1]$. При расчете коэффициента удержаний k^h , крючок типа А примем за начальный, тогда $k_A^h = 1$. Для других крючков коэффициент удержания будем рассчитывать по формуле [9]

$$k^h = k_A^h + \frac{\sum K^h}{n}, \quad (1)$$

где K^h – значения показателей конструктивной схемы крючка; n – количество показателей.

Для всего порядка яруса улов яруса находится по формулам

$$U = k^u n; U = \sum k_j^u n_j, \quad (2)$$

где n – количество крючков; n_j – количество крючков разных типов; k_j^u – коэффициент уловистости j типа крючка, $k^u = k^h + k^b$, $k^b \in [-1,0]$ – коэффициент уловистости наживки.

Значение улова яруса по формуле (2) выполняется в случае вероятности нахождения крючков в слое гидробионтов. Для обеспечения этого необходимо определить крючки в слое гидробионтов с помощью моделирования конструкций. Поскольку конструкции ярусов многообразны, методика моделирования должна быть универсальной, для решения этой задачи наиболее подходит объектно-ориентированный подход, базирующийся на общей библиотеке программных модулей (классах объектов), с помощью которых можно комплектовать различные рыболовные системы, а также их элементы, который изложен в работе [10]. Моделирование системы позволит определить относительное нахождение крючков в слое гидробионтов $k_m \in [0,1]$, тогда формулы (2) примут вид

$$U = k_m k^u n; U = k_m \sum k_j^u n_j. \quad (3)$$

Реакция гидробионтов на элементы яруса определяется дистанцией реагирования и задается ограничениями.

Стоимость конструкции яруса разделим на следующие составляющие:

1. Стоимость элементов яруса.
2. Стоимость эксплуатации.

Стоимость эксплуатации зависит от долговечности эксплуатации элементов и в случае разрушения – от покупки новых. Выбор материалов элементов яруса определяет стоимость и зависит от обеспечения условия надежности элементов яруса при эксплуатации.

Удобство эксплуатации разделим на следующие уровни:

1. Удобство работы, на промысле обеспечивающееся уровнем механизации.
2. Удобство работы с элементами яруса.

Особенности промышленного оборудования накладывают ограничения на характеристики элементов яруса, в свою очередь низкий уровень механизации также накладывает ограничения на эти элементы, связанные с удобством использования ручного труда.

Надежность эксплуатации связано с понятиями:

1. Безотказность работы орудия рыболовства в заданном временном интервале.
2. Надежность восстановления орудия рыболовства и его элементов.
3. Долговечность конструкции определяется ее износом или старением.

Как можно заметить, предложенные модули представляют собой решение многокритериальной задачи оптимизации, которую в нашем случае сведем к целевой функции

$$f(x) = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где B_1 – блок уловистости; B_2 – блок стоимости; B_3 – блок удобства эксплуатации; B_4 – блок надежности эксплуатации; x – вектор параметров орудия лова.

В этом случае (4) интерфейсная часть модулей будет представлена в стоимостном выражении, а выбор оптимальной конструкции будет определяться максимальным значением $f(x)$.

Помимо внутренних ограничений в каждом из блоков на орудие рыболовства накладываются внешние ограничения: правила рыболовства; параметры механизмов и характеристики судов, работающих с создаваемым орудием лова; требования рынка и механизмов обработки улова к размерам гидробионтов [4], а также экологичности орудия рыболовства.

Правила рыболовства определяют размер допустимых к вылову особей и допустимый прилов особей другого размера. Для этого структурируем информацию по районам и объектам добычи, что представим в виде объектов $PR1_4$ и $PR2_2$, где $pr1_1$ – район промысла; $pr1_2$ – вид гидробионта; $pr1_3$ – допустимый к вылову минимальный размер; $pr1_4$ – допустимый прилов особей меньшего размера, %; $pr2_1$ – район промысла; $pr2_2$ – допустимый прилов неосновных объектов добычи, %.

Требования рынка и машин обработки улова к размерам гидробионтов, как правило, ограничиваются минимальным размером. Таким образом, представим их объектами TR_3 и MO_2 , где tr_1 – район промысла; tr_2 – вид гидробионта; tr_3 – минимальный размер; mo_1 – вид гидробионта; mo_2 – минимальный размер.

Правила рыболовства, требования рынка и машин обработки улова определяются селективными свойствами орудия рыболовства, для яруса это параметры крючка.

В общем случае эффективность селективных свойств можно выразить в виде интеграла [5]

$$E = \int_a^b f(x) dx, \quad (5)$$

где $f(x)$ – кривая селективности; $x \in [a, b]$; a, b – селективный участок $f(x)$.

Помимо минимального промыслового размера в правилах рыболовства может быть указан и процент прилова $c\%$ особей, меньше r_f . Поэтому при выборе оптимального орудия лова разобьем участок $[a, b]$ на два участка: $[a, r_f]$ и $[r_f, b]$ (рис. 2).

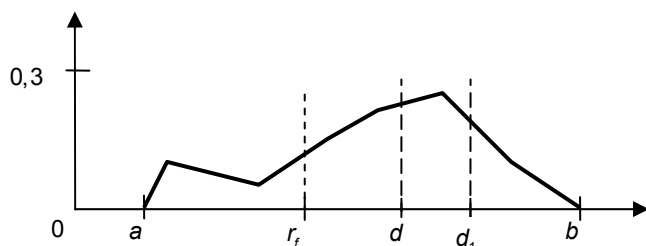


Рис. 2. Схема селективных участков
Fig. 2. The scheme of selective sites

Таким образом, алгоритм выбора оптимального селективного орудия лова имеет вид [5]:

- 1) из множества $E[n]$ создаем подмножество $E_1[m] \leq c_{\%}/100$ при $x \in [a, r_f]$;
- 2) из подмножества $E_1[m]$ выбирается $E_1[i] \rightarrow \max$ при $x \in [r_f, b]$.

Данный алгоритм можно дополнить с учетом влияния фактора рыночного спроса на рыбопродукцию определенного размера $[d, d_1]$; оптимальности работы разделочного оборудования на необходимом размерном ряде $[d, d_1]$ (см. рис. 1). Для решения этих задач алгоритм в пункте 2 примет вид: из множества $E_1[m]$ выбираем $E_1[i] \rightarrow \max$ при $x \in [d, d_1]$.

При условии квотирования объектов промысла необходимо выбирать орудие рыболовства с низкими показателями прилова особей вне диапазона $[d, d_1]$. Поскольку $f(x)$ строится в относительных единицах, то, выбирая $E_1[i] \rightarrow \max$ на участке $x \in [d, d_1]$, функция $f(x)$ минимальна на участках $[r_f, d]$ и $[d_1, b]$.

Параметры механизмов и характеристики судов, работающих с создаваемым орудием лова. Наиболее насыщенными механизмами является ярусный промысел.

В настоящее время используются несколько способов автоматизированного наживления крючков. Наиболее распространенными являются наживочные машины с непосредственным наживлением каждого крючка и с прохождением системы хребтины с поводцом, оснащенный крючком через бункер, наполненный жидкостью с наживкой. Поэтому при проектировании ярусной системы необходимо обеспечить свободное прохождение элементов яруса через бункер или через направляющий желоб, в этом случае

$$D_1 + D_2 + \dots + D_n < D_m, \quad (6)$$

где $D_1 + D_2 + \dots + D_n$ – сумма характерных линейных размеров элементов яруса в жгуте; D_m – минимальный диаметр отверстия в бункере или характерный размер направляющего желоба.

К важным особенностям наживочных машин относятся способность наживления тех или иных типов крючков: обычный; круглый; полукруглый.

Для устройств разматывания поводцов существуют ограничения по максимальной длине поводцов, которые могут быть размотаны. Для машин фирм «МАРКО» и «МУС-ТАД» этот параметр следующий: до 0,5 м – небольшая скорость выборки; 0,45 м – средняя скорость выборки; 0,4 м – большая скорость выборки, при этом фирмой «МАРКО» рекомендуется длина поводца 0,35 м.

Кассеты ограничивают вес участка хребтины, приходящейся на длину кассеты, в случае ручного подсоединения ее к наживочной машине. Если ручное соединение отсутствует, то ограничение существует только по компактности размещения хребтины на кассете.

Устройства для очистки крючков предъявляет дополнительные требования к прочности крепления буйковой оснастки поводцов.

Ярусные лебедки разделяются на два типа расположения выборочных органов: горизонтальный и вертикальный. Для ярусов с буйковой оснасткой поводцов необходимо использовать лебедки с горизонтальным расположением выборочных органов.

Экологичность. При проектировании ярусов необходимо снизить или исключить гибель птиц, млекопитающих и черепах. В настоящее время существуют различные

приспособления, позволяющие это осуществить, поэтому рассмотрим только те, которые непосредственно связаны с конструкцией яруса или влияют на нее:

- трубы для направления хребтины ниже уровня воды позволяют снизить гибель птиц на 76-79 % [6];
- постановка яруса в ночное время снижает прилов птиц на 100 % [6];
- применение наживок, окрашенных в синий цвет, снижает гибель черепах до 60 % [7];
- применение круглых крючков снижает гибель черепах до 90 % [8].

Ограничения в ресурсах и в выборе материалов. Ресурсы непосредственно оказывают влияние на выбор материалов, из которых могут быть изготовлены орудия рыболовства. В этом случае могут быть два решения. Рассмотрим выбор хребтины яруса.

Первое решение задачи – выбирается хребтина с тем же диаметром, но с меньшим разрывным усилием. В этом случае износ хребтины будет больше, чем у рассчитанной, тогда эта замена имеет смысл при

$$C_p \gg Cn, \quad (7)$$

где C_p – стоимость рассчитанной хребтины; C – стоимость заменяемой хребтины; n – количество заменяемых хребтин в ходе эксплуатации.

Второе решение задачи – выбирается хребтина с тем же разрывным усилием, но с большим диаметром. В этом случае возрастает масса хребтины, влияющая на ее длину в секции, что скажется на удобстве использования.

Схема выбора оптимального орудия рыболовства представлена на рис. 3.

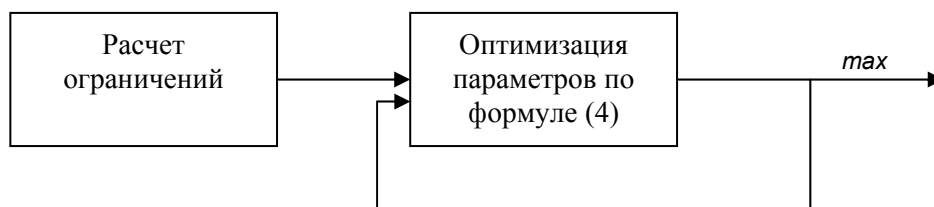


Рис. 3. Схема оптимизации орудий рыболовства
Fig. 3. The scheme of optimization of fishing gears

Результаты и их обсуждение

Применение схемы оптимизации (см. рис. 3) для нахождения характеристик ярусов дало следующие результаты:

- современные механизированные линии для ярусного промысла оказывают значительное влияние на область проектных решений конструкций ярусов, значительно снижая ее, поэтому для применения более эффективных конструкций требуется изменение промысловых механизмов;
- предложенные расчеты конструкций ярусов в работе [11] фактически не учитывают особенностей промыслового оборудования и поэтому не могут эксплуатироваться на промысле на заявленных судах;
- предложенные конструкции ярусов в работе [11] не учитывают физическую возможность установки яруса с заданными параметрами, решение этой задачи лежит в создании моделей расчета ярусной системы при выметки яруса;
- большинство конструкций ярусов, используемых на промысле [12, 13], учитывают современные требования к их эксплуатации и в ряде случаев являются оптимальными.

Список литературы

1. Розенштейн М.М. Проектирование орудий рыболовства [Текст]: учебник для высших учебных заведений / М.М. Розенштейн. – Калининград: КГТУ, 2009. – 367 с.
2. Розенштейн М.М. САПР технических средств рыболовства [Текст] / М.М. Розенштейн. – Калининград: КГТУ, 2008. – 127 с.
3. Розенштейн М.М. Методы оптимизации. [Текст] / М.М. Розенштейн. – Калининград: КГТУ, 2008. – 88 с.
4. Осипов Е.В. Методы структуризации требований ограничений для проектирования орудий рыболовства [Текст]: материалы междунар. науч.-техн. конф. «Наука и образование – 2007» / Е.В. Осипов. – Мурманск: МГТУ, 2007. – С 1044-1048.
5. Осипов Е.В. Методика выбора оптимального селективного орудия рыболовства для систем автоматизированного проектирования [Текст]: материалы междунар. науч.-техн. конф. «Наука и образование – 2006» / Е.В. Осипов. – Мурманск: ФГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – С. 959-960.
6. Edward F.M. Progress Report: Solutions to the Bycatch of Seabirds in Alaska Longline Fisheries / Edward F.M. – Seattle: University of Washington, 2000. – P. 10.
7. Christofer H.B. Longline fishing experiments to reduce sea turtle bycatch / Christofer H. Boggs, R. Michael Laurs. – NMFS, Honolulu, 2001. – P. 10.
8. Mustad autoline. [Elektronic resource]. http://mustad-autoline.com/mikpublish/viewarticle_eng.php?id=1 Дата обращения 15.10.2008/
9. Мясников Д.В. Анализ удержания крючками гидробионтов на ярусном промысле. [Текст]: науч. тр. Дальрыбвтуза / Д.В. Мясников, Е.В. Осипов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – Вып. 20. – С. 116-119.
10. Осипов Е.В. Объектно-ориентированные методы расчета орудий рыболовства [Текст]: моногр. / Е.В. Осипов. – Владивосток: ТИПРО–Центр, 2009. – 89 с.
11. Габрюк В.И. Основы моделирования крючковых рыболовных систем [Текст] / В.И. Габрюк, В.В. Чернецов, А.Н. Бойцов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. – 560 с.
12. Кокорин Н.В. Лов рыбы ярусами [Текст] / Н.В. Кокорин. – М.: ВНИРО, 1994. – 421 с.
13. Bjordal A. Longlining / Bjordal A., Løkkeborg S. – Fishing New Books, University Press, Cambridge, 1996. – 156 p.

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

УДК 534.23

Л.Д. ПолищукДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА
ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ПРИЕМНЫМИ СИСТЕМАМИ***Предлагается метод измерения параметров низкочастотных излучателей, базирующийся на интегральном преобразовании Кирхгофа-Гельмгольца. Дана оценка точности таких измерений и факторов, от которых она зависит.***Ключевые слова:** звуковое давление, колебательная скорость.**L.D. Polishchuk****MEASURING OF SOUND SOURCES CHARACTERISTICS BY SPATIAL
RECEIVING SYSTEMS***Method of measuring parameters of-frequency (e) radiators based on Khirgof-Celmogorfs integral transformation is proposed. It assesses the exactness of such measurements and factors on which it depends.***Key words:** sound-pressure, oscillating speed.

В связи со все более широким применением в гидроакустике крупногабаритных низкочастотных излучателей весьма актуальной является проблема измерения их параметров. Наиболее перспективными, по-видимому, здесь являются методы ближнего поля [1, 2], базирующиеся на интегральном преобразовании Кирхгофа-Гельмгольца, которое для случая гармонических волн имеет вид

$$P(\chi) = \frac{1}{4\pi} \iint_S \left[P(y) \frac{\partial}{\partial ny} \left(\frac{e^{ikr}}{r} \right) - \frac{\partial py}{\partial ny} \frac{e^{ikr}}{r} \right] ds,$$

где $P(\chi)$ – звуковое давление в точках дальнего поля; $P(y)$ – то же в точке Y ближнего поля; ny – нормаль к поверхности S в точке Y ; $r = (\chi - \gamma)$; k – волновое число.

В общем случае [1] справедливо для идеальных условий свободного поля. Однако, если в условиях ограниченного объема отражения представить в виде мнимых источников и соответствующим образом выбрать поверхность интегрирования S , то можно показать, что вклад этих мнимых источников равен нулю. Это дает право утверждать, что при измерении, допустим, диаграммной направленности излучателя пространственной приемной системой, образующей замкнутую поверхность, с последующими вычислениями по [1], результаты оказываются невариантными к окружающим условиям.

Если требуется измерить только изучаемую мощность, то процедуру вычислений можно упрочнить, основываясь на теореме Гаусса:

$$\iiint_V \operatorname{div} Y dv = \iint_S Y nds.$$

Если $\bar{Y} = P \cdot \bar{v}$ есть вектор Умова-Пойтинга, \bar{v} – колебательная скорость, а объем v содержит источник звука, то поток \bar{Y} через поверхность S равен его мощности, т.е.

$$Wa = \iint_S Y_n ds,$$

где Y_n – нормальная к поверхности S , составляющая \bar{Y} .

Влияние отражений и внешних источников здесь также не требует специального рассмотрения, так как оно автоматически учитывается в фазовых соотношениях P и \bar{v} при интегрировании.

Процедура измерений в обоих случаях одинакова. Если выбрать в качестве S некоторую поверхность вращения (например, сферу), то можно расположить некоторое число приемников по контуру (окружности) и измерения проводить в несколько приемов, каждый раз проворачивая контур на определенный угол относительно излучателя. При этом необходимо обеспечить жесткую синхронизацию момента снятия отчета с фазой исходного сигнала.

Более простой окажется процедура измерений, если приемниками дискретно покрывать всю поверхность интегрирования и снятие отчетов производить одновременно. Однако в этом случае очевидно значительное усложнение конструкции измерительного стенда.

Экспериментальная проверка данного метода на специально разработанном стенде подтвердила его эффективность. В качестве приемников использовались датчики давления и колебательной скорости.

Суммарная ошибка измерений зависит от точности измерения звукового давления, колебательной скорости и сдвига фаз между ними. Вносят свой вклад также такие факторы, как количество приемников и шаг дискретизации, однако принципиально их влияние может быть сведено к минимуму. Определяющими будут первые два фактора. Поскольку приемники давления в настоящее время могут быть прогнозируемыми с довольно высокой точностью, то можно утверждать, что суммарная ошибка будет иметь порядок ошибки измерения колебательной скорости.

Список литературы

1. Horton C.W., Innis G.S. The Computation of Far-Field Radiation Patterng from Meagurements Made Near the Source, YASA, 1961. – P. 33, 7, 877-880.
2. Касаткин Б.А. Изменение параметров излучателей звука в матурных условиях [Текст] / Б.А. Касаткин, Е.А. Купцов, Л.Д. Полищук // Использование современных физических методов в неразрушающих исследованиях и контроле: тез. докл. Всесоюз. конф. – Хабаровск, 1984.
3. Полищук Л.Д. Измерение характеристик источников звука в условиях нестационарного звукового поля [Текст] / Л.Д. Полищук.– Владивосток, 1992.

Сведения об авторах: Полищук Леонид Демьянович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: poelishchuk@mail.ru.

УДК 639.2

Д.Б. Прокопьева

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

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МНОГОВИДОВОГО РЫБОЛОВСТВА

Представлены теоретические основы регулирования многовидовых промысловых сообществ посредством математического моделирования, анализа и развития методологии экосистемного подхода с учетом многовидовых отношений и выбора промысла, задач введения в практику многовидового рыболовства, модельного анализа многовидовых рыбных промыслов.

Ключевые слова: многовидовое рыболовство.

D.B. Prokop'eva

RESEARCH OF MODELS OF MULTIFISHERY

Work is devoted studying of theoretical bases of regulation of multispecific trade communities by means of mathematical modeling, the analysis and methodology development ecosystem's the approach taking into account multispecific relations and a choice of a craft, introduction problems in practice of multifishery, the modeling analysis of multifishing.

Key words: multifishery.

В настоящее время широко обсуждается проблема об интенсификации многовидового рыболовства. Многовидовое рыболовство – это рыболовство, организация и техническое оснащение которого приводят к изъятию нескольких видов гидробионтов. Изучение поведения гидробионтов, технологии управляемого промысла, технологии глубокой обработки уловов, проектное управление рыбохозяйственным комплексом – важные составляющие многовидового рыболовства.

В резолюции Второго международного съезда рыбаков «Сохранение и рациональное использование водных биологических ресурсов: баланс интересов государства и бизнеса» (19.09.2007) отмечается, что «рациональное и долгосрочное использование запасов водных биологических ресурсов Мирового океана является одной из составляющих решения вопроса обеспечения продовольственной безопасности населения планеты, новым стратегическим вызовом для человечества; в мировом рыболовстве вылов традиционных морских биоресурсов находится на максимально допустимом уровне, запасы этих объектов сильно истощены, увеличение их добычи повлечет за собой необратимые биологические и экономические последствия; несмотря на существенное развитие в мире аквакультуры, на настоящий момент производство культивируемых гидробионтов не может полностью заменить использование природных биоресурсов; без радикальных изменений в политике управления рыбными ресурсами невозможно развивать и увеличивать уровень мировой добычи водных биоресурсов».

Предлагается создавать условия для сохранения и рационального комплексного использования водных биологических ресурсов, перехода от интенсивного изъятия традиционных морских ресурсов к рациональной устойчивой эксплуатации морских биоресурсов, основанной на экосистемном подходе к их изучению. А также использовать научные методы прогнозов рыбопромысловых запасов и придерживаться научных рекомендаций по экологически допустимым объемам вылова, переходить на технологии многовидового рыболовства и полного комплексного использования вылова водных биоресурсов.

Следовательно, исследование и разработка методов рационального использования промысловых биоресурсов, методико-математического обеспечения многовидового промысла актуальна. Необходимо ставить и решать взаимосвязанно задачи управления флотом:

1. Прогнозирование сырьевых ресурсов как в долгосрочном, так и в текущем и оперативном временном масштабе. Величины этих оценок и их точность обуславливают выбор промысловых районов, видов объектов промысла, объемы и продолжительность работы флота в конкретных районах по конкретным видам сырья.

2. Оптимальные плановые задания флоту с определением состава и количества судов, наиболее эффективные нагрузки вылова, соответствующие оптимальным значениям экономических показателей эффективности.

3. Методы выполнения оптимальных планов заданий – определение режимов работы флота, типов орудий лова, конкретных действий руководства по расстановке судов.

4. Объемы и виды снабжения, графики выпуска продукции обрабатывающим флотом, графики подхода и состав транспортных судов и т.д.

При этом комплексное системное управление морскими биоресурсами должно практически реализовываться в виде многовидовых или системы взаимоувязанных специализированных промыслов [1], [2].

Задачей введения в практику многовидового рыболовства занимаются исследователи на Камчатке. А.В. Буслев в статье «Многовидовое рыболовство на Камчатке – от браконьерства к легальному промыслу» отмечает, что такое рыболовство всегда существовало.

Автор предлагает применять условия для полного учета и обработки уловов: «вообще отказаться от практики наделения квотами судов, а вместо этого предлагаем выделять промысловое время, т.е. определенное количество судосудок, которое можно провести на промысле. При этом вся добытая рыба – это собственность рыбаков, вне зависимости от состава и количества улова. Предлагаемая мера квотирования промыслового времени основывается на четких представлениях о запасах эксплуатируемых ресурсов, сезонной динамике состава уловов, интенсивности промысла и промысловых показателей флота». По мнению автора, ограничение во времени будет стимулом сохранять весь добытый сырец и заставит рачительно подходить к его обработке. «Поскольку все, что поймал – твое, то и выгоду из пойманного будут стараться извлечь максимальную. Это, в свою очередь, приведет к полной обработке уловов и выпуску более дорогостоящей продукции». А отсутствие ограничивающего набора квот в рыболовном билете не будет способствовать сокрытию уловов, что позволит иметь достоверную информацию о количественном и качественном составе уловов. Облегчится контроль, так как контролировать промысловое время гораздо легче, чем выбор квоты. Следует заметить, что мера лимитирования числа дней на промысле уже имеет положительные примеры. Такая система, введенная на Фарерских о-вах, позволяет рыбакам брать все, что попадает в орудия лова. В результате улов стал полностью отражаться в отчетных данных. Это позволило наладить мониторинг промысла, что привело к росту запасов рыб [3].

Одновременно с введением регулирования промысла по времени необходимо настаивать на условии, чтобы добытая рыба обрабатывалась на береговых предприятиях. Последнее и предусматривается Законом РФ «О рыболовстве». Это важный аспект, поскольку мощности береговых предприятий позволяют хранить и перерабатывать большие объемы биоресурсов, производить глубокую и полную переработку сырца. Помимо этого, затрагиваются вопросы занятости населения, выплачиваемости налогов и другие аспекты социального характера.

Методические подходы к организации многовидового рыболовства заключаются в том, что главной и первоочередной задачей является определение запасов и величин ОДУ рыб, которые эксплуатируются промыслом. При расчете промыслового времени для многовидового рыболовства отталкиваются от основных объектов. Исходя из величины среднесуточного улова и видового состава уловов, рассчитывают общее количество промыслового времени (судосутки), которое понадобится для изъятия установленного ОДУ. Затем это время распределяется между рыбопромысловыми организациями.

Модельный анализ многовидовых рыбных промыслов предлагают А.И. Абакумов, Л.Н. Бочаров, Е. П. Каредин, которые рассматривают три математические модели: «Распределение квот», «Реализация квот», «Реализация ОДУ для заданного РВ».

Первая модель описывает процесс приобретения квот субъектами промысла и механизм максимизации эффективности использования приобретенных квот.

$$\pi_k = \sum_{i=1}^m \gamma_{ik} [-p_i(U_{ik}) - s_{ik} + q_{ik}(U_{ik})] \rightarrow \sup_{(U_{1k} \dots U_{mk})} \quad (1)$$

при условии $\sum_{k=1}^n U_{ik} \leq U_i$, где U_{ik} – годовая квота объекта i способом k ; U_i – годовой ОДУ для объекта i ; $p_i(U)$ – стоимость квоты объема U для объекта промысла i ; $s_{ik}(U)$ – затраты для объекта i в промысле способа k при вылове объема U ; $q_{ik}(U)$ – ожидаемый доход для объекта i в промысле способа k при вылове объема U ; $\gamma_{ik} \in [0, 1]$ – предпочтительность объекта i для способа k .

Индексы $i, j = 1, \dots, m$ соответствуют объектам промысла, $k = 1, \dots, n$ – способам промысла.

Данная задача решается методами оптимизации.

Вторая модель посвящена оценке реального вылова на основе ОДУ в предположении неизменности промысловых запасов. С помощью такой модели можно:

1. Анализировать изменения в промысловом сообществе, например, в течение года.
2. Рассматривать определенный район промысла.

Годовой ОДУ U_i определяется на основе научных прогнозов и задается в начале года. А на основе данных о выловах разрешенных объектов и приловах вычисляется реальный вылов, который сравнивается с ОДУ. Рассматривается один год: $t \in [0, 1]$. Пусть $\varphi_j(t)$ – функция интенсивности промысла объекта j в течение года:

$$\int_0^1 \varphi_j(t) dt = 1, \quad (2)$$

$\varphi_j(t)$ – кусочно-непрерывная на $[0, 1]$.

Тогда временное распределение квоты U_{ik} в течение года:

$$x_{jk}(t) = U_{jk} \cdot \varphi_j(t). \quad (3)$$

Годовой вылов способом k вычисляется из связи его с квотами:

$$y_{ik}(t) = F_{ik}(x_{ik}(t)). \quad (4)$$

Предлагается конкретизировать эту формулу так:

$$y_{ik}(t) = \sum \frac{1}{\beta_{ijk}} \alpha_{ijk}(t) x_{jk}(t), \quad (5)$$

где $\alpha_{ijk}(t)$ – доля объекта i в промысле способа k при квоте на объект j ; $\beta_{ijk} \in [0, 1]$ – коэффициенты достоверности данных о промысле.

Тогда годовой реальный вылов объекта i вычисляется по формуле

$$V_i = \sum_{k=1}^n \int_0^1 y_{ik}(t) dt. \quad (6)$$

После подстановок получают:

$$V_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ijk} U_{jk}, \quad (7)$$

$$V_i = \sum_{j,k=1}^{m,n} a_{ijk} U_{jk}, \quad (8)$$

$$\text{при } a_{ijk} = \int_0^1 \frac{\alpha_{ijk}(t)}{\beta_{ijk}(t)} \varphi_j(t) dt. \quad (9)$$

Авторы отмечают, что для применения формул оценки реального вылова необходимо знать коэффициенты a_{ijk} , которые должны быть рассчитаны на основе средне-многолетних показателей $\alpha_{ijk}(t)$, $\beta_{ijk}(t)$, $\varphi_j(t)$. Параметры β_{ijk} соответствия реальных выловов авторы предлагают для первого шага расчетов положить $\beta_{ijk}(t) \equiv 1$. А ключевыми параметрами являются $\alpha_{ijk}(t)$, оценки которых составляют основную проблему.

Третья модель решает проблему реализации ОДУ, т.е. необходимо определить такие годовые ОДУ, чтобы в результате промысла получился заданный реальный вылов.

Предлагается решать эту задачу с использованием недалекого по времени аналога промысла. Пусть для некоторого вектора ОДУ \tilde{U} были рассчитаны квоты $(\tilde{U}_{ik})_{i,k=1}^{m,n}$ и РВ \tilde{V} в относительно недалекий год. Вектор $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m) \geq 0$ такой, что искомый ОДУ U_i можно представить в виде $U_i = \gamma_i \tilde{U}_i$.

Тогда для любого $k = 1, 2, \dots, n$ выполняется $U_{ik} = \gamma_i \tilde{U}_{ik}$.

Обозначим

$$b_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ijk} \tilde{U}_{jk}. \quad (10)$$

Следовательно, задача вычисления ОДУ сводится к вычислению вектора γ из соотношения $B\gamma = V$, где $B = (b_{ij})_{i,j=1}^m$. Если матрица B невырожденная, то точное решение находится из соотношения

$$\begin{aligned} \gamma &= B^{-1}V, \\ \gamma &\geq 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Если матрица вырожденная или $\gamma \leq 0$, то решение надо искать из условия

$$\|B\gamma - V\| \rightarrow \inf_{\gamma \geq 0}. \quad (12)$$

В этом случае вычисления γ получают приближенную оценку ОДУ [4].

Разработкой теоретических основ регулирования многовидовых промысловых сообществ с учетом межвидовых отношений посредством математического моделирования, анализа и развития методологии экосистемного подхода с учетом многовидовых отношений и выбора промысла занимались многие исследователи: А.Н. Державин, Г.В. Никольский, Г.Н. Монастырский, Н.Н. Андреев, А.В. Засосов, У. Рикер, М. Шефер, Д. Бивертон, С. Холт, Д. Галланд, В.Н. Мельников, И.В. Никоноров, Дж. Шепард, Дж. Поуп, Р.Г. Бородин, В.К. Бабаян, Д.А. Васильев, П.С. Гасюков, Ю.Н. Ефимов, В.Л. Третьяк и др.

Использование математических моделей (ММ) для анализа многовидового сообщества связывают с работами В. Вольтерра (Volterra, 1931; Volterra and d'Ancona, 1935), в которых модели динамики популяций в виде систем дифференциальных уравнений построены с учетом разных типов взаимодействий видов в сообществе. Непосредственным развитием такого подхода для анализа динамики промыслового сообщества послужили многовидовые продукционные модели промысловых сообществ, разработанные Т.И. Булгаковой.

1. Модель логистического роста популяции.
2. Модель экономической прибыли.
3. Координаты точки равновесия экосистемы.
4. Уравновешенный годовой вылов каждого вида за год (для двух видов).
5. Варианты регулирования промысла (жертвы – ценный промысел, хищники – ценный промысел).

Отличительные черты этой группы простых моделей сложных экосистем: относительная простота их исследования, возможность оценки параметров по промысловым данным и возможность анализа.

Предполагается, что эксплуатируется экосистема, реально существующая в природе в течение долгого времени, потому выбрана простейшая модель *хищник-жертва*, имеющая устойчивую точку равновесия, а именно:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_1(a_1 - bx_1 - cx_2) - F_1x_1; \\ \frac{dx_2}{dt} = x_2(a_2x_1 - M) - F_2x_2; \end{cases} \quad (13)$$

где x_1 – численность вида-жертвы; x_2 – численность вида-хищника; a_1 и b – параметры роста популяции жертв в условиях лимитирующей среды; коэффициент смертности

от хищников cx_2 представлен «вольтеровским» членом; коэффициент воспроизводства хищников a_2x_1 пропорционален численности вида жертв; M – постоянный коэффициент естественной смертности хищников; F_1 и F_2 – коэффициенты промысловой смертности. Согласно этой модели второй вид при отсутствии жертв вымирает.

Проблема оптимального управления сообществом в целом приводит к необходимости выбора вида критериальной функции, например, в виде взвешенной суммы уловов двух видов. Более общий вид критериальной функции получается при выборе ее в виде зависимости годовой экономической прибыли промысла двух видов в равновесном режиме от значений F_1 и F_2 . В простейшем случае, если два специализированных промысла ведутся независимо, экономическая прибыль выражается формулой

$$P(F_1, F_2) = A_1F_1(M + F_2)/a_2 + A_2F_2(D - a_2F_1 - bF_2)/ca_2 - B_1F_1 - B_2F_2, \quad (14)$$

где $D = a_1a_2 - bM > 0$.

Параметры A_1 и A_2 – стоимость единицы вылова I и II популяции,

B'_1 и B'_2 – затраты на единицу промыслового усилия E_1 и E_2 соответственно; тогда при $F_i = q_iE_i$ ($i = 1, 2$) при постоянных q_i параметры $B_i = B'_i/q_i$ – постоянные величины. Показано (Булгакова, 1977; 1999), что функция прибыли не имеет максимума в допустимой области, и в зависимости от соотношений параметров модели ее наибольшее значение достигается на одной из границ области. В частном случае при $A_1 = A_2$ и $B_1 = B_2 = 0$ функция экономической прибыли представляет собой сумму уловов двух видов [5].

По мнению автора, при разработке рекомендаций по регулированию промысла необходимо учитывать взаимоотношения видов, иначе можно нарушить структуру ЭС. Особенно осторожно следует вести промысел запасов, относящихся к нижним трофическим уровням. Чрезмерная эксплуатация популяции верхнего трофического уровня может уничтожить эту популяцию, а крупномасштабный промысел запаса нижнего уровня может разрушить всю трофическую пирамиду.

Выводы

1. Модель «Распределение квот» описывает процесс распределения квот на промысел. Она дана в общей постановке. В модели «Реализация квот» приведены формулы вычисления реального вылова для каждого объекта промысла. Модель «Реализация ОДУ для заданного реального вылова» представляет собой обратную задачу по отношению ко второй, т.е. получить в качестве реального запланированный вылов. Данные модели реализовывают анализ и планирование промысла морских биоресурсов. Но коэффициенты, используемые в моделях, должны рассчитываться на многолетних данных. Оценки этих коэффициентов общие. Поэтому данные модели можно использовать для получения обобщенных результатов, важных для государства. А при планировании работы одной фирмы, одного подразделения эти оценки могут давать неадекватные результаты, потому что для каждого предприятия данные характеристики и коэффициенты индивидуальны. Возможно, некоторые из них не используются в моделях.

2. Проблема оптимального управления сообществом в целом приводит к необходимости выбора вида критериальной функции, например, в виде взвешенной суммы уловов двух видов. Общий вид критериальной функции получается при выборе ее в ви-

де зависимости годовой экономической прибыли промысла двух видов в равновесном режиме от значений F_1 и F_2 – коэффициентов промысловой смертности. Данная функция имеет наибольшее и наименьшее значения на границе области. Недостаток данной функции в том, что ее можно использовать только для двух популяций.

Список литературы

1. Осипов Е.В. Модель расчета распределения квот между судами рыболовного предприятия [Текст] / Е.В. Осипов, Е.Г. Лаврушкина, Г.С. Павлов // Проблемы современного естествознания. Рациональное использование водных биоресурсов: науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский, КамчатГТУ, 2006. – С. 92-94.
2. Мизюркин М.А. Разновидовой промысел [Текст] / М.А. Мизюркин, А.В. Мизюркина, В.А. Татарников, А. Пак. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2004. – 139 с.
3. Буслов А.В. Многовидовое рыболовство на Камчатке – от браконьерства к легальному промыслу [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://www.kamniro.ru/> ФГУП «КамчатНИРО». Дата обращения 12.12.2010 г.
4. Абакумов А.И. Модельный анализ многовидовых рыбных промыслов [Текст] / А.И. Абакумов, Л.Н. Бочаров, Е.П. Каредин // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 220-224.
5. Булгакова Т.И. Регулирование многовидового рыболовства на основе математического моделирования [Текст] / Т.И. Булгакова. – М.: ВНИРО, 2009. – 252 с.

Сведения об авторе: Прокопьева Дина Борисовна, старший преподаватель, e-mail: prokopievad@yandex.ru.

УДК 639.2

В.И. Семененко

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

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОВЕДЕНИЕ РЫБЫ ЧЕРЕЗ ОРГАНЫ ОБОНЯНИЯ, ВКУСА И ЭЛЕКТРОРЕЦЕПТОРЫ

В отличие от человека, рыба в своей жизни, помимо использования органов обоняния, вкуса, осязания, слуха и зрения, использует электрорецепторы, реагирующие на слабые электрические поля, и органы боковой линии, воспринимающие турбулентные и колебательные потоки воды [1]. Рассмотрим известные методы воздействия на каждый из этих органов чувств и целесообразность этого воздействия в целях повышения производительности орудий лова.

Ключевые слова: электрорецепторы, химические поля, рецепторы, электрические поля, электроток.

V.I. Semenenko

ANALYSIS OF SOME METHODS OF EXPOSURE ON THE BEHAVIOR OF FISH THROUGH OLFACTORY ORGAN, TASTE AND ELECTRIC RECEPTORS

Unlike man a fish in his life, in addition to uses of organs of smell, taste, touch, hearing and vision, uses elektroretseptory responsive to weak electric fields, and the lateral line organ, which perceive the turbulent and vibrational flow of water [1]. Consider the well-known methods Impact on each of these senses, and usefulness of this effect in order to increase the productivity of fishing gear.

Key words: electric receptors, chemical fields, receptors, electric fields, electric current.

Возможность воздействия на органы обоняния, вкуса и осязания

Значение запахов в жизни рыб велико и многообразно. Органы обоняния у большинства морских животных развиты достаточно хорошо и предназначены для поиска пищи, для передачи сигнальной информации, ориентации в водной среде при сезонных и нерестовых миграциях [2]. В отличие от сигналов других модальностей химические раздражители не теряют эффективности в течение продолжительного времени после их выделения в водную среду. Высокая чувствительность обонятельных рецепторов морских животных, позволяющая воспринимать чрезвычайно малые концентрации химических веществ, обуславливает большой ареал действия запахов. Установлено, что многие рыбы совершают миграции к местам нерестилищ, ориентируясь с помощью обоняния. Особенно поражают тысячемильные миграции лососёвых рыб, которые безошибочно находят места своего рождения. То же можно сказать и о кальмарах, которые собираются к постоянным местам брачных игр, преодолевая громадные расстояния.

О фантастической дальности восприятия крови акулами ходят легенды. По данным Г.А. Малюкиной, рыбы способны воспринимать с помощью обоняния мизерные доли вещества, растворенного в воде. Обонятельные рецепторы рыб в сотни раз превышают чувствительность обонятельных органов человека. Так, лососи воспринимают морфолин при его концентрации в одну десятиллиардную миллиграмма на литр.

В промышленном рыболовстве химические поля, которые доктор технических наук, профессор В.Н.Мельников [2] называет «полями плотности массы», применяются в целях концентрации и направления объекта лова в залавливающие устройства. Наиболее распространен этот способ при промысле крабов и моллюсков ловушками. Применяется он также при крючковом промысле некоторых рыб. Например, при крючковом

промысле скумбрии с судна разбрасывается пищевая приманка в виде фарша рыбы с ароматическими добавками, после чего скумбрия хватает даже пустой крючок удочки. Пищевую подкормку широко применяют рыбаки-любители.

Предпринимались попытки применения химических полей для повышения эффективности кошелькового и тралового лова.

При кошельковом промысле таких рыб, как тунцы, скумбрия, ставрида и лакедра применялся метод снижения двигательной активности косяка за счет выбрасывания с вспомогательного судна пищевой приманки вместе с живой рыбой. Косяк начинал кормиться, останавливался, реакция на промысловое судно при этом значительно падала. В это время производился замет кошелькового невода. С развитием кошелькового лова и поисковой техники этот метод применяется только в прибрежном рыболовстве с маломерных судов.

Предпринимались попытки применения химических полей при траловом промысле. В том числе опробовалось применение наркотизирующих средств и углекислого газа, которые выпускались в мотенной части в процессе траления с целью снижения двигательной активности рыбы. Положительных результатов не получено. Было отмечено, что «применение полей растворенных и взвешенных веществ малоэффективно из-за больших затрат энергии и массы, а также трудности образования поля нужных размеров, формы и структуры».

Вкусовая чувствительность не тождественна обонятельной чувствительности у рыб. По мнению ряда исследователей [2, 3], вкусовые рецепторы рыб выполняют функции поиска пищи в ближней зоне. В целях промышленного рыболовства они могут использоваться для привлечения объекта лова к пищевой приманке, например, при промысле ловушками. Использование их в активных орудиях лова, и особенно в тралах, маловероятно.

Органы осязания расположены на коже и на боковой линии рыбы. Эти рецепторы воспринимают непосредственный контакт с посторонним предметом, а также вибрации и турбулентные потоки воды. Возможность создания искусственных физических полей для воздействия на эти органы чувств отмечается многими исследователями [1, 4]. Проводились работы по практическому применению таких полей. Например, Н.П. Слинкин, создавая искусственное течение в непроточных озерах, доказал возможность повышения уловистости при применении этого способа. Экспериментальные работы с орудиями лова, установленными в искусственном потоке воды, показали, что уловы при этом возрастают в 40 раз! К сожалению, результаты практического внедрения этого способа не известны. В промышленном рыболовстве методы искусственного воздействия на органы осязания и боковой линии широкого применения до настоящего времени не нашли.

Как показали подводные наблюдения за поведением рыбы в трале, она слабо реагирует на турбулентные потоки, находясь в мотенной части трала. Рыба может вплотную подходить к сетному полотну, выходить сквозь крупноячейную дель и возвращаться обратно внутрь трала. Как отмечает В.Р. Протасов, рыба быстро адаптируется к низкочастотным излучениям. Исходя из этого, создавать искусственные поля воздействия на органы осязания и боковой линии для повышения производительности тралов малоперспективно.

Анализ способов применения электрических полей

Высокая электропроводность воды (особенно соленой морской воды) предопределила способность рыб не только воспринимать и ориентироваться в электрическом поле, но и генерировать электорополя различных параметров в целях самообороны, нападения, ориентации и взаимного общения.

Электрические поля оказывают на рыбу безусловное действие и способны выполнять все управляющие функции. Вопросам воздействия на рыбу электрическим током различных параметров уделено множество научных и экспериментальных работ [5, 6].

Наименее исследовано практическое применение в промышленном рыболовстве слабых электрических полей и электрополей биологического происхождения, хотя биологическая сторона этого вопроса хорошо изучена.

Большинство работ, направленных на повышение производительности орудий лова, основано на применении высокоинтенсивных электрических полей постоянного, переменного и импульсного тока.

Отмечаются различные стадии реакции рыбы на электрические поля в зависимости от их свойств и параметров. В полях постоянного тока вначале это ориентировочная двигательная реакция, при увеличении напряженности поля наступает оборонительная реакция (рыба сильно возбуждается и пытается выйти из зоны действия электрического поля), последующее усиление поля ведет к анодной реакции (безусловное движение к аноду), затем к наркотизации и к гибели рыбы.

При действии переменного и импульсного тока первые две стадии, примерно, те же, что и при действии постоянного тока. При увеличении напряженности электрического поля рыба стремится занять положение поперек линий тока (зоны меньшего воздействия на мускульную систему рыбы), а при дальнейшем увеличении напряженности наступает электрошок. В полях импульсного тока поведение рыбы более разнообразно и зависит от амплитуды, формы, частоты и продолжительности импульсов.

Следует признать, что наибольшие успехи в управлении рыбой с помощью электрического тока были достигнуты в пресных водоемах, так как пресная вода, обладая сравнительно слабой электропроводностью, позволяет создавать электрополя с высокой напряженностью с меньшими энергетическими затратами. Разработаны высокоэффективные электроловильные установки (ЭЛУ), получающие электропитание как от судовых электрогенераторов, так и от аккумуляторных батарей. Широкое применение при облове рыбы на засорённых (например, корягами) участках рек и озёр нашли ЭЛУ ранцевого типа «Пеликан». Сотрудники ДВЦЭБ в 60-х гг. успешно применяли близнецовый электротрал на озерах Хабаровского края. Производительность бригады ловцов из четырех человек с двумя мотолодками и электротралом в несколько раз перекрыла уловы четырех бригад, работавших закидными неводами и сетями. От внедрения этого способа лова отказались только по причине низкой занятости коренного населения в этих районах.

Большие перспективы может дать способ электрозабоя рыбы на лососёвых рыбо-разводных заводах. Он отработан сотрудниками ОКБ «Невод» и ИЭМЭЖ на Калашниковском рыбопроизводном заводе о-ва Сахалин. Безвредность этого способа на выживаемость икринок мальков доказана двенадцатилетними работами литовских ученых [6, 7]. Только консервативность нашей промышленности не даёт широкую дорогу этим разработкам.

В условиях моря электрополя пытались применить при промысле хамсы в Азовском и на Черном морях, при промысле кильки рыбонасосами в Каспийском море, при промысле сайры с помощью рыбонасоса и света в Тихом океане. Были отдельные положительные результаты, однако добиться устойчивого привлечения рыбы к залавливающему устройству с дальних зон никому из исследователей не удалось. Зона действия электрополя ограничивалась двумя-тремя метрами. На промысле сайры сотрудники ДВЦЭБ применили, например, мощную электростанцию военного судна, вскипятили воду в районе всасывающего патрубка рыбонасоса, но расширить зону привлечения рыбы не смогли.

Более успешны работы по применению электротока при траловом промысле креветок. Такие приборы были разработаны, например, Калининградским НПО промысловства и его Дальневосточным филиалом. Суть электролова креветок заключена в том, что конструкцию донного креветочного трала дополняют электрооснасткой. Она состоит из импульсного электрогенератора с автономным блоком питания, которые помещаются в герметичный контейнер. На каждое крыло трала подвешивают по одному генератору. От генератора отходят два электрода (обычно это электрокабели в резиновой оболочке с оголенными участками), которые располагают перед нижней подборой трала. Генераторы включаются гидростатами на заданной глубине и создают между электродами импульсное электрополе. При подъеме трала генераторы автоматически выключаются на заданной глубине.

В вышеуказанных конструкциях генераторы питались от аккумуляторных батарей напряжением 12-18 В и излучали импульсы длительностью 0,01 с при силе тока 1000 А с частотой от 2 до 8 Гц. Как показали аквариумные наблюдения, креветки при подаче электротока непроизвольно «хлопают» хвостами с частотой подачи импульсов и за счет этого поднимаются к поверхности воды. То же происходит и перед нижней подборой трала: креветка приподнимается над грунтом и захватывается надвигающимся тралом.

Важно то, что электрополе позволяет извлекать креветок из грунта, не касаясь дна нижней подборой трала или буксируя её по поверхности дна без зарывания в грунт. При экспериментальных и приёмо-сдаточных испытаниях на различных видах креветок и лангустах всегда отмечалось повышение уловистости трала не менее чем в два раза. Замечено также, что прилов рыбы при этом уменьшался.

Оборудование для электрификации рыболовных тралов значительно сложнее креветочного, габаритнее и требует больших энергетических затрат [6]. Наиболее ценные исследовательские работы в этой области проведены немецкими, польскими и в основном советскими учеными. Самый производительный промышленный образец электротрала для промысла рыбы, названный «Каститис-1», создан сотрудниками Клайпедского филиала НПО промысловства под руководством кандидата технических наук С.К. Малькявичуса. Он успешно прошёл различные ведомственные и межведомственные испытания. Наблюдение за его действием на рыбу вели с помощью подводных аппаратов. Испытания показали, что применение этой конструкции электрооборудования позволяет повысить уловистость трала на 30-50 %.

Оборудование трала «Каститис-1» состоит из импульсного электрогенератора, установленного в специальном помещении на борту судна, электрокабельной лебедки, подводных электродов, устанавливаемых на мотенной части трала. Электрические импульсы поступают на электроды от генератора по специальному кабелю, идущему от судна к тралу. Специальная лебедка отслеживает длину электрокабеля в соответствии с горизонтом хода трала. Электроды устанавливались на предкутковой части мотни, где обычно наблюдается критическое уплотнение рыбы и вступление рыбы в оптомоторную реакцию с сетным полотном. Электрический ток на трал подавался тогда, когда предкутковая часть заполнялась рыбой, что отмечали либо подводные наблюдатели, либо сетной зонд. Как показали подводные наблюдения, рыба при подаче электротока подвергалась анодной реакции, наркотизировалась и скатывалась в траловый мешок. Если электроток продолжали подавать, то вновь подошедшая рыба отпугивалась и смещалась к устью трала.

Реального внедрения этого трала не произошло из-за его сложного и громоздкого оборудования. Отмечалась также необходимость применения высокой степени защиты экипажа от поражения электротоком и обслуживание оборудования специально обученным персоналом, что увеличивает численность экипажа судна.

Суммируя известные способы применения электротока для управления рыбой в трале, следует признать, что они экономически будут оправданы в пресных водоёмах. Для работы в морской воде электрооборудование тралов громоздко, требует больших энергетических затрат. Несмотря на возможность значительного повышения уловистости тралов, применение электрооборудования будет сдерживаться его высокой стоимостью, требованием специального обслуживания и повышенных мер безопасности труда.

Список литературы

1. Дислер Н.Н. Органы чувств системы боковой линии и их назначение в поведении рыб [Текст] / Н.Н. Дислер. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 310 с.
2. Малюкина Г.А. Обоняние рыб [Текст] / Г.А.Малюкина, Г.В. Девицина, Е.А. Марусов // Основные особенности поведения и ориентации рыб. – М.: Наука, 1974. – С. 7-29.
3. Мантейфель Б.П. Изучение поведения стайных рыб в целях усовершенствования техники их лова [Текст] / Б.П. Мантейфель // Тр. совещания по вопросам поведения и разведки рыб. – М., 1955. – С. 108-116.
4. Протасов В.Р. Биоэлектрические поля в жизни рыб [Текст] / В.Р. Протасов. – М.: ЦНИИТЭИРХ, 1971. – 228 с.
5. Гюльбадамов С.Б. Реакция морских рыб на электрический ток [Текст] / С.Б. Гюльбадамов // Рыб. хоз-во. – 1959. – № 5. – 49 с.
6. Максимов Ю.М. Реакция атлантической сельди в электрическом поле импульсного тока [Текст] / Ю.М. Максимов. – М.: ЦНИИТЭИРХ, 1971. – С. 25-32.
7. Орлов А.А. Исследование электрогенерации и возможностей электроориентации у колючего ската: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1985. – 25 с.

Сведения об авторе: Семененко Валентин Иванович, кандидат технических наук, доцент.

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

УДК 621.11

Д.К. Глазюк, А.Р. Сельсков, А.Н. Соболенко

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

ПОВРЕЖДЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ 6ЧН 18/22-225 В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассмотрены случаи аварийных происшествий с вспомогательным судовым дизелем 6ЧН 18/22-225 производства ОАО «Дальдизель», имевшие место в эксплуатации на судне типа СРТМ-К на Дальневосточном бассейне. Проанализированы причины аварийных происшествий и мероприятия по устранению их последствий. Основные причины аварийных происшествий – некачественное изготовление запасных частей.

Ключевые слова: аварии, дизели.

D.K. Glazuk, A.R. Selskov, A.N. Sobolenko

DAMAGES OF AUXILIARY MARINE ENGINE 6CH18/22-225 IN OPERATION

Accidents in operation with auxiliary marine engine 6CH 18/22-225, produced by «Daldiesel» Corporation are considered. Factors provoked damages was investigated. Action to remove damages was investigated. The main reason – the application of substandard spear parts.

Key words: damages, diesels.

Безопасная эксплуатация судовых дизелей в наибольшей степени определяется отказами деталей, образующих камеру сгорания. Из-за отказов поршней, цилиндрических крышек, цилиндрических втулок происходит до 25 % вынужденных остановок судов в море.

Отказы деталей, образующих камеру сгорания судовых дизелей, в эксплуатации наиболее опасны своими последствиями. Причем наибольший поток отказов приходится, как правило, на одну деталь.

В период эксплуатации СРТМ-К «Мальцево» осенью 2010 г. произошли две аварии вспомогательного среднеоборотного дизеля 6ЧН 18/22-225. В период промыслового рейса 19 октября 2010 г. на вахте третьего механика сработала аварийно-предупредительная сигнализация и остановился ВДГ № 1. Путём осмотра было установлено, что в шестом цилиндре произошла неполадка. После демонтажа цилиндрической крышки шестого цилиндра определили, что произошёл обрыв выпускных клапанов и обнаружено повреждение днища поршня (рис. 1, 2). Затем были вскрыты лючки картера, рассоединена нижняя головка шатуна и повреждённый поршень вместе с шатуном был демонтирован при помощи тали (рис. 3). Из картера были извлечены фрагменты от повреждённого поршня.

Затем полностью удалили из картера смазочное масло и произвели осмотр шатунной шейки коленчатого вала и рабочей поверхности втулки цилиндра № 6; видимые повреждения отсутствовали.



Рис. 1. Повреждение поршня цилиндра № 6 дизеля 6ЧН 18/22-225
Fig. 1. Damage of piston of cylinder № 6 of 6ЧН18/22-225 diesel



Рис. 2. Повреждение днища крышки цилиндра № 6 дизеля 6ЧН 18/22-225
Fig. 2. Damage of cylinder cover bottom of cylinder № 6 of 6ЧН18/22-225 diesel



Рис. 3. Демонтаж поршня дизеля 6ЧН 18/22-225
Fig.3. Disassemble of piston of 6ЧН18/22-225 diesel

Заменяли крышку с клапанами и повреждённый поршень вместе с кольцами на запасные. Установили на место. Полностью сменили смазочное масло и масляные фильтры. Произвели пробный пуск. Сбоя работы при пробном запуске не обнаружили.

21 октября 2010 г. на вахте четвёртого механика произошла аналогичная авария: сработала аварийно-предупредительная сигнализация и остановился ВДГ № 1. Путём осмотра было установлено, что неполадка произошла в пятом цилиндре.

После демонтажа цилиндровой крышки пятого цилиндра определили, что произошёл обрыв тарелки выпускного клапана и обнаружено повреждение днища поршня (рис. 4) и крышки цилиндра (рис. 5). Затем были произведены все необходимые мероприятия по восстановлению работоспособности дизеля, как и в предыдущем случае.



Рис. 4. Повреждение поршня цилиндра № 5 дизеля 6ЧН 18/22-225
Fig. 4. Damage of piston of cylinder № 5 of 6CH18/22-225 diesel

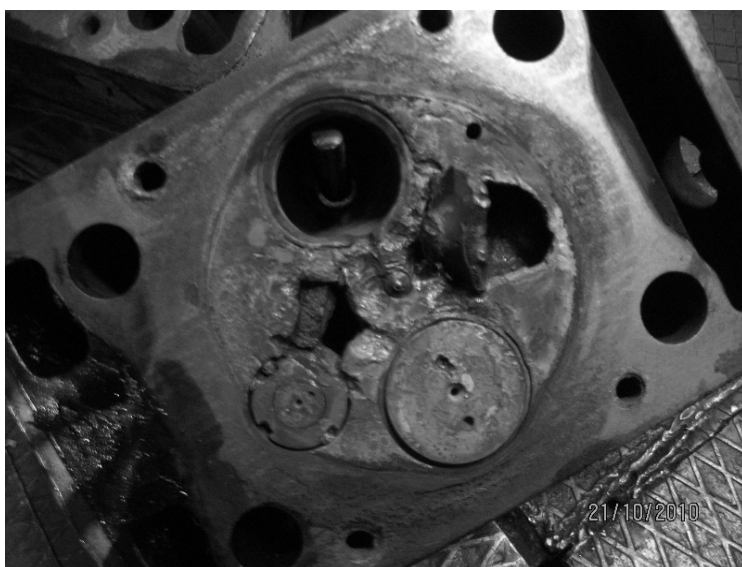


Рис. 5. Повреждение днища крышки цилиндра № 5 дизеля 6ЧН 18/22-225
Fig. 5. Damage of cylinder cover bottom of cylinder № 5 of 6CH18/22-225 diesel

В рассмотренных случаях повреждения деталей привели к остановке ВДГ и выводу его из эксплуатации. Была произведена выемка поршней с помощью талей, а это довольно трудоёмкая операция. Перед выемкой поршня необходимо произвести подготовительные работы – снять крышку цилиндра, отсоединить крышку нижней головки шатуна.

Основной причиной обрыва тарелки клапана, как правило, является некачественное изготовление. В приведённых примерах на дизель были установлены дешёвые контрафактные клапаны, изготовленные не на ОАО «Дальдизель».

Начальные дефекты клапанов в виде возникших трещин могли бы быть выявлены при текущем ремонте, который для данных дизелей проводится через 12000 ч [1]. Однако невероятно, чтобы за весь рейс (восемь месяцев) дизель-генераторы наработали бы такой ресурс даже при непрерывной работе.

Таким образом, приведённые примеры наглядно свидетельствуют, что существуют причины аварий судовых вспомогательных дизелей, объективно не зависящие от квалификации и добросовестности выполнения своих обязанностей судовым экипажем.

В этой связи весьма важно, чтобы судовой экипаж был подготовлен к правильным действиям при возникновении аварийной ситуации в машинном отделении. Насколько нам известно, в существующих тренажёрах машинного отделения [2, 3] вопросам имитирования неисправностей ВДГ совсем не уделено внимания.

Поэтому стоит задача создания автоматизирующих обучающих систем (АОС) [4], которые бы аккумулировали максимально возможное число аварийных случаев по типам дизелей, имевших место в эксплуатации, обучали правильным действиям при возникновении их, а также давали рекомендации по их предупреждению. Нам представляется, что это должны быть недорогие в силу своей массовости компьютерные программы на CD, которыми судовладельцы могли бы обеспечивать все экипажи.

Список литературы

1. Руководство по эксплуатации. Дизель-редукторные агрегаты 6ЧСП2А18/22-150-1, 6ЧСПН2А18/22-225-1, 6ЧСП2А18/22-315-1, 8ЧСПН2А18/22-315-2, 8ЧСПН2А18/22-475 [Текст]. – М.; Sudo. Внешторгиздат. ППО «Печать», 2001. – 133 с.

2. Functional Description Dieselsim DPS100-M-21 [Текст]. –Horten: Norcontrol Simulation A/S, 1990. – 140 p.

3. Beams R. A machinery space Simulator based on micro-processor [Текст] / R. Beams, Y. Francis, A. Stallwood. –London: Haven Automation Limited, Institute of Marine Engineers, 1985. – 12 p.

4. Sobolenko A.N. The Development of Computer Simulation Program for Education on Efficient Operation of Ship's Propulsion Plants [Текст] / A.N. Sobolenko. – Pusan: Republic of Korea, Pukyong National University, 1997. – 71 p.

Сведения об авторах: Глазюк Дмитрий Константинович, аспирант, e-mail: daymon3@bk.ru;

Сельсков Алишер Рапикджанович, курсант;

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

УДК 629.12.073

И.С. Карпушин, Е.А. Максимов

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

ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЕТРА И ВОЛНЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ ПРОМЫСЛОВЫХ МОРЕХОДНЫХ ВЕЗДЕХОДОВ

Условия ветроволнового режима являются одним из определяющих факторов безопасности мореплавания и ведения промысла. Штормовые ветры, волнение, обледенение, ледовые условия накладывают ограничения на режим работы малотоннажных судов.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, промысел.

I.S. Karpushin, E.A. Maksimov

THE VALID OF WINDS AND SEA FOR WORK OF FISHING SEAKEEPING ALL-TERRAIN VEHICLE ON THE TRACKS

Terms of wind and wave regime is one of the determining factors of navigation safety and fishing. Storming winds, waves, ice, ice conditions impose restrictions on the operation of low-tonnage vessels.

Key words: navigation safety, fishing

Условия ветроволнового режима являются одним из определяющих факторов безопасности мореплавания и ведения промысла. Особо чувствительны к изменениям параметров ветра и волнения малотоннажные промысловые суда. Промысловые мореходные вездеходы по своим основным размерениям и водоизмещению можно отнести к малотоннажным судам, критерии их работоспособности на промысле по ветроволновому режиму должны также соответствовать и не должны быть ниже значений, представленных в таблице.

Приведенные в таблице граничные критерии волнения определяются не только и не столько мореходными качествами судов, а прочностными характеристиками орудий лова. Осуществлять свободное плавание малотоннажные промысловые суда могут при волнении, большем как минимум в два раза.

Работоспособность мореходного вездехода под воздействием ветра и волнения необходимо рассматривать на трех этапах режима его работы:

- преодоления прибойной полосы при выходе в море и с моря на берег;
- перехода к месту промысла и обратно;
- ведения промысла.

Наиболее ответственным моментом в режиме работы мореходного вездехода по критериям безопасности является преодоление прибойной полосы. В момент нахождения в прибойной полосе мореходный вездеход находится под воздействием трех сред – воздуха, воды, земли. Кроме ветрового дрейфа, воздействия течения и волнения, при контакте с берегом корпус начинает испытывать удары о грунт.

Следовательно, конструкция корпуса мореходного вездехода должна предусматривать наличие механизма гашения динамических воздействий с различного типа грунтами.

**Состояние поверхности моря, свыше которого ведение промысла запрещается
The condition of sea's surface, enhance which the fishery is restricted.**

Тип судна и водоизмещение по грузовой марке, т	Волнение моря, баллы
Промысловые суда кормового траления:	
20-60	3
61-300	4
Промысловые суда бортового траления:	
20-60	3
61-300	4
Промысловые суда, работающие дрейфтерными сетями:	
20-60	3
61-300	4
Промысловые суда, работающие кошельковыми неводами:	
20-300	3
Промысловые суда, работающие снюрреводами:	
20-60	3
61-150	3
151 и более	4
Промысловые суда, работающие крючковыми орудиями лова:	
5-20	3
21-60	3
61-300	3
Промысловые суда, работающие ставными сетями и неводами, водоизмещением: 5-150	3
Промысловые суда, работающие закидными неводами:	
5-20	2
21-150	3
Промысловые суда, работающие на добыче крабов	4

Для большинства рыбопромысловых судов, в том числе и прибрежного плавания, нормативное число штормовых дней в году принимается в среднем до 10 %. Исходя из погодно-климатических условий дальневосточных морей и поставленного нами условия, как минимум, соблюдать соотношение требований к промысловому судну традиционного типа и на воздухоопорных гусеницах, мореходный вездеход должен преодолевать прибойную полосу при волнении не менее 4 баллов. В зимний период, когда число дней с волнением моря более 4 баллов достигает 20 %, выход на берег облегчается присутствием припайных или дрейфующих вдоль берега ледовых полей. Таким образом, число дней, недоступных для выхода на промысел в среднем не будет превышать 10 % в год. Учитывая возможность участия мореходного вездехода в организации подледного лова, время использования его в прибрежном промысле приближается к 100 % [2].

В режиме перехода к месту промысла и обратно, когда мореходный вездеход находится под воздействием только сил ветра и волнения, его мореходные качества могут быть повышены практически в два раза. При плавании на волнении удары волн сглаживаются тем, что плицы подсасывают набегающий фронт волны и воздухоопорные гусеницы легко деформируются при взаимодействии с волной. При значительных формаизменениях воздухоопорных гусениц под действием волн воздушная подушка в нижних полостях не теряется, так как формы полозьев, ограничивающих бортовые ске-

ги, выбраны так, что они проходят ниже нижних огибающих эксплуатационных форм воздухоопорных гусениц. Формы, которые приобретают воздухоопорные гусеницы на волнении, суть частные случаи эксплуатационных форм. Истечение воздуха из нижних полостей воздухоопорных гусениц при постоянной их подкачке воздухонагнетателем приводит к интенсивному демпфированию вертикальной и килевой качки [3].

В режиме ведения промысла, несмотря на малые размерения мореходных вездеходов, допустимая работоспособность может быть увеличена до 4-5 баллов. Волнение само по себе слабо отражается на управляемости мореходного вездехода благодаря знакопеременности вращения воздухоопорных гусениц и их способности к демпфированию качки. Для демпфирования килевой качки в нижние полости воздухоопорных гусениц от воздухонагнетателя подается воздух. Давление при этом поддерживается меньше, чем это требуется на ходу, так как нет необходимости обеспечивать сильное натяжение гусеничной ленты, ее сцепление с ведущим роликом. Эластичность слабо поддутой воздухоопорной гусеницы амортизирует волновые удары, а истечение воздуха из зазоров демпфирует вертикальную и килевую качку.

Список литературы

1. Простяков С.М. Типы синоптических процессов Восточной Азии [Текст] / С.М. Простяков. – М.: Гидрометеиздат, 1947. – 56 с.
2. Чернявский В.И. Циркуляционные системы Охотского моря [Текст] / В.И. Чернявский // Изв. ТИНРО. – 1981. – Т. 105. – С. 10-13.
3. Штабова А.И. Основные типы синоптических процессов Дальнего Востока и их повторяемость [Текст] / А.И. Штабова // Синоптические процессы Дальнего Востока. – М.: Гидрометеиздат, 1940. – С. 87-93.

Сведения об авторах: Карпушин Иван Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;

Максимов Егор Андреевич, ассистент.

УДК 621.431-729.3:621.892

П.П. Кича², Г.П. Кича¹, Н. Н. Таращан¹

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

²Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского
690059, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

ХИММОТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОНОМИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Обобщены достижения по эффективному топливно- и маслоиспользованию на судах морского и рыбодобывающих флотов. Приведены современные методы сжигания низкосортных топлив при работе судовых дизелей на отечественных унифицированных моторных маслах. Показана рациональность добавок модификаторов трения к моторным маслам для топливно- и ресурсосберегающей эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. Сообщается о разработке комбинированной системы тонкой очистки моторного масла в дизелях, сочетающей достоинства фильтрования и центрифугирования.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, горюче-смазочные материалы, судово-вой дизель, моторное масло, судовое топливо, очистка масла и топлива, энергосбережение, модификаторы трения

G.P. Kicha, P.P. Kicha, N.N. Taraschan

HEMATOLOGICAL METHODS OF RATIONAL USING AND SAVING OF ENERGY RESOURCES IN THE MARITIME TRANSPORT

Achievements to effectively using fuel and oil on vessels of merchant and fishing fleets are summarized. Modern methods of burning low grade sues for marine diesel engines in domestic uniform motor oil are given. Rationality of friction modifier additives to motor oils for fuel – and resource – saving operation of internal combustion engines is shown. Development of a combined system of engine oil fine cleaning in diesel engines, combining advantages of filtering and centrifugation is repotted.

Key words: energy and fuel resources, oil and lubricants, marine diesel, engine oil, marine fuel, diesel oil and lubricant cleaning, saving of energy, friction modifiers

Научно-технический прогресс во всем мире нацелен на радикальное улучшение использования природных ресурсов, материалов, топлива и энергии на всех стадиях – от добычи и комплексной переработки сырья до выпуска и использования конечной продукции. Особенно это актуально для транспортной энергетики как одного из основных потребителей топлив и смазочных материалов. Применение и дальнейшее совершенствование двигателей внутреннего сгорания (ДВС) как в СНГ, так и за рубежом подтверждают, что на обозримую перспективу они остаются основой мобильной энергетики многих отраслей народного хозяйства и по-прежнему будут влиять на развитие транспорта. Исследования показывают, что ДВС в перспективе останется ведущим типом привода для транспортных установок и будет широко использоваться в народном хозяйстве.

Важнейшую роль в энергетическом потенциале страны принадлежит нефти, природные запасы которой ограничены. Поэтому в условиях возрастающего потребления и увеличения стоимости продуктов из нее исключительно важное значение приобретают

экономия и рациональное использование в технике горюче-смазочных материалов (ГСМ). Сокращение расхода моторного масла (ММ) в ДВС тесно связано с улучшением его качества и повышением эффективности очистки при использовании. Углубление переработки нефти неизбежно сопровождается увеличением концентрации в топливах продуктов вторичных процессов. В последних содержится значительное количество нежелательных соединений, ухудшающих эксплуатацию дизельных двигателей. Этот же недостаток характерен и для топлив, получаемых из альтернативного сырья. Приспособление дизелей к работе на топливах низкого качества с одновременным повышением надежности и экономичности их – важная народнохозяйственная задача. Решаться она должна с учетом экологических последствий.

Большую роль в рациональном использовании энергоресурсов, повышении надежности и долговечности транспортной техники, увеличении ресурса ДВС, экономии металла, топлив и масел, снижении трудозатрат на техническое обслуживание играет новое научное направление – химмотология*. В ближайшие годы в связи с необходимостью экономии и рационального использования топливно-энергетических ресурсов, широким применением продуктов глубокой переработки нефти и альтернативного сырья роль химмотологии в повышении эффективности функционирования ДВС возрастет.

В условиях перестройки и перехода страны к высокоэффективной экономике необходимо решать многие проблемы народного хозяйства на основе обобщения отечественного и мирового опыта. Отрицательно сказывается на разработке перспективных методов сокращения расхода ГСМ и повышении ресурсных показателей ДВС отсутствие долгосрочного межотраслевого планирования, должной координации исследований и слабая специализация в области топливоиспользования и очистки масел.

Потери вследствие недооценки роли смазки, недостаточного качества ММ и низкой эффективности его очистки ежегодно составляют 10 млрд руб. [1]. В результате изнашивания ДВС из-за плохой смазки суммарная потеря их мощности достигается 10-15 %, или более 100 млн кВт. Многообразие процессов изнашивания и их тесная взаимосвязь с эффективностью системы маслоочистки и в целом ДВС обуславливает необходимость комплексного подхода к борьбе с трением, коррозией и износом. Подсчитано, что каждый вложенный в эти направления рубль дает экономический эффект до 100 руб. [1, 2]. В области применения триботехнических знаний, как отмечено в докладе П. Джоста [3], возможна ежегодная экономия в размере 468-700 млн фунтов стерлингов, причем на транспорт приходится 56 % от этой суммы.

Прямым и косвенным потерям энергии, вызываемым трением и износом, а также экономии материалов пока еще не уделялось должного внимания, по крайней мере до 1977 г., когда в США был финансируемый план, обеспечивающий ежегодную экономию в размере 16, 25 млрд долл. при использовании накопленных знаний в области химмотологии [3]. Академией транспорта РФ предпринимается попытка разработки программ научно-исследовательских работ, направленных на уменьшение износа на транспорте и экономии всех видов ресурсов. В разработке и осуществлении этой программы большую роль может играть химмотология. При общих мировых потерях от коррозии и коррозионно-механического изнашивания порядка 200-250 млрд долл. в год более 25 % приходится на ДВС.

Значительный ущерб технике, особенно в условиях эксплуатации при низких температурах, наносит водородное изнашивание [2, 4]. Оно происходит в результате проникновения в металл водорода при разложении воды и окисления топлив и сма-

* Название предложено К.К. Папок, образовано сочетанием «химия – мотор – логия».

зочных материалов. Наличие в ММ воды не только усиливает водородное изнашивание, но и значительно интенсифицирует электрохимическую коррозию вкладышей подшипников, способствует развитию усталостного изнашивания, питтинга и фреттинг-коррозии.

Трение и коррозия наносят огромный материальный ущерб. Потери от них доходят до 10 % совокупного национального дохода развитых стран. Технические проблемы уменьшения износа сложны и многогранны. Эти проблемы должны рассматриваться на всех стадиях разработки транспортной техники, ее эксплуатации, техническом обслуживании и ремонтах. Необходимость комплексного решения проблемы уменьшения трения, коррозии и изнашивания обусловлена развитием двигателестроения, повышением экономичности и ресурса транспортных средств.

Важнейшие задачи химмотологии на ближайшие годы связаны с углублением переработки нефти, получением синтетических топлив и повышением качества ГСМ. Решение поставленных проблем должно способствовать сокращению расхода топлив и масел, повышению надежности эксплуатации тепловых двигателей на альтернативных и нефтяных топливах, включающих компоненты вторичных процессов.

Дизелезация транспортного парка требует увеличения ресурсов дизельного топлива (ДТ), что достигается расширением фракционного состава товарных топлив и использованием при их производстве продуктов вторичной переработки нефти. Утяжеление ДТ за счет высококипящих фракций позволяет увеличить ресурсы этого топлива на 5-8 %. Расширение его ресурсов возможно также путем вовлечения легких фракций. Такое топливо, выкипающее в пределах 60-400 °С, позволяет увеличить выработку ДТ на 30 % [1].

Менее эффективно увеличение выхода ДТ добавками продуктов вторичной переработки нефти: легкого газойля каталитического крекинга и других продуктов термокаталитических процессов. Последние более приемлемы для получения моторного топлива ДМ, так как содержат непредельные и ароматические углеводороды, химическая стабильность которых невысока. Они склонны к образованию отложений в камере сгорания ДВС.

Современные нефтяные топлива для судовых энергетических установок (СЭУ) представляют, как правило, смеси дистиллятных (дизельных) фракций с остаточными продуктами (мазутами) нефтепереработки. Для удовлетворения потребностей флот вынужден переходить на продукты глубокой переработки нефти, получаемые при каталитическом и термическом крекинге. Углубление переработки нефти вызывает, в свою очередь, ухудшение качества мазутов из-за увеличения содержания асфальтосмолистых веществ, агрессивных металлов и золы.

В последние годы разработан ассортимент специальных топлив судового назначения. К ним относятся дистиллятное ТМС (ТУ38.101567-87), остаточные СВТ, СВЛ, СВС (ТУ 38.101314-90). Они рекомендованы к использованию наравне с моторными ДТ и ДМ (ГОСТ 1667-68), флотскими Ф-5 и Ф-12 и топочными М-40, М-40В и М-100 (ГОСТ 10585-99) мазутами. При их применении пришлось решать проблему повышения самовоспламеняемости топлив, нестабильности их хранения, взаимной несовместимости, присутствия в топливе каталитической «мелочи».

В настоящее время ведутся работы по созданию альтернативных топлив. Это природный газ, продукты переработки каменного и бурого углей, горючих сланцев и битуминозных песков, попутных нефтяных газов. Планируется использование в качестве топлива водорода, метанола, эфиров и смесей последних с нефтяными топливами. Рассматривается товарное производство синтетических жидких топлив, не уступающих по

качеству продуктам нефтяного происхождения. Возможность варьирования их качеством выгодно отличает топлива, получаемые сжижением угля, от других нетрадиционных видов горючего.

Большие перспективы имеют водотопливные эмульсии. Их применение в ДВС позволяет экономить до 6 % топлива. Особый интерес представляет использование водотопливных эмульсий на основе тяжелых компонентов. Предложена и реализована на судах система приготовления и очистки эмульсии. Стойкость эмульсии без специальных присадок составляет 2-3 сут, что достаточно для их оперативного использования. С присадками эмульсия стабильна в течение месяца. Гомогенизатор ультразвукового действия обеспечивает приготовление эмульсии с размерами глобул воды 5-10 мкм. Оптимальная концентрация воды, при которой достигается высокая экономичность рабочего процесса для среднеоборотных дизелей, составляет 8-12 %. По экономическим показателям лучшая обводненность 15-20 %. Использование водотопливных эмульсий в форсировании ДВС позволяет экономить 6-12 г/(кВт·ч) топлива, снижает выброс NO_x на номинальном режиме работы в 1,5-2,3 раза, СО и сажи – в среднем на 46 %.

Совершенствование топливоиспользования заключалось в разработке высокоэффективных систем топливоподготовки, включающих сепараторы и фильтры самоочищающихся типов. Комбинированная очистка топлив результативна, так как снижает в 1,8-3 раза потерю их горючей части, хорошо удаляет каталитическую мелочь низкой плотности с размерами частиц 5-15 мкм, особенно опасной для топливной аппаратуры.

Предлагается включение в систему топливоподготовки одного из сепараторов, настроенного в режим пурификации, добавка в топливо специальных присадок для лучшего удаления воды. Разработан альтернативный режим топливоподготовки за счет гомогенизации водотопливной эмульсии и сжигания ее в дизеле при естественных концентрациях воды в топливе, вызванных «дыханием» топливных цистерн в условиях колебания температуры, подмешиванием ее через подтекающие змеевики подогрева. Созданы специальные программы для выбора оптимальных режимов топливоподготовки по подогреву топлив и производительности очистителей, исходя из свойств применяемых нефтепродуктов. Создан и применен в судовых условиях экспресс-метод оценки смешиваемости и сгораемости топлив.

Повышение эффективности топливоиспользования на судах выразилось в составлении карт (номенклатуры) предлагаемых, в том числе новых, судовых топлив, характеристики условий их смешиваемости, разработке мероприятий по качественной подготовке и сжиганию, нормированию расхода. Разработан ряд новых эксплуатационных показателей топлив. В отличие от существующих физико-химических параметров они дают возможность выбирать самый выгодный режим топливоподготовки, прогнозировать экономические и экологические характеристики дизелей при использовании топлив широкого группового и фракционного состава, наличия в них асфальтенов, смол и кокса. Новые показатели позволяют определить стратегию топливоподготовки, в том числе за счет применения специальных присадок, обеспечивающих высокий эффект топливоиспользования на судах при минимальном загрязнении окружающей среды и малых отходах продуктов, требующих утилизации.

Значительные успехи достигнуты в использовании смазочных материалов. Создаются новые присадки, долгорботающие масла, осуществляется их унификация, что упрощает обслуживание техники, удешевляет эксплуатацию транспортных средств. Долгорботающие и топливосберегающие масла имеют высокие эксплуатационные (моторные) свойства, что способствует увеличению срока их службы, снижению износа деталей трибосопряжений и затрат энергии на преодоление трения.

Для создания перспективных ММ необходимы высококачественные базовые углеводородные или синтетические основы, новые присадки и их композиции. Необходимо значительно улучшить вязкостно-температурные характеристики масел, чтобы повысить их пусковые свойства. Предстоит расширить ассортимент присадок, повысить их термическую стабильность, детергентные свойства. Для топливосберегающих масел важна способность кратковременно снизить вязкость при повышенной температуре и высоких скоростях сдвига [1]. Эти свойства желательны для ММ, включающих антифрикционные присадки в виде беззольных органических соединений и маслорастворимых ПАВ, содержащих молибден, медь, никель, кобальт, хром. При использовании модификаторов трения благодаря малому усилию тангенциального сдвига в пленке, имеющей структуру «сэндвича», экономится 3-8 % топлива [2].

С помощью теории избирательного переноса и металлоплакирования созданы смазочные масла, реализующие эффект безызносности. Для ММ последнего поколения разработаны присадки, значительно улучшающие их функциональные свойства: вязкостно-температурные, моюще-диспергирующие, стабилизирующие, антиокислительные, противопенные, противоизносные, противозадирные, антифрикционные, защитные, противокоррозионные.

С позиции экономии ММ и сохранения ресурсных показателей судовых дизелей исследования велись в следующих направлениях [5]:

- подбор композиций присадок, отвечающих требованиям дизеля с учетом форсировки, режимов работы и применяемых топлив;
- разработка долгорботающих масел, которые могут быть использованы без смесей с компенсацией только угара;
- увеличение срока службы ММ за счет усиления нейтрализующего и моюще-диспергирующего свойств их;
- снижение угара масла конструктивными и эксплуатационными мерами;
- разработка моделей старения ММ при его использовании в дизеле с целью расчета дозировки масла в цилиндр в зависимости от его щелочности и содержания серы в топливе, форсировки дизеля;
- создание комбинированных маслоочистительных комплексов (МОК), обеспечивающих форсированным дизелям совместно с ММ групп Г₂, Д₂ и Е₂ высокий ресурс.

Взаимное соответствие конструкции и форсировки дизеля, условий его эксплуатации и свойств масла – одно из важнейших условий достижения высокой надежности двигателей. ММ может длительно и надежно выполнять свои функции, обеспечивая заданный ресурс ДВС, только при точном соответствии его свойств термическим, механическим и химическим воздействиям, которым масло подвергается в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей.

Анализ результатов применения ММ различных типов – от авиационного до дизельных и автолов – показал, что в условиях судна из-за частого обводнения они должны обладать высокой влагостойкостью без вымывания присадок и малой эмульгируемостью с водой. В полной мере эти свойства хорошо проявляются и нормируются в маслах М-10(14, 16)-Г₂(цс), М-10(14)-Д(цл20), М-14(16)-Д(цл30), М-16-Е30 и М-20-Е70 (ГОСТ 12337-84). Вымываемость присадок водой у них по снижению щелочности не превышает 15 %, а по падению зольности – 10 %; эмульгируемость с водой составляет 0,3-0,5 см³ (при стандартном обводнении и разрушительном воздействии на эмульсию). У масел других марок влагостойкость низка и вымываемость присадок очень высока. Попадание воды вызывает усиленное (в 2-6 раз) срабатывание присадок. Сепарирование же их с целью удаления воды вызывает отфуговывание присадок.

У предлагаемых масел, назовем их судовыми (СММ), хорошо сбалансированы основные функциональные свойства. Достигнуто это за счет применения присадок на основе синергетического эффекта, широкого использования многофункциональных компонентов. Как и у большинства ММ, у них высока и ярко выражена моющая, диспергирующе-стабилизирующая, пептизирующая и солубилизирующая способность по отношению к различным нерастворимым загрязнениям, что обеспечивает чистоту деталей двигателя.

Моюще-диспергирующие свойства СММ придают присадки ПМСЯ и МАСК. Последняя из-за высокой щелочности дополнительно защищает детали от коррозионного воздействия продуктов старения масла и сгорания сернистого топлива. Она представляет термостойкий высокодисперсный коллоид и хорошо проявила себя как в циркуляционных, так и в цилиндрических маслах. Многозольный алкилсалицилат кальция (МАСК) при температурах до 240 °С и обводнении не теряет своих свойств. По многофункциональности, нейтрализующим и детергентным свойствам он превосходит лучшие зарубежные присадки этого класса. Недостаток этой присадки – нерастворимость в масле [5].

Основной нейтрализующий эффект судовым маслам придает присадка ДФ-11, которая хорошо сочетается с МАСК и антиокислителем ВНИИНП-354. Последний используется на флоте давно. Это хороший ингибитор окисления, он не боится обводнения, придает маслу стойкость к старению, способствует противостоянию внешним термическим (окислительным) воздействиям.

Перечисленные присадки придают ММ достаточно высокие противоизносные свойства, обеспечиваемые прочностью масляной пленки, нужной вязкостью при высокой температуре и высоком градиенте скорости сдвига, способностью химически модифицировать поверхность металла при граничном трении и нейтрализовать кислоты. Противоизносные (противозадирные) свойства масел улучшались многофункциональными присадками ДФ-11 и ВНИИНП-354. Для этой цели в некоторых случаях использовали также модификаторы трения. Энергосберегающие и приработочные масла в своем составе обязательно имеют эти компоненты. Например, на основе модификатора трения МТ-3 создано обкаточное масло ОМД-10 для судовых и транспортных дизелей.

В Морском государственном университете имени адмирала Г.И. Невельского проведен цикл исследований по конвертированию судовых дизелей на низкосортные топлива [5]. Проведенные мероприятия позволили полностью нейтрализовать последствия сжигания топлив глубокой переработки нефти и альтернативных. При этом были обеспечены высокая экономичность и ресурс конвертируемых на них ДВС. Комплексное повышение эффективности смазочных и топливных систем СЭУ предусматривало гомогенизацию и фильтрование топлив, комбинированную очистку ММ, применение унифицированных судовых масел с многофункциональными присадками с добавками дисульфида молибдена [6]. Композиции присадок позволили достичь синергетического эффекта и были составлены с превалированием антикоррозийного и моюще-диспергирующего действия за счет использования присадок МАСК и ПМС.

В большинстве двигателей сжигали водотопливные эмульсии с добавками воды 12-15 %. В отдельных случаях модернизации подвергались поршневая группа, системы топливоподготовки и смазки. Использовались маслосъемные кольца новых модификаций, обеспечивающие в дизелях средней и повышенной частоты вращения угар масла 1,2-1,8 г/(кВт·ч). Для комбинированных систем тонкой очистки ММ дизелей были разработаны полнопоточные фильтры со сменными фильтрующими элементами (ФЭ) и

саморегенерирующего типа [6]. Для глубокой очистки масла от продуктов, катализирующих окисление ММ, использовали центрифуги и центробежные сепараторы [5].

На основе системного подхода осуществлено имитационное моделирование комплекса *дизель – эксплуатация – топливо – масло – очистка* (ДЭТМО), дающее возможность сбалансировать работу его звеньев и повысить эффективность ДЭТМО в целом. Результаты моделирования и моторный эксперимент показали, что комбинированная очистка ММ за счет полнопоточного фильтрования надежно защищает пары трения ДВС от частиц загрязнения, вызывающих изнашивание и задир. Дополнительное центрифугирование или частично поточное фильтрование обеспечивает очистку масла от продуктов, интенсифицирующих его старение и срабатывание присадок.

Комбинированная очистка стабилизирует моюще-диспергирующие свойства ММ на высоком уровне, длительно сохраняет его солюбилизирующую способность, ускоряет перевод промежуточных продуктов окисления в карбены и карбоиды, которые легко отфильтровываются и отфуговываются. Применение МОК в 1,2-1,7 раза замедляет старение масла по основным направлениям и в среднем на 45 % уменьшает загрязнение двигателя углеродистыми отложениями.

Использование в судовых дизелях моторного масла последнего поколения, новых маслоочистительных комплексов и эффективных систем топливоподготовки позволило [7]:

- полностью нейтрализовать отрицательные последствия сжигания низкосортных топлив и обеспечить экономичную ресурсосохраняющую эксплуатацию ДВС;
- увеличить ресурс двигателей между моточистками и до капитального ремонта не менее чем на 20 %;
- сократить в сочетании с конструктивными мероприятиями расход топлив на 2-6 % и ММ на 15-60 %;
- уменьшить затраты на сменно-запасные части и трудоемкость обслуживания ДВС на 10-30 %, увеличить срок службы ФЭ в 1,5-2 раза;
- понизить трудоемкость обслуживания системы очистки масла в 7-30 раз и довести до уровня 0,5-4 чел.·ч на 1000 ч работы.

Проблемы качества и рационального использования ГСМ приобрели межотраслевое значение, поскольку возросла роль их качества в вопросах увеличения надежности, долговечности и экономичности техники, в том числе транспорта. Прикладной отраслью науки, призванной решать теоретические и практические значения в области ГСМ, как уже отмечалось, является химмотология, рассматривающая теорию и практику рационального их использования в технике.

Возможности судовой химмотологии показаны на приведенных примерах. Сегодня все транспортные проблемы, о чем хотелось бы еще раз напомнить, необходимо решать с учетом экологических последствий. Для охраны окружающей среды нужно строго ограничить в составе отработанных газов содержание токсичных и канцерогенных соединений, что в значительной степени связано с качеством применяемых ГСМ.

Роль химмотологии в решении важнейших народнохозяйственных задач в ближайшие годы будет возрастать в связи с необходимостью экономии и рационального использования топливно-энергетических ресурсов, вовлечением продуктов глубокой переработки нефти и альтернативного сырья в товарные продукты и применением на судах газообразного топлива. Большие перспективы в прогнозировании возможностей различных топлив, масел и комплексной оценки их эффективности на транспорте имеет разработанная модель ДЭТМО [5], позволяющая исследовать численными методами на ЭВМ функционирование звеньев рассматриваемой системы.

Список литературы

1. Гуреев А.Д. Состояние и перспектива развития химмотологии [Текст] / А.Д. Гуреев // Химия и технология топлив и масел. – 1989. – № 5. – С. 5-6.
2. Радченко Б.Д. Роль химмотологии и триботехники в создании современных смазочных материалов и снижение износа металлоизделий [Текст] / Б.Д. Радченко, Ю.Н. Шехтер // Химия и технология топлив и масел. – 1987. – № 4. – С. 2-5.
3. Джост П. Экономия энергии и помощью трибологии: технико-экономическое исследование [Текст] / П. Джост, Дж. Шофилд // Трение и износ. – 1982. – Т. 3, № 2. – С. 356-366.
4. Гаркунов Д.Н. Триботехника [Текст] / Д. Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
5. Кича Г.П. Ресурсосберегающее маслоиспользование в судовых дизелях [Текст] / Г.П. Кича, Б.Н. Перминов, А.В. Надежкин. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. – 372 с.
6. Кича Г.П. Экономичная эксплуатация дизелей [Текст] / Г. П. Кича // Морской флот. – 1984. – № 11. – С. 47-49.
7. Кича Г.П. Эффективная очистка моторного масла – основа экономичной ресурсосберегающей эксплуатации судовых ДВС [Текст] / Г.П. Кича // Двигателестроение. – 1985. – № 7. – С. 6-10.

Сведения об авторах: Кича Геннадий Петрович, доктор технических наук, профессор, начальник кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания МГУ им. адм. Г.И. Невельского, e-mail: nadezkin@mail.ru;

Кича Павел Петрович, кандидат технических наук, доцент;

Тарашан Николай Николаевич, зам. начальника Высшего морского колледжа.

УДК 621.892. 096

А.В. Надежкин, И.В. Соколова

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690003, г. Владивосток, Верхнепортовая, 50а

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ
ДОЛИВА МОТОРНОГО МАСЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Приведены результаты модельного эксперимента по нахождению рациональных режимов долива моторного масла в систему смазки судового дизеля, позволяющих минимизировать отрицательное влияние долива на работу двигателя. Предложен критерий для оценки устойчивости дисперсной фазы нерастворимых загрязнений, получена регрессионная зависимость, позволяющая рассчитать объем рационального долива свежего масла.

Ключевые слова: судовые дизели, моторное масло, дисперсность продуктов загрязнения, объем долива.

A.V. Nadezkin, I.V. Sokolova

**IMITATING MODELING OF INFLUENCE MODES ADDITION OF FRESH
MOTOR OIL ON EFFICIENCY OF OPERATION OF MARINE ENGINES**

The results of modelling experiment on a researching of rational modes addition of fresh motor oil in lubricant system of marine engines allowing to minimize negative influence on job of the engine are given. The criterion for an estimation of stability dispersion of a phase of insoluble pollution is offered, is received mathematical equation allowing to calculate volume rational addition of fresh oil.

Key words: marine diesel engines, motor oil, dispersion of products of pollution, volume addition of fresh oil.

Анализ результатов проведенных ранее исследований [1, 2] позволил выяснить, что влияние долива моторного масла (ММ) в систему смазки (СС) судового дизеля на дисперсность продуктов загрязнения имеет разнонаправленное действие. С одной стороны, долив свежей порции масла приводит к уменьшению размеров основной массы частиц загрязнений, на что указывает средний диаметр m_d . С другой стороны, увеличение среднеквадратичного отклонения m_σ условного диаметра частиц загрязнений показывает, что доля крупнодисперсных частиц после долива становится несколько выше, чем до долива. Необходимо добиться либо уменьшения m_σ при доливке, либо ее минимального увеличения, так как увеличение доли грубодисперсной фазы (ГДФ) в работающем масле оказывает отрицательное влияние на ресурсные показатели судовых дизелей [3].

Целью данного исследования является поиск рациональных режимов долива ММ, которые позволили бы минимизировать отрицательное влияние долива на работу двигателя и снижение срока необслуживаемой работы средств очистки.

В качестве параметра оценки наличия в масле частиц ГДФ предложено использовать $Q\varphi_i$ – интенсивность очистки полнопоточного фильтра тонкой очистки масла (ФТОМп). С одной стороны, его увеличение однозначно указывает на сокращение ресурса работы бумажных фильтрующих элементов, с другой стороны – на увеличение в работающем моторном масле количества ГДФ загрязнений, поскольку коэффициент полноты отсева тем выше, чем больше в ММ частиц, соизмеримых с размером пор фильтровального материала. Очевидно, что минимизация отношения интенсивности

очистки после долива масла $Q\varphi_{i+1}$ к интенсивности очистки до долива $Q\varphi_i$ может служить показателем негативного влияния долива масла в систему смазки и одновременно критерием устойчивости дисперсной фазы K_Q :

$$K_Q = \frac{Q\varphi_{i+1}}{Q\varphi_i} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Закономерности отсева нерастворимых примесей различными маслоочистителями задавались согласно выражению [3, 4]:

$$\varphi_i = \int_0^{d_{max}} \varphi_d f(d) dd, \quad (2)$$

где $f(d)$ – функция распределения частиц по размерам; φ_d – фракционный коэффициент отсева. Функция для определения φ_d зависит от типа маслоочистителя. Функция $f(d)$ зависит от m_d, m_σ , которые определяют наличие в масле ГДФ.

С помощью модельного эксперимента были рассчитаны значения K_Q при доливе масла в объеме $V_\tau = 1-62\%$ с шагом единица. Выполненные расчеты показали наличие минимума в функции $K_Q = f(V_\tau)$. Величина долива масла, при котором наблюдается наименьшее значение K_Q , мы назвали рациональным объемом долива ($V_{рац}$). Выявлено, что величина минимума критерия K_Q зависит от состояния и типа применяемого моторного масла.

Как видно на рис. 1, рациональным доливом к работающему маслу с остаточным щелочным числом ($ЩЧ_{ост}$), равным 90 % от исходного значения при исходном щелочном числе ($ЩЧ_{св}$), равном 10 мг КОН/г, является величина $V_{рац} = 17,0\%$; для масла с $ЩЧ_{св} = 20$ мг КОН/г $V_{рац} = 21,7\%$; а если $ЩЧ_{св} = 30$ мг КОН/г, рациональный объем долива составит 25,0 %. Отсюда следует, что чем выше уровень детергентных свойств, тем меньше заметно негативное влияние долива.

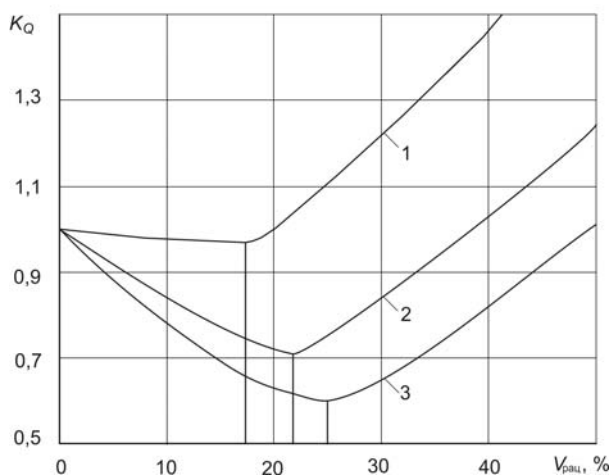


Рис. 1. Изменение критерия K_Q от объема долива свежего масла к работающему с остаточным щелочным числом 90 %:

1 – для масел с исходным щелочным числом 10; 2 – 20; 3 – 30 мг КОН/г

Fig. 1. Change of criterion K_Q from volume addition of fresh oil to working with residual base number 90 of %: 1 – for oils with initial base number 10; 2 – 20; 3 – 30 мг КОН/g

На рис. 2 показано, что рациональным доливом к работающему маслу с исходным $ЩЧ_{св} = 30$ мг КОН/г при $ЩЧ_{ост} = 90\%$ является величина $V_{рац} = 25\%$; при $ЩЧ_{ост} = 70\%$ $V_{рац} = 15\%$. При срабатывании присадки на 50 % минимум не наблюдается. Долив лю-

бой порции свежего масла к такому маслу приводит к снижению эффективности работы фильтра. Удалось зафиксировать нижний уровень остаточного щелочного числа работающего масла, при котором определяется минимальное K_Q , – $ЩЧ_{ост} = 58$ %. При этом $V_{рац}$ составляет всего 2 %.

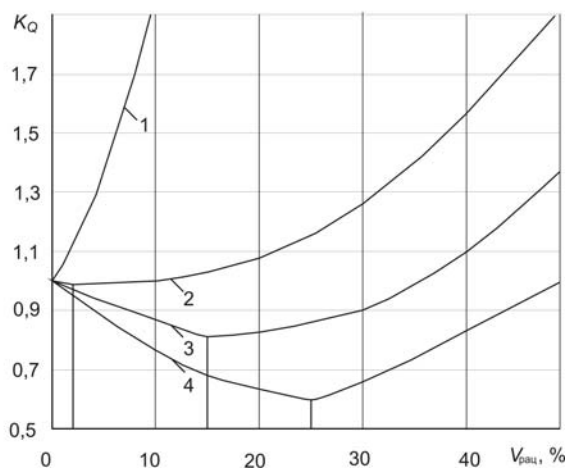


Рис. 2. Изменение критерия K_Q при доливе свежего масла к работающему с исходным щелочным числом 30 мг КОН/г: 1 – остаточное щелочное число 50; 2 – 58; 3 – 70; 4 – 90 %
 Fig. 2. Change of criterion K_Q at addition of fresh oil to working oil with initial base number 30 мг КОН/г: 1 – residual base number 50; 2 – 58; 3 – 70; 4 – 90 %

Таким образом, как показал модельный эксперимент, для масел с небольшой наработкой рациональный объем долива лежит в интервале от 17 до 25 %. Чем выше наработка масла и ниже детергентные свойства масла, тем меньше рациональный объем доливаемой порции. Для работающего масла, достигшего браковочного уровня по щелочному числу (сработано 40-50 % присадки), рациональным режимом долива является объем 1-3 %.

Используя результаты математического моделирования, решено найти регрессионное уравнение для определения $V_{рац}$ с помощью факторного эксперимента. Факторы и диапазоны их варьирования представлены в табл. 1. Факторы x_1 и x_2 – исходное и остаточное на момент долива щелочное число моторного масла. Исключения составили случаи, когда уровень срабатывания щелочной присадки достигал 50 %. В этих случаях выбиралось первое значение $V_{рац}$, при котором фиксировался минимум K_Q . Установлено, что величина тонкости отсева фильтрующего элемента на функцию отклика K_Q не оказывает влияния, если Δ_{95} ФТОМп находится в диапазоне 30-50 мкм, что характерно для систем смазки современных судовых дизелей.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Table 1

Levels and intervals of a variation of the factors in experiment

Факторы	Значение кодов		
	0	1	2
$ЩЧ_{св} - x_1$	10	20	30
$ЩЧ_{ост} - x_2$	>50	70	90
$m_d/m_{\sigma} - x_3$	1,5	2,0	2,5

Также по результатам модельного эксперимента установлено, что определяющим фактором, оказывающим влияние на изменение интенсивности очистки масла ФТОМп после долива, является не абсолютное значение m_d , а отношение m_d/m_{σ} . Как показывает

анализ априорной информации [5] и наши собственные исследования, у работающих судовых моторных масел значение этого симплекса находится в диапазоне от 1,5 до 2,5.

Таким образом, для выявления зависимости рационального значения долива $V_{рац} = f(\text{ЩЧ}_{св}, \text{ЩЧ}_{ост}, m_d/m_\sigma)$, минимизирующего грязевую нагрузку на средства очистки, а также количество грубодисперсных загрязнений в системе смазки судового дизеля, можно провести модельный эксперимент, используя теорию планирования эксперимента. В качестве матрицы использован план типа 3^3 , представленный в табл. 2.

Таблица 2

Матрица и результаты математического моделирования

Table 2

A matrix and results of mathematical modeling

Номер	Код	$\text{ЩЧ}_{св}$ x_1	$\text{ЩЧ}_{ост}$ x_2	m_d/m_σ x_3
1	000	10	67,5	1,5
2	010	10	70	1,5
3	020	10	90	1,5
4	001	10	69,5	2,0
5	011	10	70	2,0
6	021	10	90	2,0
7	002	10	73	2,5
8	012	10	80	2,5
9	022	10	90	2,5
10	100	20	63,1	1,5
11	110	20	70	1,5
12	120	20	90	1,5
13	101	20	63,2	2,0
14	111	20	70	2,0
15	121	20	90	2,0
16	102	20	63,4	2,5
17	112	20	70	2,5
18	122	20	90	2,5
19	200	30	60,6	1,5
20	210	30	70	1,5
21	220	30	90	1,5
22	201	30	57,8	2,0
23	211	30	70	2,0
24	221	30	90	2,0
25	202	30	54,5	2,5
26	212	30	70	2,5
27	222	30	90	2,5

В результате модельного эксперимента, поставленного согласно плану (см. табл. 1), определены коэффициенты уравнения регрессии. Коэффициенты модели и вид аппроксимирующей зависимости определялись с помощью программы Matlab. Эта зависимость удовлетворительно аппроксимируется полиномом второй степени:

$$V_{рац} = -118,312 + 0,5437x_1 - 1,276x_1^2 + 25,934x_2 - 1,225x_2^2 - 1,801x_3 + 4,998x_1x_3 - 1,575x_3^2. \quad (3)$$

Коэффициент детерминированности $R^2 = 0,988$ говорит о хорошем приближении линии регрессии к наблюдаемым данным и о возможности построения качественного прогноза. Полученная математическая зависимость позволяет определить рациональный режим долива, минимизирующий негативное влияние на дисперсность продуктов загрязнения моторного масла при доливе. Зависимость базируется на экспериментальных моделях, полученных нами при проведении лабораторных и моторных исследований. Анализ влияния долива ММ с разными эксплуатационными свойствами позволил выявить причины, приводящие к снижению объемов долива до рациональных пределов и позволяющие сохранить рабочие свойства масла на определенном уровне в течение длительного периода времени без ухудшения ресурсных показателей судовых дизелей.

Таким образом, моделированием установлено, что рациональный объем доливаемого масла в зависимости от диспергирующих свойств свежего масла и степени срабатывания присадок находится в диапазоне 3-25 % остаточного объема работающего ММ. Чем выше наработка масла (срабатывание присадок) и ниже его диспергирующие свойства, тем меньше рациональный объем доливаемой порции. Для работающего масла, достигшего браковочного уровня по щелочному числу, объем доливаемого масла должен быть как можно меньше.

Список литературы

1. Надежкин А.В. Исследование изменения коллоидной структуры работающего масла при увеличенном доливе [Текст] / А.В. Надежкин, И.В. Соколова // Актуальные проблемы создания, проектирования и эксплуатации современных двигателей внутреннего сгорания: сб. науч. тр. – Хабаровск: Тихоокеанский гос. ун-т., 2007. – Вып. 4. – С. 10-15.
2. Соколова И.В. Анализ дисперсности продуктов загрязнения работающего моторного масла при доливах в систему смазки судового дизеля [Текст] / И.В. Соколова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 2008. – С. 215-218.
3. Кича Г.П. Решение проблемы высокоэффективной очистки моторного масла в судовых дизелях: дис. ... д-ра техн. наук: 05.08.05 [Текст] / Кича Геннадий Петрович. – Владивосток, 1992. – Т. 1. – 512 с. – Т. 2. – 358 с.
4. Кича Г.П. Теоретические основы расчета и интенсификации очистки топлив и масел в ДВС фильтрованием [Текст] / Г.П. Кича // Двигателестроение. – 1986. – № 5. – С. 25-29.
5. Овсянников В.В. Дисперсионный анализ продуктов загрязнений в задачах повышения эффективности центробежной очистки масел судовых дизелей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.08.05 / В.В. Овсянников. – Ленинград, 1984. – 24 с.

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

Соколова Ирина Васильевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, sokolova_irine@mail.ru.

УДК 621.89:621.431 –729.3

А.В. Надежкин

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

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ТРИБОМОНИТОРИНГА ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ КРЕЙЦКОПФНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Предложен метод скользящей интервальной оценки коэффициентов корреляции между данными трибомониторинга и наработкой деталей цилиндропоршневой группы судовых крейцкопфных малооборотных дизелей. Даны результаты корреляционного анализа, выполненного на их основе.

Ключевые слова: судовые крейцкопфные дизели, трибомониторинг, изнашивание, корреляционный анализ, отработанное цилиндрическое масло.

A.V. Nadezkin

CORRELATION ANALYSIS OF TRIBOMONITORING DATA THE CYLINDERPISTON GROUP CROSSHEAD DIESELS

Proposed a method for moving interval estimation of the correlation coefficients between the data of tribomonitoring and operation time of the cylinder-piston group of low-speed marine crosshead diesel engines. Given the results of correlation analysis performed on their basis.

Key words: marine crosshead diesel engine, tribomonitoring, wear processes, correlation analysis, drain cylinder oil.

Трибомониторинг судовых крейцкопфных малооборотных дизелей (МОД) на основании исследования параметров отработанных цилиндрических масел (ОЦМ) из поршневых полостей является эффективным средством управления техническим состоянием деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) этих двигателей [2]. Проба масла, взятая из работающего двигателя, несет в себе комплексную информацию о состоянии его трибосопряжений. Прогнозирование остаточного ресурса деталей ЦПГ крейцкопфных МОД является логическим продолжением задачи оценки технического состояния объекта диагностирования (ОД) по результатам трибомониторинга, поскольку именно на основании такой информации может приниматься решение о виде и периодичности технического обслуживания ОД.

Установившийся износ трущихся деталей дизеля традиционно оценивают как функцию от времени их работы [3]. Исследуем возможности трибомониторинга для прогнозирования остаточного ресурса деталей ЦПГ крейцкопфных МОД. С этой целью посредством статистической обработки большого массива экспериментальных данных оценим возможную корреляционную связь между концентрацией продуктов износа в отработанном цилиндрическом масле и наработкой деталей ЦПГ крейцкопфного дизеля.

В различных приложениях статистического анализа многомерных величин одну из ключевых позиций занимают задачи корреляционного анализа [1]. В процессе решения этих задач выявляется наличие и характер взаимосвязи величин, взаимозависимости величин при устранении влияния совокупности других или зависимости

одной случайной величины от группы величин, вычисляются оценки коэффициентов и матриц парной, частной и множественной корреляции, проверяются различные статистические гипотезы относительно параметров многомерного распределения и коэффициентов корреляции. На основании результатов корреляционного анализа может делаться вывод о наличии и характере функциональной зависимости или о предпочтительности для описания исследуемого объекта регрессионной модели того или иного вида.

В испытательную лабораторию «Химмотология» с судов Дальневосточного бассейна регулярно сдавались пробы ОЦМ из подпоршневых полостей крейцкопфных МОД. Обязательным требованием было указание наработки всех деталей, а также наработки цилиндра после моточистки. Эти требования не всегда и не во всем соблюдались, тем не менее была получена значительная экспериментальная выборка. Из неё были выбраны результаты только для двигателей 6ДКРН 74/160 ($P_e = 8530$ кВт, $n = 140$ мин⁻¹), так как по ним выборка оказалась наиболее репрезентативной и включала в себя анализ (348) с полной информацией о наработке деталей. Типовой протокол анализа проб масла ОЦМ представлен в таблице.

**Бланк результатов анализа масел подпоршневых полостей т/к «Уренгой»
The form of results of the analysis of drain cylinder oil t/k «Urengoj»**

Дата анализа	25.11.1995					
Двигатель	6 ДКРН 74/160-3					
Параметр	Цилиндр № 1	Цилиндр № 2	Цилиндр № 3	Цилиндр № 4	Цилиндр № 5	Цилиндр № 6
Сорт топлива	М-100					
Содержание серы, %	2,36					
Остаточное ТВН, мг КОН/г	29,53	30,62	4,89	23,67	21,79	28,9
Марка масла	Chevron Delo Cyloil Heavy					
Индекс ТНВД	30	30	30	30	30	30
Подача масла	5	5	5	5	5	5
Наработка цилиндра после моточистки, ч	6480	1209	1209	3224	3224	2913
Наработка втулки, ч	6480	1209	16793	3224	16793	2913
Наработка головки поршня, ч	6480	1209	1209	3224	3224	2913
Наработка колец, ч	1209	1209	1209	3224	3224	2913
Наработка форсунки, ч	300	668	90	416	918	416
Содержание, г/т:						
железа	86,00	61,00	38,00	196,00	139,00	66,00
хрома	4,8	2,3	0,5	6,8	12	1
свинца	8	5	0,6	3,60	7,2	0,3
никеля	1,4	3,2	3	3,7	2,6	6
алюминия	8,1	6,5	1	4,9	9,2	2
олова	6,80	5,1	1,2	3,8	5,70	0,7
меди	2,80	2,5	6,1	6,3	3,2	0,70
кремния	7,10	5,40	2,8	10,1	13	3

Корреляционный анализ полученных экспериментальных данных предполагал их статистическую обработку с целью определения парных (частных) коэффициентов корреляции для характеристики степени зависимости между двумя переменными на фоне действия остальных показателей.

Исследовалась корреляционная зависимость между следующими переменными:

- концентрацией Fe c^{Fe} в ОЦМ и наработкой цилиндра после моточистки $\tau_{\text{ЦМ}}$ с учетом времени работы втулки $\tau_{\text{ЦВ}}$;

- c^{Fe} в ОЦМ и $\tau_{\text{ЦВ}}$ с учетом $\tau_{\text{ЦМ}}$;

- c^{Fe} в ОЦМ и наработкой поршня $\tau_{\text{П}}$ с учетом $\tau_{\text{ЦМ}}$.

Расчет парных коэффициентов корреляции R_{xy} вели по классической формуле Пирсона [1]:

$$R_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i и \bar{x} – текущая и средняя наработка исследуемой детали ЦПГ соответственно; y_i и \bar{y} – текущее и среднее содержание Fe в пробе ОЦМ соответственно.

В процессе корреляционного анализа гипотетическая связь между содержанием продуктов износа в ОЦМ и наработкой деталей оказалась слабо выраженной. Частные коэффициенты корреляции для отмеченных выше связей имели следующие значения:

- $R_{\text{ЦМ}}^2 = 0,089$, где R^2 – квадрат коэффициента корреляции между c^{Fe} и $\tau_{\text{ЦМ}}$;

- $R_{\text{ЦВ}}^2 = -0,032$, где R^2 – квадрат коэффициента корреляции между c^{Fe} и $\tau_{\text{ЦВ}}$;

- $R_{\text{П}}^2 = -0,012$, где R^2 – квадрат коэффициента корреляции между c^{Fe} и $\tau_{\text{П}}$.

Традиционно считается, что при $R < 0,5$ корреляционная связь слабо выражена, а в окрестностях нуля полностью отсутствует.

Однако анализ априорной информации [2] показывает, что при достижении предельных зазоров в трущихся сопряжениях, потере упругости поршневых колец мы наблюдаем резкое увеличение концентрации продуктов износа в ОЦМ. Поэтому для детального исследования корреляционных связей между наработкой деталей ЦПГ и c^{Fe} в ОЦМ была разработана специальная методика скользящей интервальной оценки коэффициентов корреляции с целью выявления трендов между данными параметрами. Рассчитывались не просто частные коэффициенты корреляции, а их кинетические кривые по наработке деталей.

Метод скользящей интервальной оценки коэффициентов корреляции предусматривал разбиение всего диапазона наработки каждой детали на равные интервалы $\Delta\tau$. В качестве шага была выбрана традиционная в судовой практике интервальная оценка – 1000 ч работы. Совместная генеральная совокупность пар наблюдений последовательно видоизменялась. Каждый раз из всего массива наблюдений формировалась новая ковариационная матрица, размер которой определялся вектором τ^i . Его вычисление осуществлялось для каждой детали ЦПГ индивидуально. Ниже дано выражение для расчета скользящего интервала наблюдений применительно к ЦВ.

$$\tau_{\text{ЦВ}}^i = \tau_{\text{ЦВ}}^{\text{max}} - \sum_{i=1}^n \Delta\tau_i,$$

где $\tau_{ЦВ}^i$ – текущее значения вектора наработки ЦВ; $\tau_{ЦВ}^{\max}$ – максимальная наработка ЦВ в массиве наблюдений; n – число интервалов, определяемое отношением $\tau_{ЦВ}^{\max} / \Delta\tau$.

Для остальных деталей ЦПГ расчет скользящего интервала наблюдений осуществлялся аналогичным образом.

Результаты расчетов скользящих интервальных коэффициентов корреляции представлены на рис. 1-3. Анализ данных показывает, что тесная корреляционная взаимосвязь между концентрацией продуктов износа в ОЦМ и наработкой деталей возникает тогда, когда вырабатывается их ресурс. Причем определяющим здесь является состояние поршневых колец. При их хорошем техническом состоянии, даже если втулка и поршень имеют предельную наработку, корреляция между содержанием Fe в пробах масла подпоршневых полостей и ресурсными показателями деталей ЦПГ не наблюдается. Однако, как только уплотняющий эффект поршневых колец снижается, появляется тесная корреляционная взаимосвязь между скоростью поступления в ОЦМ Fe и наработкой деталей. Она оказывается тем выше, чем больше наработка соответствующих деталей. Это хорошо иллюстрируют кинетические кривые коэффициентов корреляции. Так, $R_{ЦВ}^2$ при наработке цилиндра после моточистки от 0 до 6 тыс. ч имеет очень низкие или даже отрицательные значения (рис. 2). Однако после выработки ресурса ПК (ориентировочно 6-7 тыс. ч) значение $R_{ЦВ}^2$ резко возрастает до величины 0,5-0,6, указывая на наличие сильной корреляционной связи между c^{Fe} и $\tau_{ЦВ}$. Аналогичную картину мы наблюдаем и для $R_{П}^2$ (рис. 3).

Из изложенного выше следует, что результаты трибомониторинга деталей ЦПГ крейцкопфных МОД позволяют однозначно распознать техническое состояние ОД. При достижении близких к предельным зазорам в парах трения корреляционная связь между c^{Fe} в ОЦМ и наработкой деталей резко возрастает. Однако использовать данные трибомониторинга для прогнозирования остаточного ресурса деталей ЦПГ не представляется возможным, так как в течение всего периода установившегося износа триад трения корреляционная взаимосвязь между c^{Fe} в ОЦМ и наработкой деталей отсутствует. Это объясняется тем, что в это время работы дизеля и нормального протекания процессов изнашивания в деталях ЦПГ скорость поступления Fe в ОЦМ остается практически неизменной. Здесь влияние на интенсивность изнашивания оказывают другие эксплуатационные факторы, такие, как параметры внутрицилиндрового рабочего процесса, характер и условия нагружения дизеля, условия смазывания, качество и дозировка цилиндрического масла. Кроме того, можно сделать заключение о том, что именно техническое состояние поршневых колец в первую очередь определяет содержание продуктов износа в пробах масла подпоршневых полостей.

Резюмируя изложенное, можно сделать следующие выводы. Разработана методика скользящей интервальной оценки коэффициентов корреляции, позволяющая исследовать тренды взаимозависимости концентрации продуктов износа в ОЦМ и наработкой деталей ЦПГ крейцкопфных МОД. Выполненная оценка показала, что данные трибомониторинга в общем случае не позволяют прогнозировать остаточный ресурс триад трения, но с высоким уровнем достоверности распознают возникающие в трущихся деталях дефекты и отказы.

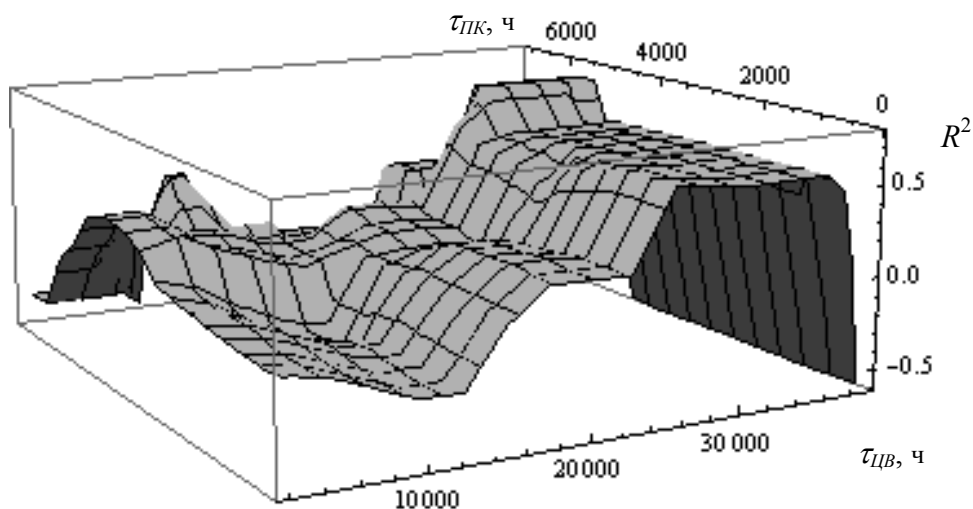


Рис. 1. Кинетические кривые коэффициентов корреляции времени работы цилиндра после моторочистки и наработки цилиндровой втулки

Fig. 1. Kinetic curves of factors of correlation of an operating time the cylinder after motor-cleaning and an operating time of the cylinder plug

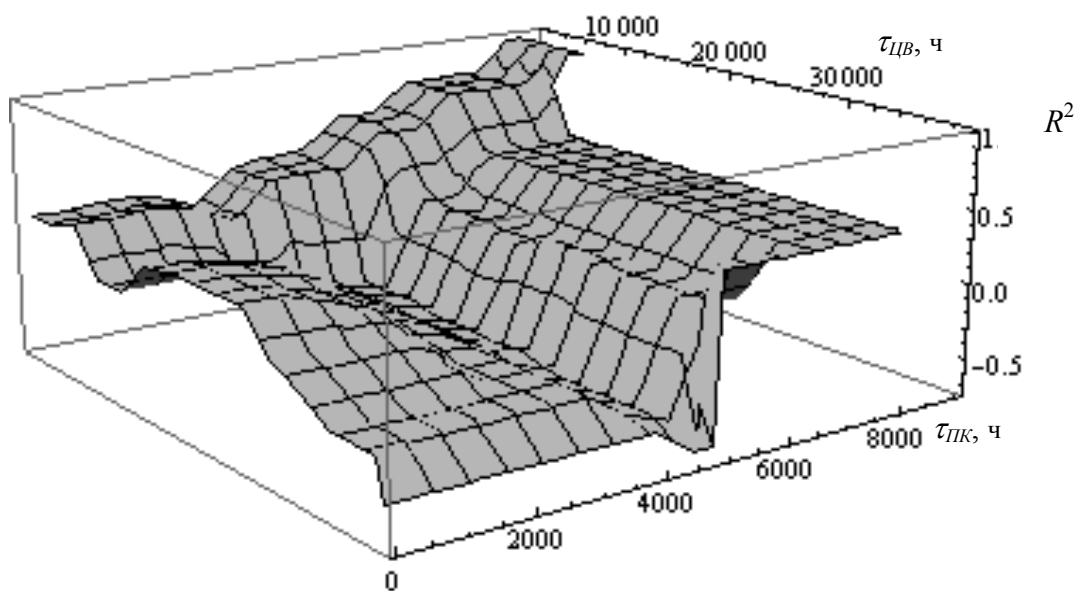


Рис. 2. Кинетические кривые коэффициентов корреляции наработки цилиндровой втулки и времени работы цилиндра после моторочистки

Fig. 2. Kinetic curves of factors of correlation of an operating time the cylinder plug and operating time of the cylinder after motor-cleaning

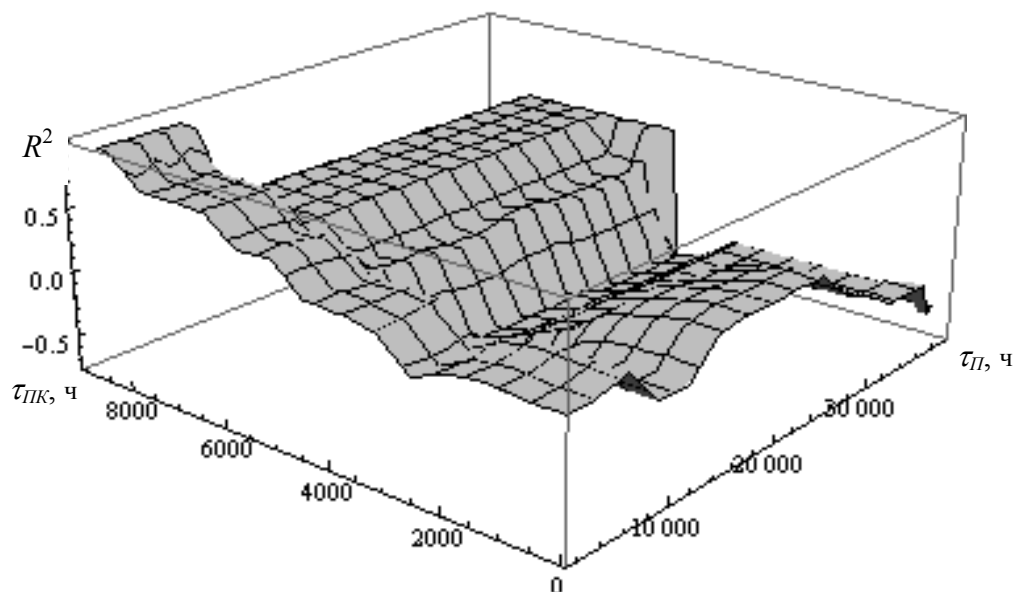


Рис. 3. Кинетические кривые коэффициентов корреляции наработки головки поршня и времени работы цилиндра после моторочистки

Fig. 3. Kinetic curves of factors of correlation of an operating time of a head the piston and an operating time of the cylinder after motor-cleaning

Список литературы

1. Дубров А.М. Многомерные статистические методы [Текст] / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 352 с.
2. Надежкин А.В. Управление техническим состоянием цилиндропоршневой группы судовых крейцкопфных дизелей по результатам трибомониторинга [Текст] / А.В. Надежкин, В.Н. Даничкин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – № 1. – 210-212 с.
3. Погодаев Л.И. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин [Текст] / Л.И. Погодаев, В.Н. Кузьмин. – СПб.: Академия транспорта Российской Федерации, 2006. – 608 с.

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

УДК 621.43.013 : 629.3

Н.К. Пак

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА ПРИ ОЧИСТКЕ МОТОРНОГО МАСЛА В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Приводится методика определения наиболее эффективной работы центробежного сепаратора при очистке моторного масла ДВС. Осуществлен выбор его оптимальной пропускной способности и программ управления. Дана оценка эффективности разработанных программ управления пропускной способностью сепаратора при включении его в систему смазки двигателя 6ЧН40/46.

Ключевые слова: центробежный сепаратор, моторное масло, очистка масла.

N.K. Pak

THE OPTIMIZATION OF OPERATION OF THE CENTRIFUGAL SEPARATOR DURING THE CLEANING OF ENGINE OIL IN THE MARINE DIESELS

The most determination effective methods of operation of the centrifugal separator are given during the cleaning of engine oil. Optimal delivery value and control programs have selected. Efficiency of the developed control programs of separator's delivery value have estimated when the separator operated in lubricating system of 6CH40/46 engine.

Key words: centrifugal separator, engine oil, cleaning of oil.

На современном этапе частично поточное включение центробежного сепаратора (ЦС) в систему смазки (СС) мощных дизелей является единственным методом, который обеспечивает глубокую очистку моторного масла (ММ) от механических примесей и воды. Схема включения сепаратора в СС и параметры его работы значительно влияют на эффективность удаления нерастворимых продуктов (НРП) загрязнения из циркуляционного масла ДВС. Интенсивность очистки масла зависит в основном от пропускной способности Q_c ЦС. Отсюда напрашивается вывод о необходимости разработки таких программ управления пропускной способностью очистителя, при которых скорость удаления загрязнений из масла была бы максимальной.

В настоящее время на судах используются два способа включения ЦС в СС двигателей:

- 1) байпасное непрерывное (при оснащении каждого дизеля отдельным ЦС);
- 2) байпасное периодическое (при оснащении нескольких дизелей одним ЦС).

Отсюда следует, что поиск оптимальных программ управления пропускной способностью предусматривает:

- обеспечение минимальной концентрации загрязнений в циркуляционном масле СС при непрерывной байпасной его очистке;
- достижение наименьшей продолжительности работы сепаратора при периодическом его подключении, обеспечивающей достаточно низкую загрязненность масла.

Для достижения вышеуказанных целей по оптимизации рассмотрим процесс очистки масла от НРП при байпасно подключенном сепараторе. Математическая модель процесса с учетом временного дрейфа дисперсной фазы (ДФ) загрязняющих примесей может быть представлена в виде системы дифференциальных уравнений [1]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dc_x}{d\tau} &= \frac{1}{G_0} (a - Q_c \varphi_c c_x), \\ \frac{dm_d}{d\tau} &= \frac{1}{G_0} \left[\frac{a}{c_x} (m_{da} - m_d) - Q_c (1 - \varphi_c) (m_d - m_{d\phi}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где c_x – значение текущей концентрации загрязняющих примесей в работающем ММ; G_0 – вместимость СС; a – скорость поступления загрязнений в СС дизеля; Q_c – пропускная способность ЦС; φ_c – коэффициент полноты отсева ЦС; m_d – значение медианного размера частиц продуктов загрязнений в ММ; m_{da} , $m_{d\phi}$ – медианный размер частиц продуктов загрязнений на входе и на выходе из агрегата очистки.

По результатам анализа системы уравнений (1) следует, что необходимые параметры оптимизации могут быть сформулированы как задачи минимизации функционала:

$$J = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \varphi_0(c_x, Q_c) d\tau, \quad (2)$$

где $\varphi_0(c_x, Q_c)$ – заданная функция переменных c_x и Q_c ; τ_0 и τ_1 – время начала и конца процесса.

Подставив $\varphi_0 = 1$ в выражение (2), получим:

$$J = \int_{\tau_0}^{\tau_1} d\tau = \tau_1 - \tau_0. \quad (3)$$

Отсюда следует, что задача минимизации функционала сводится к минимизации времени достижения требуемого уровня загрязнения ММ.

Если положить, что $\varphi_0 = \frac{a - Q_c \varphi_c c_x}{G_0}$, то

$$J = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \frac{a - Q_c \varphi_c c_x}{G_0} d\tau = c_x(\tau_1) - c_x(\tau_0) \quad (4)$$

и оптимизация параметров сепарирования преобразуется в минимизацию разности между конечной $c_x(\tau_1)$ и начальной $c_x(\tau_0)$ концентрациями НРП в масле, что соответствует минимизации конечного значения концентрации c_{x1} при начальном c_{x0} .

Таким образом, цели оптимального управления ЦС, определенные уравнениями (3) и (4), являются задачами вариационного исчисления. При этом на управляющее воздействие – пропускную способность Q_c сепаратора – накладывается ограничение $0 < Q_c < Q_n$.

Вариационные задачи такого типа классическими методами решить трудно. В данном случае лучше применить один из методов неклассического вариационного исчисления – принцип максимума [2].

В соответствии с общей схемой решения задач оптимального управления, с учетом изложенного запишем гамильтониан для задачи быстродействия, которая представляет собой скалярное произведение векторов $\lambda_1 \frac{dc_x}{d\tau}$, $\lambda_2 \frac{dm_d}{d\tau}$:

$$\tilde{H} = \frac{\lambda_1}{G_0} [a - Q_c \varphi_c c_x] + \frac{\lambda_2}{G_0} \left[\frac{a}{c_x} (m_{da} - m_d) - Q_c (1 - \varphi_c) (m_d - m_{d\phi}) \right], \quad (5)$$

где λ_1 , λ_2 – вспомогательные переменные.

Величину переменных λ_1 и λ_2 определяют при решении сопряженных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\lambda_1}{d\tau} &= -\frac{\partial \tilde{H}}{\partial c_x} = \frac{1}{G_0} \left[\lambda_1 Q_c \varphi_c + \lambda_2 (m_{da} - m_d) \frac{a}{c_x^2} \right]; \\ \frac{d\lambda_2}{d\tau} &= -\frac{\partial \tilde{H}}{\partial x} = \frac{1}{G_0} \left\{ \lambda_1 c_x \left(Q_\phi \frac{\partial \varphi_\phi}{\partial x} + Q_c \frac{\partial \varphi_c}{\partial x} \right) + \right. \\ &+ \lambda_2 \left[\frac{a \partial m_d}{c_x \partial x} + Q_\phi (1 - \varphi_\phi) \left(1 - \frac{\partial m_d}{\partial x} \right) + (m_d - m_{d\phi}) \frac{Q_\phi \partial \varphi_\phi}{\partial x} + \right. \\ &\left. \left. + Q_c (1 - \varphi_c) \left(1 - \frac{\partial m_d}{\partial x} \right) + (m_{da} - m_d) \frac{Q_c \partial \varphi_c}{\partial x} \right] \right\}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Оптимальная пропускная способность $Q_{\text{опт}}$, при которой возникает минимум функционала (2), выбирается по максимуму гамильтониана (5), соблюдая условие:

$$\tilde{H}[c_x(\tau), m_d(\tau), \lambda(\tau), Q_c(\tau)] = \max \tilde{H}[c_x(\tau), m_d(\tau), \lambda(\tau), Q_c(\tau)]. \quad (7)$$

Из-за сложности правых частей уравнений (1) и (6) получить конечное значение для Q_c в аналитическом виде невозможно. Поэтому для решения использовали численные методы интегрирования. Для нахождения с помощью выражения (7) оптимальной программы управления ЦС указанные системы интегрировали совместно, задав граничные условия в начальной и конечной точках. Число граничных условий для обеих точек принимали одинаковым.

Гамильтониан для системы (1) и функционала (4) составлен аналогично. После некоторых преобразований он приведен к виду (5). Сопряженные уравнения системы (6) остались неизменными, но граничные условия в конечной точке интегрирования другие. Из-за того что концентрация нерастворимых примесей в конце траектории не известна, незаданность ее компенсировали введением вспомогательной переменной. Величина переменной определяется из условий трансверсальности с учетом преобразований функции $\tilde{H} - \lambda(\tau_1) = -1$.

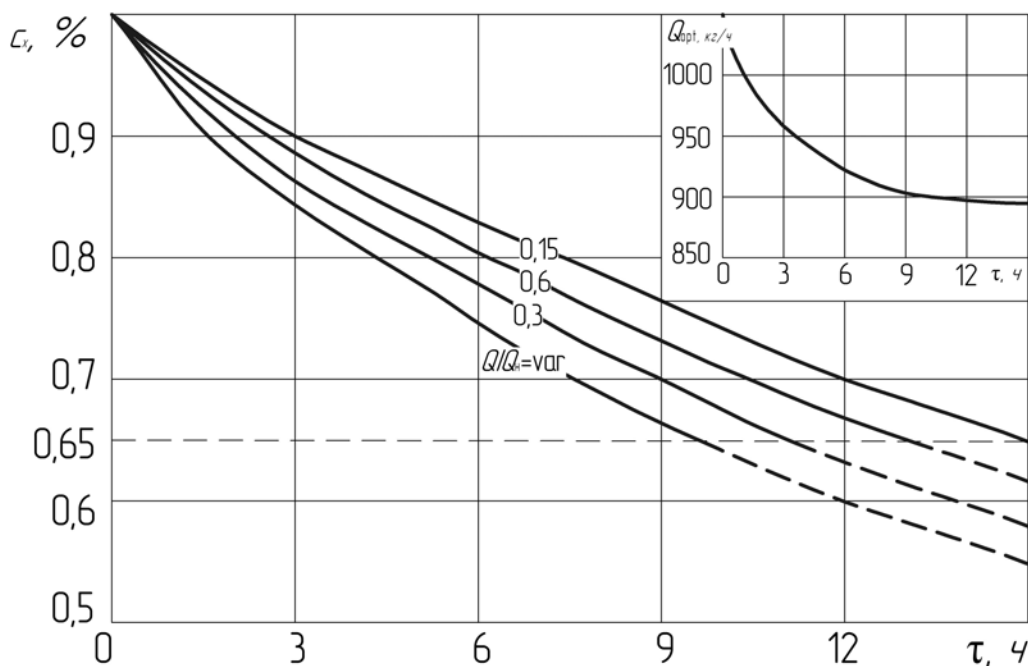
Таким образом, выбор оптимальных программ управления ЦС сведен к интегрированию систем уравнений (1) и (6) с двухточечными граничными условиями. Теория решения таких задач почти не разработана. Поэтому для интегрирования предложенных уравнений необходимо создание эффективных алгоритмов. На основе анализа чис-

ленных методов принят способ «пристрелки». При его реализации возникли затруднения, обусловленные неустойчивостью систем уравнений (5) и (6). Даже небольшое изменение начальных параметров λ_1 и λ_2 существенно влияет на результаты интегрирования, что усложняет вычислительный алгоритм, поскольку необходимо найти путь к решению, избегая области неустойчивости. К тому же значение управляющего воздействия Q_c на каждом шаге интегрирования корректируется условием (7).

Задавшись неизвестными значениями переменных (параметрами задачи) в начальной и конечной точках траектории, находили промежуточное решение систем уравнений, которое обычно не совпадает с заданными граничными условиями. Многократным повторением этого процесса в соответствии с созданным алгоритмом выбирали значение неизвестных переменных, минимизирующих невязку в конечной точке интегрирования. Цикл повторяется заново до тех пор, пока не будет достигнуто заданное значение степени загрязненности ММ, либо не произойдет стабилизация значения минимизируемой переменной [3].

Оценим эффективность разработанных программ управления пропускной способностью ЦС при включении его в систему смазки двигателя. Такое сопоставление для режима периодического включения ЦС в систему смазки дизеля проведено расчетным путем на примере двигателя 6ЧН40/46, параметры системы смазки и агрегата очистки которого имеют следующие значения: $G_0 = 5$ т, $Q_n = 2$ т/ч, $d_0 = 3$ мкм, $a = 80$ г/ч. Загрязненность моторного масла при включении ЦС в работу во всех случаях составляла 1 %, а дисперсность продуктов загрязнения – 1 мкм.

При периодическом подключении очистителя к системе смазки двигателя сравнивались по критерию «быстродействие» программа управления, полученная в результате оптимизации (рисунок), и ряд произвольных режимов работы ЦС с пропускной способностью, равной соответственно 0,15; 0,3; 0,6 Q_n .



Влияние режимов работы ЦС на удаление загрязнений из ММ
The influence of operational modes of the centrifugal separator on eliminating of contaminants from engine oil

Как видно из рисунка, наименьшая продолжительность включения ЦС в работу обеспечивается при применении программы управления работой ЦС, выбранной по разработанной методике. Время работы очистителя до достижения заданной степени загрязненности моторного масла 0,65 % в этом случае составляет 10 ч, что в 1,2-1,5 раза меньше, чем для остальных режимов.

Список литературы

1. Кича Г.П. Оптимизация режимов центробежного сепарирования циркуляционного масла дизелей [Текст] / Г.П. Кича, А.В. Надежкин // Исследование и методы повышения эффективности технической эксплуатации судовых энергетических установок. – Новосибирск, 1984. – С. 36-40.
2. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, М.Ф. Мищенко. – М.: Наука, 1976. – 392 с.
3. Кича Г.П. Решение проблемы высокоэффективной очистки моторного масла в судовых дизелях: дис. ... д-ра техн. наук: 05.08.05: защищена 06.10.92: утв. 24.02.93 / Кича Геннадий Петрович. – Владивосток, 1992. – Т. 1. – 512 с. – Т. 2. – 358 с.

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

УДК 621.431.74.016

Б.И. Руднев

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

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Представлена теоретическая оценка взаимодействия потоков излучения и проанализированы основные особенности системы интегральных уравнений радиационного теплообмена применительно к камере сгорания дизельного двигателя.

Ключевые слова: дизельный двигатель, камера сгорания, потоки излучения.

B.I. Rudnev

THE ANALYSIS OF FLUXES INTERACTION RADIATION IN DIESEL ENGINE COMBUSTION CHAMBER

Theoretical estimation of fluxes interaction radiation is given in this article. Main peculiarities of system of integral acquisitions of radiation heat transfer concerning diesel engine combustion chamber.

Key words: diesel engine, combustion chamber, fluxes of radiation heat transfer.

Излучающую систему для условий камеры сгорания (КС) дизельного двигателя можно представить как состоящую из четырех зон: трех поверхностных – поверхности крышки цилиндра F_1 , втулки F_2 и поршня F_3 , а также одной объемной зоны V , заполненной сажегазовой средой. Следуя [1], общую картину взаимодействия потоков излучения в произвольной точке M_k граничной поверхности F можно представить схемой, показанной на рисунке.

Рассмотрим более подробно воздействие основных потоков излучения для точки M_k , принадлежащей граничной поверхности F . В каждую точку граничной поверхности F приходит собственное излучение от объемной зоны $M_i(V)$, т.е. $E_{соб}(M_i)$. Причем для всех точек граничной поверхности M_k, M_n, M_p и M_γ этот поток является падающим потоком. В то же время каждая из поверхностей, на которых расположены точки M_k, M_n, M_p и M_γ , имеет свой эффективный (или исходящий [2]) поток излучения:

$$E_{эф}(M_n) = E_{собF}(M_n) + E_{отрF}(M_n), \quad (1)$$

в свою очередь, отраженный поток для точки M_n может быть представлен следующим образом:

$$E_{отрF}(M_n) = E_{над} R_F, \quad (2)$$

где R_F – коэффициент отражения граничной поверхности F .

Учитывая взаимосвязь между коэффициентом отражения R_F и степенью черноты поверхности ε_F , имеем

$$E_{\text{отп}F}(M_n) = E_{\text{над}F} R_F = (1 - \varepsilon_F) E_{\text{над}F} = (1 - \varepsilon_F) E_{\text{собо}V}(M_i). \quad (3)$$

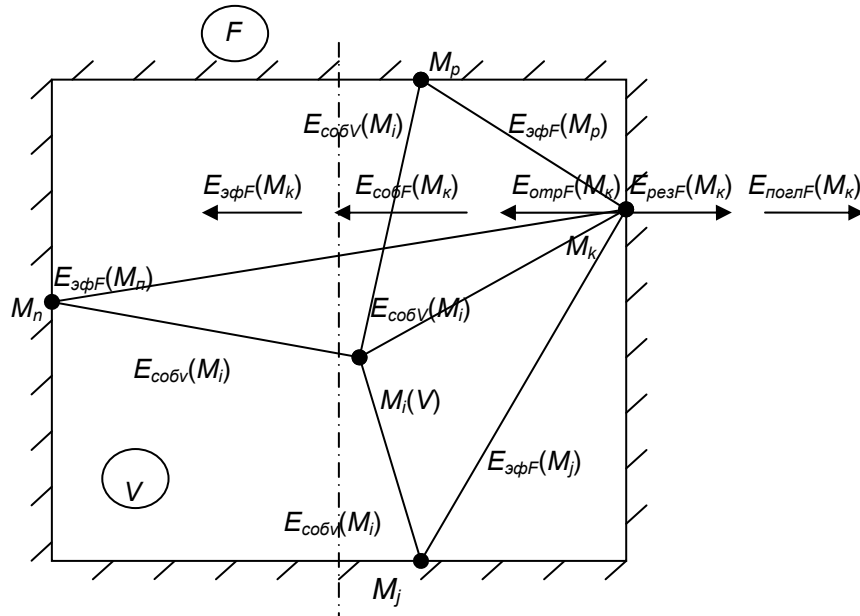


Схема взаимодействия потоков излучения в произвольной точке M_k граничной поверхности F
Scheme of fluxes interaction radiation in diesel engine combustion chamber at random point M_k
adjacent surface F

Тогда эффективный поток излучения от точки M_n граничной поверхности F можно представить следующим образом:

$$E_{\text{эф}F}(M_n) = E_{\text{собо}F}(M_n) + (1 - \varepsilon_F) E_{\text{собо}V}(M_i). \quad (4)$$

Аналогично для точек M_p и M_γ :

$$E_{\text{эф}F}(M_p) = E_{\text{собо}F}(M_p) + (1 - \varepsilon_F) E_{\text{собо}V}(M_i) \quad (5)$$

$$E_{\text{эф}F}(M_\gamma) = E_{\text{собо}F}(M_\gamma) + (1 - \varepsilon_F) E_{\text{собо}V}(M_i). \quad (6)$$

Таким образом, для произвольной точки M_k граничной поверхности F (см. рисунок) падающими потоками излучения будут $E_{\text{собо}V}(M_i)$, $E_{\text{эф}F}(M_n)$, $E_{\text{эф}F}(M_p)$ и $E_{\text{эф}F}(M_\gamma)$.

Результирующий поток излучения для точки M_k в общем виде запишется так:

$$E_{\text{рез}}(M_k) = E_{\text{над}}(M_k) - E_{\text{эф}F}(M_k). \quad (7)$$

Очевидно, что (7) эффективный поток излучения от точки M_k можно представить аналогично эффективным потокам от точек M_n , M_p и M_γ (4-6):

$$E_{\text{эф}F}(M_k) = E_{\text{собо}F}(M_k) + (1 - \varepsilon_F) E_{\text{собо}V}(M_i). \quad (8)$$

Подставляя в (7) соответствующие потоки излучения, определяемые по зависимостям (3-5, 7), получим

$$\begin{aligned}
 E_{рез}(M_k) &= E_{cobV}(M_i) + E_{эфF}(M_n) + E_{эфF}(M_p) + E_{эфF}(M_\gamma) - E_{эфF}(M_k) = \\
 &= E_{cobV}(M_i) + E_{cobF}(M_n) + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) + E_{cobF}(M_p) + \\
 &\quad + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) + E_{cobF}(M_\gamma) + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) - \\
 &\quad - E_{cobF}(M_k) - (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i).
 \end{aligned} \tag{9}$$

Группируя в (9) члены, содержащие собственный поток излучения объемной зоны $E_{cobV}(M_i)$, имеем

$$\begin{aligned}
 E_{рез}(M_k) &= E_{cobV}(M_i) + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) + \\
 &\quad + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) + (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) - (1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i) + \\
 &\quad + E_{cobF}(M_n) + E_{cobF}(M_p) + E_{cobF}(M_\gamma) - E_{cobF}(M_k).
 \end{aligned} \tag{10}$$

Проанализируем полученную зависимость (10) для результирующего потока излучения произвольной точки M_k граничной поверхности F , выражающую функциональную связь основных потоков излучения. Из (10) следует, что результирующий поток излучения для точки M_k формируется при взаимодействии собственного потока излучения объемной зоны $E_{cobV}(M_i)$ и собственных потоков излучения поверхностей, образующих граничную поверхность F : $E_{cobF}(M_n)$, $E_{cobF}(M_p)$, $E_{cobF}(M_\gamma)$ и $E_{cobF}(M_k)$. Причем собственный поток излучения поверхности, которой принадлежит точка M_k , имеет противоположный знак по отношению к собственным потокам излучения других поверхностей. Члены уравнения (10) вида $(1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i)$ представляют собой отраженный поток излучения от соответствующих элементов граничной поверхности F . Заметим, что при построении математической модели локального радиационного теплообмена в КС дизеля необходимо величину степени черноты граничной поверхности ε_F задавать дифференцированно по отношению к каждому ее элементу, т.е. отдельно для крышки цилиндра, поршня и втулки.

На основании экспериментальных данных [3], величины степени черноты для отдельных поверхностей, составляющих КС, имеют следующие значения: для днища поршня из алюминиевого сплава, покрытого нагаром толщиной 0,1-0,2мм, $\varepsilon = 0,91-0,95$, а при толщине нагара 0,2-0,6 мм, $\varepsilon = 0,94-0,97$; для крышки цилиндра из чугуна, покрытой нагаром, $\varepsilon = 0,90-0,95$; для втулки цилиндра с тонким слоем масла $\varepsilon = 0,3-0,4$. Принимая во внимание величины степени черноты поверхностей КС, следует отметить, что члены вида $(1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i)$ в уравнении (10) важны в определенной мере лишь для поверхности втулки цилиндра. Для поверхности крышки цилиндра и поршня эти члены укладываются в погрешность определения температуры излучателя в КС дизеля и концентрации частиц сажи в ней. Напомним, что указанная погрешность составляет 15-20 %. Однако даже и для втулки цилиндра величина $(1 - \varepsilon_F)E_{cobV}(M_i)$ не может быть значительной, так как в период активного процесса радиационного теплообмена в КС (от ВМТ до 80-100° поворота коленчатого вала после ВМТ) большая часть втулки цилиндра перекрыта поршнем. Особенно это относится к дизелям с полуразделенными КС типа ЦНИДИ, ЯМЗ, КАМАЗ и др. Что же касается членов уравнения (10), представляю-

щих собой собственные потоки излучения элементов граничной поверхности F : $E_{cobF}(M_n)$, $E_{cobF}(M_p)$, $E_{cobF}(M_\gamma)$ и $E_{cobF}(M_k)$, – то здесь необходимо отметить следующее. Собственный поток излучения поверхности однозначно определяется ее температурой и излучательной способностью (степенью черноты) по зависимости

$$E_{cobF} = \sigma_0 \varepsilon_F T_F^4. \quad (11)$$

Аналогично можно определить и собственный поток излучения объемной зоны

$$E_{cobV} = \sigma_0 \varepsilon_V T_V^4. \quad (12)$$

В результате сложного взаимодействия рассмотренных выше потоков излучения между объемной зоной и соответствующими точками граничной поверхности в замкнутой системе (см. рисунок) формируются результирующие потоки, определяющие радиационную тепловую нагрузку деталей КС. Этот процесс взаимодействия основных потоков излучения описывается системой неоднородных интегральных уравнений излучения (уравнения Фредгольма второго рода). Следуя [1, 3, 4], приведем указанную систему уравнений для условий в точке M_k :

$$\left. \begin{aligned} E_{nad}(M_k) &= \sum_{i=1}^m \int_V E_{\varepsilon\phi}(M_i) L(M_i, M_k) dV + \\ &+ \sum_{\gamma=1}^n \int_F E_{\varepsilon\phi}(M_\gamma) K(M_\gamma, M_k) dF; \\ E_{\varepsilon\phi}(M_k) &= E_{cob}(M_k) + R_k \left[\sum_{\gamma=1}^n \int_F E_{\varepsilon\phi}(M_\gamma) K(M_\gamma, M_k) dF + \right. \\ &+ \left. \sum_{i=1}^m \int_V E_{\varepsilon\phi}(M_i) L(M_i, M_k) dV \right]; \\ E_{pez}(M_k) &= \varepsilon_k \left[\sum_{\gamma=1}^n \int_F E_{\varepsilon\phi}(M_\gamma, M_k) K(M_\gamma, M_k) dF + \right. \\ &+ \left. \sum_{i=1}^m \int_V E_{\varepsilon\phi}(M_i) L(M_i, M_k) dV \right] - E_{cob}(M_k), \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где R_k , ε_k – коэффициенты отражения и поглощения (степени черноты) поверхности F в точке M_k ; M_γ – произвольная точка поверхности F , лежащая вне окрестности точки M_k ; M_i – произвольная точка объема V .

Интегральные операторы $K(M_\gamma; M_k)$ и $L(M_i; M_k)$ называются ядрами уравнения, являются геометрическими функциями точек объема и поверхности и характеризуют систему как единый оптико-геометрический объект [1]. Проинтегрировав функции K и L по всей граничной поверхности, получим следующие уравнения связи геометрических и разрешающих локальных угловых коэффициентов излучения (ЛУКИ) [2]:

$$\begin{aligned}\Phi(M_\gamma, M_k) &= \int_F K(M_\gamma, M_k) dF = \exp(-\tau) \varphi(M_\gamma, M_k), \\ \Phi(M_i, M_k) &= \int_F L(M_\gamma, M_k) dF = \exp(-\tau) \rho(M_i, M_k),\end{aligned}\tag{14}$$

где $\tau = KL$ – число Бугера.

Следуя [1], под $\varphi(M_\gamma; M_k)$ в (14) имеется в виду геометрический локальный угловой коэффициент излучения от элемента поверхности dF_γ в окрестностях точки M_γ на элемент поверхности dF_k в окрестностях точки M_k , показывающий, какая доля эффективного излучения поверхности dF_γ достигает поверхности dF_k с учетом многократных отражений на границе системы. Коэффициент $\varphi(M_\gamma; M_k)$ имеет тот же смысл для излучения элемента объема dV_i в окрестностях точки M_i на поверхности dF_k . В свою очередь, $\Phi(M_\gamma; M_k)$ и $\Phi(M_i; M_k)$ есть разрешающие коэффициенты, отличающиеся от соответствующих геометрических ЛУКИ тем, что они учитывают ослабление потока излучения вследствие поглощения и рассеяния энергии в объеме.

Приведенная система интегральных уравнений (13) вытекает из интегродифференциального уравнения переноса излучения, соответствующих граничных условий и соотношений, связывающих интенсивность излучения с различными характеристиками полусферического (поверхностного) и сферического (объемного) излучений [2]. По своей физической сущности интегральные уравнения (13) являются уравнениями состояния излучающей системы, поскольку описывают ее состояние как на границах, так и в объеме среды [2].

Для построения математической модели локального радиационного теплообмена в КС дизеля воспользуемся итерационно-зональным методом, предложенным Ю.А. Суриновым [5], а также работами, в которых раскрыты и проанализированы основные особенности применения зональных методов к расчету радиационного теплообмена в различных энергетических установках [2, 6].

В зональных методах расчета теплообмена излучением для систем, образованных излучающей, поглощающей и рассеивающей средами, ограниченными излучающими и отражающими границами, исходя из предложения, излучающая система может быть приближенно заменена эквивалентной, составленной из оптически однородных изотермических подсистем. При этом поверхность границы излучающей системы F подразделяется на n изотермических оптически однородных непрозрачных зон:

$F = \sum_{k=1}^n F_k$, а объем V , заполненный ослабляющей и излучающей средами, – на m объ-

емных изотермических оптически однородных зон с полупрозрачными границами:

$V = \sum_{k=1}^m V_i$. В [1] показано, что итерационно-зональный метод обобщает все основные

постановки задач о радиационном теплообмене, имеющих единственное решение и различающихся способом задания граничных условий и характеристик поля излучения. Математическую основу этого метода составляет конечная система линейных алгебраических уравнений, аппроксимирующих соответствующую систему интегральных уравнений излучения типа (13).

Как известно [1, 5], для реальных излучающих систем $R \neq 1$; $\varepsilon \neq 1$ и все интегральные уравнения излучения (13) имеют единственное решение. Для его получения воспользуемся итерационно-зональным методом алгебраической аппроксимации [5]. Сущность этого метода заключается в разделении реальной излучающей системы на конечное число объемных и граничных зон, в пределах которых оптические, энергетические и температурные характеристики могут быть осреднены или заданы аналитически [1, 5]. В этом случае исходное интегральное уравнение излучения может быть заменено соответствующей системой линейных алгебраических уравнений, число которых равно числу зон в системе. Алгебраическая аппроксимация интегрального оператора возможна как в исходном интегральном уравнении, так и в уравнении резольвенты. В связи с этим точное решение исходного интегрального уравнения может быть выражено через резольвенту интегрального оператора или непосредственно через разрешающие угловые коэффициенты излучения. В соответствии с этим алгебраическая интерпретация решения может быть представлена в общем виде или через резольвенту [1, 5]. Алгебраическая аппроксимация точного решения исходных интегральных уравнений излучения (13) согласно [1] будет иметь вид

$$\left. \begin{aligned} E_{nad}(M_k) &= \sum_{\gamma=1}^n E_{cob}(M_\gamma) \Phi(M_\gamma, F_k) + \sum_{V=1}^m E_{cob}(M_V) \Phi(M_V, F_k); \\ E_{эф}(M_k) &= \sum_{\gamma=1}^n E_{cob}(M_k) \Phi(M_k, F_\gamma) + \\ &+ (1 - \varepsilon_k) \sum_{\gamma=1}^n E_{cob}(M_\gamma) \Phi(M_\gamma, F_k) + (1 - \varepsilon_k) \sum_{V=1}^m E_{cob}(M_V) \Phi(M_V, F_k); \\ E_{pez}(M_k) &= \varepsilon_k \left[\sum_{\gamma=1}^n E_{cob}(M_\gamma) \Phi(M_\gamma, F_\gamma) + \right. \\ &\left. + \sum_{V=1}^m E_{cob}(M_V, F_k) - \sum_{\gamma=1}^n E_{cob}(M_k) \Phi(M_k, F_\gamma) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Уравнения (15) получены в предположении, что излучающая система состоит из n граничных и m объемных зон, а в качестве первой итерации принято условие равенства эффективных потоков излучения в пределах зоны соответствующим потокам собственного излучения этих зон.

Путем замены в интегральном операторе переменного ЛУКИ постоянным, осредненным в пределах рассматриваемой зоны, можно систему интегральных уравнений резольвент поверхностного и объемного излучений привести к соответствующим системам алгебраических уравнений. Принимая, что в пределах каждой граничной зоны приближенно выполняется условие $\varphi(M_\gamma, F_k) = \varphi_{\gamma k}$, в [1, 5] получены следующие системы аппроксимирующих уравнений резольвент поверхностного излучения:

$$\Phi(M_\gamma, F_k) - \sum_{\gamma=1}^n R_\gamma \varphi_{\gamma k} \Phi(M_\gamma, F_k) = \varphi(M_\gamma, F_k) \quad (16)$$

и объемного излучения:

$$\Phi(M_\nu, F_k) - \sum_{\gamma=1}^n R_\gamma \varphi_{\gamma k} \Phi(M_\nu, F_\gamma) = \varphi(M_\nu, F_k), \quad (17)$$

где $\varphi_{\gamma k}$ – средний угловой коэффициент излучения зоны γ на зону k , определяемый по зависимости

$$\varphi_{\gamma k} = \frac{1}{F_\gamma} \int_{F_\gamma} \varphi(M_\gamma, F_k) dF_\gamma.$$

В результате этих действий система интегральных уравнений излучения (13) приводится к эквивалентной конечной системе линейных алгебраических уравнений. Решение последней позволяет определить мгновенное локальное распределение по элементам граничной поверхности всех видов потоков излучения.

Проведенный анализ системы интегральных уравнений и теоретические оценки взаимодействия потоков излучения позволили сделать ряд существенных уточнений в зональной модели радиационного теплообмена в КС дизельного двигателя [7] и других энергетических установок [8].

Список литературы

1. Петриченко Р.М. Элементы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ [Текст] / Р.М. Петриченко, С.А. Батулин, Ю.Н. Исаков [и др.] – Л.: Машиностроение, 1990. – 328 с.
2. Блох А.Г. Теплообмен излучением: справ. [Текст] / А.Г. Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.
3. Modest M.F. Radiative Heat Transfer. – New York: Academic Press, 2003. – 822 p.
4. Dombrovsky L.A. Radiation Heat Transfer in Disperse Systems. – New York: Begell House, 1996. – 256 p.
5. Суринов Ю.А. Об итерационно-зональном методе исследования и расчета лучистого теплообмена в поглощающей и рассеивающей среде [Текст] / Ю.А. Суринов // Изв. СО АН СССР. – 1978. – № 8. – Вып. 2. – С. 106-125.
6. Суринов Ю.А. Современное состояние и перспективы развития теории переноса излучения и радиационного теплообмена [Текст] / Ю.А. Суринов // Тр. первой Российской национальной конференции по теплообмену: в 9 т. Т. 9. Радиационный и сложный теплообмен. – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – С. 238-243.
7. Руднев Б.И. Анализ использования зональной модели радиационного теплообмена в камере сгорания дизельного двигателя [Текст] / Б.И. Руднев, О.В. Повалихина // Тр. пятой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 т. Т. 6. Интенсификация теплообмена. Радиационный и сложный теплообмен. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – С. 261-263.
8. Кулешов О.Ю. Повышение вычислительной эффективности зонального метода расчета сложного теплообмена на основе методики коррекции базовых оптико-геометрических характеристик излучения [Текст] / О.Ю. Кулешов, В.М. Седелкин // Тр. пятой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 т. Т. 6. Интенсификация теплообмена. Радиационный и сложный теплообмен. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – С. 227-230.

Сведения об авторе: Руднев Борис Иванович, доктор технических наук, профессор.

УДК 629.5.035

А.В. Струтынский, С.А. Худяков

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

АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ СУДОВОГО ГРЕБНОГО ВАЛА

Объектом исследования являются судовой валопровод левого борта СЯМ «К. Эмеральда», гребной вал которого разрушился после наматывания сети. Разрушение произошло в зоне повышенной концентрации напряжений на стыке наплавленного слоя нержавеющей стали при наличии язвенной коррозии. Цель выполненного исследования – определение причин разрушения гребного вала.

Ключевые слова: валопровод, гребной вал, наплавка, разрушение, усталостная прочность, концентрация напряжений.

A.V. Strutinskiy, S.A. Hudjakov

THE ANALISYS OF REASONS OF PROPELLER SHAFT DAMAGES

The investigation object is left ship's shafting of vessel «K. Emeralda». The propeller shaft was damaged after fishing net winding. Damage took place at the area of boost stress concentration in site of conjunction of built-up stainless steel layer, under presence of ulcerous corrosion. The goal of the investigation is identification of real reasons of propeller damage.

Key words: shafting, propeller shaft, built-up, damage, fatigue resistance, stress concentration.

Общие характеристики т/х «К. Эмеральда», построенного в декабре 1982 г. в п. Стефенсфилд, США, и его гребной установки следующие:

- основные размерения судна: 38,19×10,36×6,71 м. Дедвейт – 230 т;
- главные дизели – 2 типа 341E DITA мощностью 537 кВт при частоте вращения 1500 мин⁻¹, изготовлены в 2008 г., г. Гриффин, США;
- гребные винты – 2 диаметром 1670 мм, 4-лопастные из нержавеющей стали 66X5056;
- гребные валы – 2 из углеродистой стали 25 диаметром 152,4 мм (Carbon Steel ABS Grade 2). Шейки подшипников плакированы нержавеющей сталью (подслой из стали ABS ER309L и нержавеющей сталью ER308L ER316L) до диаметра 165,1 мм (толщина слоя – 6,3 мм). Остальные поверхности вала покрыты антикоррозионной защитой из стеклоткани с эпоксидной смолой. Поверхность излома вала расположена по нормали к его оси, что свидетельствует о действии изгибных напряжений в сечении.

Аналогичное разрушение промежуточного вала у фланца соединения с гребным валом произошло на т/х «Дилан» [10]. Причиной этого разрушения явилась просадка главного дизеля относительно гребного вала из-за износа клиньев под фундаментной рамой.

Зазоры в подшипниках левого гребного вала при освидетельствовании:

- в кронштейне – 1,50 мм (предельные – 3,8 мм);
- в кормовом – 1,25 мм (предельные 3,8 мм).

Центровка гребного вала (с редуктором):

верх-низ		борт-борт
смещение	0	0,01 мм
излом	0,09	0,02 мм/м.

По результатам освидетельствования вала – состояние «годное» (Акт МРС № 07.02847.294 от 24.10.2007 г.).

С 1994 г. судно под флагом МРС.

Для установления причин разрушения левого гребного вала судовладельцем предоставлена часть вала (далее по тексту «вырезка») длиной 70 мм от поверхности излома, отрезанная механически.

Основные события, предшествующие разрушению вала:

- последнее до аварии освидетельствование – 24.10.2007 г., п. Пусан;
- наматывание сети на гребной винт – 8.04.2009 г.;
- работа гребной установки после удаления сети до аварии с 13.04.2009 г. по 3.05.2009 г., когда произошло разрушение гребного вала (20 сут).

Наработка левого валопровода (максимальная) при номинальной частоте вращения за указанный выше период времени составила $t = 480$ ч. Тогда число циклов изгибающего момента с частотой f_1 1-го порядка составляет

$$N_u = t \times 24 \times 3600 \times f_1 = 1,037 \times 10^7 \text{ циклов.}$$

Необходимо учитывать, что на промысле коэффициент технического использования главных двигателей на режиме полного хода составляет не более 0,5. Постановка промыслового оборудования и сам режим лова выполняется на малом и среднем ходах. Поэтому количество циклов, определенное выше, необходимо редуцировать с коэффициентом 0,7. В таком случае реальное число циклов действия изгибающего момента составит

$$N_d = 0,7 N_u = 0,7 \times 10^7.$$

Полученное значение значительно меньше порогового значения при расчетах усталостной прочности сталей – 2×10^7 . Этот факт свидетельствует о том, что разрушение гребного вала произошло от малоцикловой усталости, т.е. при значениях циклических нормальных напряжений от изгиба вала значительно выше предела усталости.

При анализе факторов, вызвавших разрушение вала, проведены следующие исследования:

- выполнен расчет неспецификационных нагрузок на гребной вал;
- определены марки материалов;
- произведен анализ строения наплавки;
- выполнен ультразвуковой контроль качества наплавки;
- произведен фрактографический анализ.

Оценка неспецификационных нагрузок на гребной вал

К неспецификационным нагрузкам, действующим на гребной вал, следует отнести усилия на гребном винте при наматывании дели сети. При этом действует радиальная нагрузка на винт от натяжения сети, переводя работу гребной установки на более крутую винтовую характеристику со значительным снижением частоты вращения валопровода и дизеля. В нашем случае номинальная частота вращения – 1500 мин^{-1} – снизилась до 500 мин^{-1} .

Крутящий момент, передающийся от дизеля на валопровод с учетом потерь мощности в редукторе, составит

$$M_e = N_e / \omega = 505 \times 1,36 \times 75 / 2\pi f_1 = 1366 \text{ кгм,}$$

где $N_e = N_n \eta_p = 537 \times 0,94 = 505 \text{ кВт}$, $\omega = 2\pi f_1 = 37,7 \text{ с}^{-1}$, здесь $f_1 = 6 \text{ Гц}$ – частота 1-го порядка валопровода при номинальной частоте вращения, равной 360 мин^{-1} .

Крутящий момент при наматывании сети на винт определяется с учетом ограничительной характеристики дизеля при частоте вращения коленчатого вала 500 мин^{-1} (мощность равна $0,5 N_n$) равен

$$M_{500} = N_{500} / \omega = 252,5 \times 1,36 \times 75 / 2\pi f_1 = 2049 \text{ кгм},$$

где $N_{500} = 252,5 \text{ кВт}$, $\omega = 2\pi f_1 = 12,57 \text{ с}^{-1}$, здесь $f_1 = 2 \text{ Гц}$ – частота 1-го порядка валопровода при частоте вращения, равной 120 мин^{-1} .

Радиальная сила, действующая на гребной винт, при наматывании сети равна

$$R = M_{500} / r = 2049 / 0,835 = 2454 \text{ кг},$$

где $r = 0,835 \text{ м}$ – радиус гребного винта.

При вращении гребного винта радиальная сила R , действующая перпендикулярно к оси вала, вызывает изгибные циклические напряжения во всех сечениях валопровода как многоопорной неразрезной балки с заделкой в сечении фланцевого соединения с муфтой вала редуктора (значительно большего сечения). Подшипниковые опоры валов (3 шт.) в расчетной схеме заменяются шарнирами, так как в них большие зазоры (более 1 мм).

Изгибающий момент от радиальной силы, действующий на концевой вал, равен

$$M_u = R \times L = 2454 \times 0,643 = 1578 \text{ кгм},$$

где $L = 0,643 \text{ м}$ – расстояние от центра конуса винта до центра подшипника в кронштейне.

Напряжения от изгиба в сечении вала диаметром 152,4 мм равны

$$\sigma = M_u / W = 157800 / 172 = 915 \text{ кг/см}^2,$$

где $W = 172 \text{ см}^3$ – момент сопротивления рассматриваемого сечения.

Напряжения кручения в том сечении вала, диаметром 152,4 мм,

$$\tau = M_{500} / W_p = 204900 / 344 = 595 \text{ кг/см}^2,$$

где $W_p = 344 \text{ см}^3$ – полярный момент сопротивления рассматриваемого сечения.



Рис. 1. Общий вид вырезки
и излома
Fig. 1. General view of break
and cutting

Суммарные напряжения в сечении от изгиба и кручения равны

$$\sigma_c = (\sigma^2 + 4 \tau^2)^{0,5} = (915^2 + 4 \times 594^2)^{0,5} = 1500 \text{ кг/см}^2.$$

Концентрация напряжений в галтелях вала – переход с диаметра 165 мм на 152,4 мм при радиусе 10 мм – оценивается коэффициентом концентрации, равным 1,3 [8]. Значительно выше концентрация напряжений в районах коррозионных разрушений вала (язвенная коррозия), что наблюдается на носовой шейке (рис. 2, 3).

Рабочая поверхность вырезки имеет значительные коррозионные повреждения в виде язвенной коррозии (рис. 2, а, б).



а



б

Рис. 2. Коррозионные повреждения рабочей поверхности:
а, б – язвенная коррозия глубиной до 8 мм в пределах наплавленного слоя
Fig. 2. Corrosive damage of of working face (*Ulcerous corrosion has depth up 8 mm in the limits of built-up layer*)

Определение марок сталей

Марки сталей определялись с целью уточнения их химического состава (процент содержания легирующих элементов) и соответствия американским или отечественным стандартам, что даёт возможность установить исполнителя наплавки носовой дейдвудной шейки гребного вала и примерный срок выполнения этой технологической операции (до 1994 г. или после, когда судно было приобретено русским судовладельцем).

Для определения марки материалов гребного вала и наплавки проводился спектральный полуколичественный анализ – стилоскопирование и химический анализ металла гребного вала. Установлено, что металл наплавки содержит около 18 % хрома и 10 % никеля, 1,5 % марганца и 2 % молибдена. Следы титана и ниобия отсутствуют. Материал наплавки соответствует марке стали X18H10M2, наплавочный материал ER316 или ER316L по AWS A5.9. Титан и ниобий вводятся в стали подобного класса для стабилизации коррозионной стойкости.

В материале гребного вала легирующие элементы не выявлены. По результатам химического анализа установлено, что содержание кремния составляет 0,21 %, углерода – 0,26 %. Материал гребного вала соответствует стали 25, американский аналог – low carbon steel grade 2.

Определение твердости и прочностных характеристик сталей

Для оценки прочностных характеристик металлов вала и наплавки проведено измерение твердости по Бринеллю. Условия измерения – испытательная нагрузка 3000 кг, диаметр стального шарика 10,0 мм, время выдержки под нагрузкой 10 с. Оценка прочностных характеристик проводилась по формулам пересчета [3,4]. Установлено, что средняя твердость материала вала составляет 153 НВ, материала наплавки – 229 НВ. Временное сопротивление материала вала R_m – 520 МПа, предел текучести $R_{p0,2}$ – 340 МПа. Временное сопротивление материала наплавки R_m – 680 МПа, предел текучести $R_{p0,2}$ – 500 МПа.

Полученные результаты использовались для расчета на прочность.

Анализ строения наплавленного слоя

Для изучения строения наплавки выполнялся металлографический анализ макрошлифа на участке предоставленной вырезки. Выявление макроструктуры проводилось электрохимическим травлением в растворе щавелевой кислоты. Установлено, что наплавка выполнена в четыре слоя с механической обработкой каждого слоя перед нанесением последующих слоев. Наибольшее отличие в травимости выявлено между первым и вторым, а также третьим и четвертым слоями. Отсчет слоев – от основного металла вала.

Для оценки механических свойств слоев наплавки проводилось измерение микротвердости с испытательной нагрузкой 200 г.

Установлено, что микротвердость находится в пределах 216-242 HV_{0,2}.

Существенной разницы твердости слоев не выявлено.

Ультразвуковой контроль качества наплавленного слоя

Ультразвуковым контролем нарушения сплошности наплавки и отслоения наплавки от основного металла на вырезке не выявлено. Структурные шумы наибольшей амплитуды выявлены по границе четвертого и третьего слоев наплавки. Отсчет слоев – от основного металла вала (рис. 3).

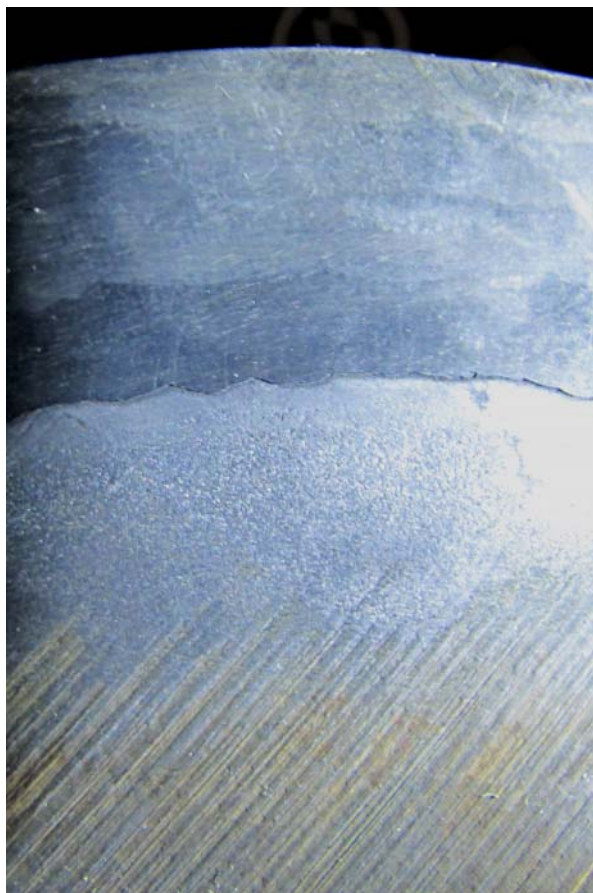


Рис. 3. Макрошлиф. Строение наплавки
(просматриваются 4 слоя)
Fig. 3. Microsection. Costruction of overlaying
(There are 4 lays)

Фрактографический анализ

Перед проведением анализа поверхность излома очищалась раствором уксусной кислоты.

Расположение поверхности излома перпендикулярно оси вала характерно при действии циклических изгибных напряжений.

Линии останковки трещины, являющиеся признаками действия циклических нагрузок и усталостного разрушения, выявлены в двух зонах излома:

- от наружного диаметра в четвертом слое наплавки, глубина зоны – около 3 мм;
- от линии сплавления с углеродистой сталью на глубину около 6 мм.

Разрушение 1-3-го слоев наплавки произошло под действием динамической нагрузки.

Зарождению трещины в опасном сечении способствовали коррозионные повреждения – коррозионно-усталостный механизм.

По результатам обследования вырезки вала установлена следующая динамика разрушения вала:

- 1) начало разрушения – зарождение коррозионно-усталостной трещины в верхнем слое наплавки (рис. 4);
- 2) временное торможение трещины в межваликовой зоне термического влияния вследствие увеличения прочности этой зоны по сравнению с прочностью наплавки;
- 3) разрушение внутренних слоев наплавки под воздействием непроектной динамической нагрузки;

4) торможение разрушения под влиянием двух факторов – окончания динамического воздействия и перехода в более мягкую и вязкую зону термического влияния в углеродистой стали;

5) распространение усталостной трещины в углеродистой стали при воздействии проектных нагрузок при наличии изгиба вала после динамического воздействия;

6) долом под воздействием изгибных напряжений, затем напряжений скручивания. Зона скручивания имеет прямоугольную форму с отношением сторон 1:3 и смещена от центра, что свидетельствует о наличии прогиба вала.

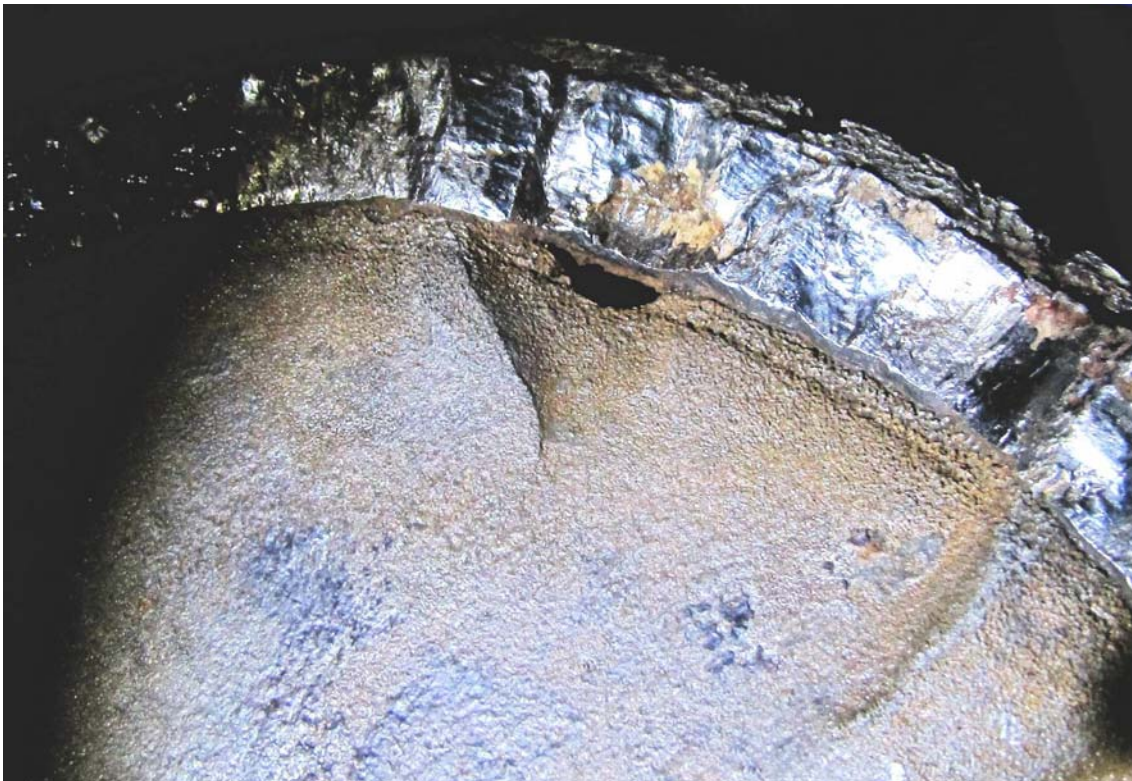


Рис. 4. Зоны зарождения и развития трещины
Fig. 4. Areas of initiation and crack propagation

Отношение остаточных площадей излома к общей площади следующее:

- после зарождения трещины – 93 %;
- после динамического воздействия – 69 %;
- после циклического развития в углеродистой стали – 56 %;
- после долома под воздействием изгибных напряжений – 4 %.

Следует также принять во внимание повышенную прочность наплавки по сравнению с основным металлом.

Выводы по результатам исследований:

1. Основной причиной разрушения левого гребного вала считаем неспецификационную нагрузку на вал, вызванную намотанной сетью и вызвавшую значительные изгибные напряжения в вале.

2. Наплавленная нержавеющая сталь на носовой шейке вала толщиной около 15 мм (с учетом фрикционного и коррозионного износа) соответствует по химическому составу приведенным на чертеже американским сталям.

3. Зарождение коррозионно-усталостной трещины произошло в зоне концентрации напряжений в галтели наплавленной нержавеющей стали и границе проточки основного материала (с диаметра 152,4 мм до 135 мм), что явилось «технологическим» концентратором напряжений с точки зрения остаточных сварочных напряжений.

4. Дальнейшее развитие трещины происходило под действием значительных циклических изгибных напряжений от неспецификационной нагрузки.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007. Металлы и сплавы. Измерение твердости по Виккерсу. Ч. 1. Метод измерения.

2. ГОСТ 9012-59 (СТ СЭВ 468-88). Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю.

3. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия.

4. РД ЭО 0027-2005. Руководящий документ. Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных станций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.

5. ГОСТ 1050-88. Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат, калиброванная сталь.

6. ОСТ 5. 9287-78. Детали стальные изделий судового машиностроения и приборостроения, термически обработанные. Технические требования, правила приемки и методы испытания.

7. Надежность в машиностроении: справ. [Текст] /под общ. ред. В.В. Шашкина, Г.П. Карзона. – СПб.: Политехника, 1992.

8. Судовые установки с двигателями внутреннего сгорания [Текст] / В.А. Ваншейдт и др. – Л.: Судостроение, 1978.

9. Сюрвейерский отчет №01-064-09/AR/az/ M/V «К. Эмеральда».

10. Струтынский А.В. Оценка технического состояния сварного промежуточного вала судна [Текст] / А.В. Струтынский, С.А. Худяков // Исследования по повышению эффективности судостроения и судоремонта: сб. науч.тр. / под ред. Г.П. Турмова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – Вып. 46. – С. 294-298.

Сведения об авторах: Струтынский Александр Владимирович, старший преподаватель; Худяков Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, профессор, e-mail: rogulin@msun.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 664.95

В.Д. Богданов, И.И. Пархутова

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ ЗАЛИВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ГИДРОБИОНТОВ

Исследованы способы получения гелеобразующих заливок при производстве кулинарных изделий из гидробионтов. Разработана новая гелеобразующая заливка, на основе которой получен новый ассортимент кулинарной продукции.

Ключевые слова: кулинарная продукция, структурорегулирующие композиции, гидробионты, гелеобразующая заливка, агар, альгинат натрия.

V.D. Bogdanov, I.I. Parhutova

USE GELLING POURING BY MANUFACTURE OF CULINARY PRODUCTS FROM SEAFOOD'S

Ways of reception gelling pouring by manufacture of culinary products from seafood's are investigated. Gelling pouring on which basis the new assortment of culinary production is received is developed new.

Key words: culinary production, structure-ruling composition, seafood's, gelling pouring, agar, alginate Na.

Введение

Одним из основных направлений государственной политики в области питания является разработка технологии качественно новых продуктов, обладающих высокими пищевыми свойствами, биологической ценностью, а также удовлетворяющих потребность человека в сбалансированном и рациональном питании. Для этого необходимо тщательно изучать уже разработанные технологии, выявлять недостатки последних и учитывать при внедрении новых технологий. Во многих случаях при создании новых пищевых продуктов используют специальные вещества, составляющие группу структурообразователей, придающих продукту нужные форму и консистенцию, в частности, гелеобразователи [1].

Это создаёт предпосылки для исследования использования гелеобразующих заливок при производстве кулинарных изделий из гидробионтов, а также при разработке новых рецептур.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований является рассмотрение использования гелеобразующих заливок при производстве кулинарных изделий из гидробионтов как по традиционным, так и по вновь разрабатываемым технологиям.

При проведении исследований применялись следующие методы. Определение содержания липидов, белка, углеводов, минеральных веществ, соли, влаги проводили

стандартными методами по ГОСТ 7636-85 [2]. Относительную биологическую ценность контролируемых продуктов определяли методом ОБЦ на живой клетке простейших класса *Ciliata* инфузории *Tetrahymena pyriformis* в соответствии с методикой А.Д. Игнатьева, А.С. Мягкова и др. [3]. Угнетение подвижности, гибель единичных особей или их деформация свидетельствуют о токсичности продукта [4]. Микробиологическая оценка качества кулинарной продукции в процессе хранения проводилась по стандартным показателям величины КМАФАнМ, наличию патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Отбор проб исследуемых объектов, подготовку проб к микробиологическим анализам, их проведение осуществляли в соответствии с ГОСТ 26668-85, 26669-85, 10444.2-94, 10444.3-93, 10444.4-94, 29185-91, Р 50474-93, Р 50480-93 [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Результаты и их обсуждение

В технологиях производства пищевой продукции из гидробионтов существует ряд способов получения гелеобразующей заливки. Одним из них является способ получения гелеобразующей заливки на основе полифункционального коллагенового препарата. Недостатки этого способа – низкая температура плавления, длительность и сложность процесса получения полифункционального коллагенового препарата [13].

Известен способ получения гелеобразующей заливки на основе казеината натрия. Для приготовления заливки казеинат натрия растворяют в рыбном бульоне, вносят щелочной раствор (NaOH, KOH) с целью получения растворимой формы казеината натрия [14]. Недостатками этого способа являются низкая температура плавления при высоком содержании дорогостоящего вносимого структурообразователя – казеината натрия, использование для варки бульона только кожи рыб, а также применение химических препаратов при производстве заливки.

Существует способ получения гелеобразующей заливки на основе рыбных бульонов с применением желатина [15]. Это классическая технология производства заливной рыбы. Недостатками данного способа являются большой расход желатина для получения желе, а также низкая температура плавления желе (22 °С – установлено в ходе собственных экспериментов).

На основе проведённых исследований разработана гелеобразующая заливка с высокой температурой плавления, улучшающая структурные свойства продукта, придающая готовому изделию профилактические и диетические свойства. Для приготовления заливки используют рыбный бульон из коллагенсодержащих рыбных отходов, агара и альгината натрия.

Использование в качестве одного из гелеобразующих компонентов агара позволяет получить гель с высокой температурой плавления – от 30 до 34 °С. Увеличение температуры плавления готового геля позволяет более широко использовать готовую продукцию для реализации в розничных сетях и сетях общественного питания.

Введение альгината натрия позволяет получить гель с хорошими структурно-механическими свойствами – мягкой, нежной, пластичной консистенцией.

Кроме того, применение агара и альгината натрия позволяет получить продукт с профилактическими свойствами. Обволакивающие свойства агара являются полезными для лечения изжоги и обусловленных рефлексом расстройств, он нормализует пищеварение, способствует обмену веществ и выведению из организма тяжелых металлов, облегчает работу печени, полезен для щитовидной железы из-за содержания в нем йода. Разбухающие вещества сырья не разлагаются ни в кислой среде желудка, через которую проходят очень быстро, ни в щелочной среде кишечника, а в результате сильного разбухания увеличивают содержимое кишечника, что и вызывает его перистальтику.

Таким образом, агар действует как мягкое слабительное средство. Агар содержит кальций, магний, железо, медь, витамины Е, К и В5, цинк. Использование альгината натрия в дозе 15-20 мг/кг в сутки способствует выводу из организма тяжёлых металлов [16].

Применение полученной гелеобразующей заливки в производстве заливной рыбы позволяет значительно улучшить её качественные характеристики. Сравнительные характеристики качества заливной рыбы, приготовленной по классической технологии и полученной с применением новой гелеобразующей заливки, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики качества заливной рыбы

Table 1

Comparative characteristics of quality of a jellied fish

Наименование показателя	Рыба заливная по классической технологии	Рыба заливная опытный образец
Консистенция	Очень мягкая, нежная	Мягкая, нежная
Температура плавления студня	24 °С	34 °С
Наличие профилактических свойств	Нет	Да

На рис. 1 представлено изменение микробиологических показателей в процессе хранения при производстве классической заливной рыбы и полученной с применением новой гелеобразующей заливки.

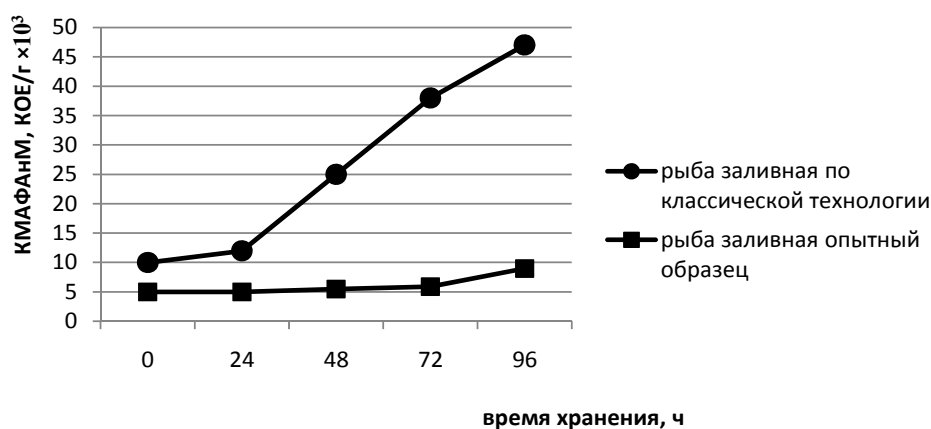


Рис. 1. Изменение микробиологических показателей в процессе хранения

Fig. 1 Change of microbiological indicators in the course of storage

В результате проведённых исследований выявлено, что применение комплексного гелеобразователя агар-альгинат натрия в отличие от желатина позволяет снизить показатели микробиологической обсеменённости продукта в процессе хранения более чем в два раза. Это связано с природой гелеобразователя – агар и альгинат являются структурообразователями полисахаридной природы, а желатин – белковой.

На основе полученной гелеобразующей заливки разработан новый ассортимент кулинарной продукции – рыба заливная «По-приморски», пудинг «Пикантный», пудинг «Мраморный», пудинг «Изумрудный», суфле «Морской бриз». Данная продукция обладает хорошими органолептическими, а также диетическими и профилактическими свойствами. Показатели качества новых видов продукции представлены в табл. 2.

Таблица 2

Органолептические и физико-химические показатели

Table 2

Visual and physical and chemical qualitative characteristics

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид: рыбы заливной «По-приморски» пудинга «Пикантный» пудинга «Мраморный» пудинга «Изумрудный» суфле «Морской бриз»	Кусочки рыбы, овощей полностью покрыты гелеобразующей заливкой. Гелеобразующая заливка однородная, прозрачная, допускается незначительное помутнение от взвешенных частиц рыбы Однородные, с наличием вкраплений морской капусты, поверхность чистая влажная. Не допускается расслоение пудингов, наличие кусочков рыбы Однородное, с наличием кусочков морепродуктов, поверхность чистая влажная. Не допускается расслоение суфле, наличие кусочков рыбы
Цвет: гелеобразующей заливки рыбы заливной «По-приморски» пудинга «Пикантный» пудинга «Мраморный» пудинга «Изумрудный» суфле «Морской бриз»	От светлого до жёлтого различных оттенков, кроме тёмного Светлый, с сероватым оттенком с вкраплениями чёрного и красного перцев Светлый, с сероватым оттенком с тёмными вкраплениями морской капусты Тёмно-зелёный для пудинга Светлый, с кремовым оттенком
Консистенция: рыбы заливной «По-приморски» пудингов и суфле	От нежной, сочной до плотной, допускается лёгкая разваренность тканей Нежная, сочная, упругая, плотная
Вкус и запах	Приятные, свойственные данному виду продуктов, без порочащего запаха и вкуса
Массовая доля составных частей, %: рыбы заливной: рыбы гелеобразующей заливки (вместе с овощами) суфле: морепродуктов гелеобразующей заливки (вместе с фаршем)	40 60 25 75
Массовая доля влаги, %, не менее	80,0
Массовая доля хлорида натрия, %, не более	2,0
Наличие посторонних примесей	Не допускается

Химический состав и энергетическая ценность разработанной кулинарной продукции из гидробионтов представлены в табл. 3.

С целью установления сроков годности кулинарной продукции из гидробионтов исследовались микробиологические показатели в процессе хранения при температуре 0...-6 °С.

Изменение микробиологических показателей кулинарной продукции представлено на рис. 2.

Таблица 3

**Химический состав и энергетическая ценность
кулинарной продукции из гидробионтов**

Table 3

The Chemical compound and power value of culinary production from seafoods

Наименование продукции	Содержание в 100 г продукта, г				Энергетическая ценность, ккал
	Белки	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества	
Рыба заливная «По-приморски»	10,1	2,31	0,74	1,15	64,15
Пудинг «Пикантный»	10,8	0,69	3,07	1,24	61,69
Пудинг «Мраморный»	10,4	0,53	3,05	1,42	58,57
Пудинг «Изумрудный»	4,4	0,1	1,48	0,62	24,42
Суфле «Морской бриз»	11,6	0,46	0,21	1,05	51,38

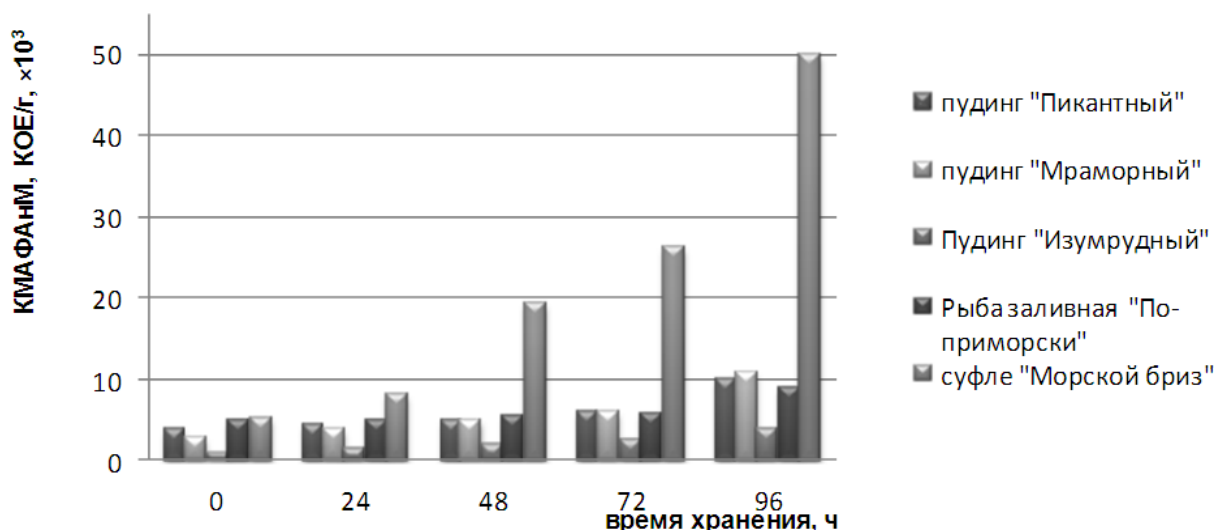


Рис. 2. Изменение микробиологических показателей кулинарной продукции
в процессе хранения

Fig. 2. Change of microbiological indicators of culinary production in the course of storage

В результате проведенных микробиологических исследований было установлено, что все виды кулинарной продукции, за исключением суфле «Морской бриз», безопасны на протяжении всего периода хранения (96 ч). Скачок роста микроорганизмов для суфле «Морской бриз» наблюдается после 72 ч хранения и достигает критического значения, что не позволяет продлить срок годности данного вида продукции более 72 ч.

Выводы

Таким образом, использование полученных гелеобразующих заливок как в традиционных, так и во вновь разрабатываемых технологиях рыбных продуктов позволит улучшить качественные характеристики готовых изделий, расширить их ассортимент, наиболее рационально использовать белковое сырье рыбного происхождения.

Список литературы

1. Богданов В.Д. Рыбные продукты с регулируемой структурой [Текст] / В.Д. Богданов. – М.: Мир, 2005. – 310 с.
2. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. Введ. 01.01.86. – М.: Госстандарт, 1988. – 133 с.
3. Игнатъев А.Д. Методические указания к проведению биологической оценки кормов и пищевых продуктов [Текст] / А.Д. Игнатъев, А.С. Мягков и др. – М.: МТИММП, 1980. – 71 с.
4. Гомбоева С.В. Основы экотоксикологии [Текст]: методические указания к выполнению лабораторного практикума и СРС для студентов специальности 240901 «Биотехнология» / С.В. Гомбоева, Е.Г. Инешина. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 60 с.
5. ГОСТ 10444.2-94. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества *Staphylococcus Aureus*. Введ. 01.01.96. – Минск: Изд-во стандартов, 1995. – 11 с.
6. ГОСТ 10444.3-93. Продукты пищевые. Методы определения мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Введ. 01.07.93. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 10 с.
7. ГОСТ 10444.4-93. Продукты пищевые. Метод определения мезофильных анаэробных микроорганизмов. Введ. 01.07.93. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 7 с.
8. ГОСТ 26668-85. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов. Введ. 01.07.87. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
9. ГОСТ 26669-85. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов: Введ. 01.07.86.1. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
10. ГОСТ 29185-91. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества сульфитредуцирующих клостридий. Введ. 01.01.93. – М.: Изд-во стандартов, – 1992. – 9 с.
11. ГОСТ Р 50480-93. Продукты пищевые. Методы выявления бактерий рода *Salmonella*. Введ. 01.01.94. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 13 с.
12. ГОСТ Р 50474-93. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Введ. 01.01.94. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 8 с.
13. Пат. № 2077225 RU, МПК6 А 23 L 1/06. Способ получения желированного пищевого продукта / Е.С. Вайнерман, Е.А. Курская, В.К. Кулакова, Л.А. Павлова. – № 94023736/13; Заявлено 23.06.94; Оpubл. 20.04.97.
14. Данкбарас И.В. Разработка технологии производства рыбы в желейной заливке с использованием казеината: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2006. – 123 с.
15. Борисочкина Л.И. Производство рыбных кулинарных изделий [Текст] / Л.И. Борисочкина, А.В. Гудович. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 66-69.
16. Пат. № 2139713 РФ. Способ лечения нефропатий в экологически неблагоприятных условиях у детей / М.С. Игнатова, И.М. Османов, Е.А. Харина и др. – Заявлено 16.09.96; Оpubл. 20.10.99. – Бюл. № 29.

Сведения об авторах: Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, первый проректор – проректор по научной работе;
Пархутова Инга Ильдусовна, аспирант, e-mail: nezabuudka@mail.ru.

УДК 664.952 + 664.951

В.Д. Богданов¹, Е.М. Пустовалова²¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б²Камчатский государственный технический университет,
683002, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЫБНОГО ФАРША ИЗ РЫБ
С ПОНИЖЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТЬЮ**

Внесение структурорегулирующих добавок способствует улучшению функционально-технологических свойств фарша из тихоокеанских лососей с нерестовыми изменениями.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, нерестовые изменения, фарш, пищевая ценность, пищевые добавки.

V.D. Bogdanov, E.M. Pustovalova**THE ENHANCING OF QUALITY OF THE MINCED FISH FROM THE FISHES
WITH LOW NUTRITIONAL VALUE**

The entering of the structure regulating supplementations improves the functional and technological properties of the minced fish from the Pacific salmon meat with spawning changes.

Key words: pacific salmon, spawning changes, minced fish, nutritional value, food supplements.

Рыбный фарш является отличным сырьем, позволяющим постоянно расширять ассортимент пищевых продуктов с хорошими потребительскими свойствами. Вариабельность рецептур фаршевых изделий зависит только от фантазии производителя и умения применять необходимые технологические приемы. В этой связи важной является возможность «откорректировать» свойства фарша под воздействием различных структурообразователей. Особенно это касается тех видов рыб, которые либо в связи со своим химическим составом, либо с физиологическими изменениями в течение преднерестового периода имеют пониженные функционально-технологические свойства мяса. Эти слова относятся к тихоокеанским лососям в преднерестовый период. Для разработки рецептуры фаршевых изделий из подобного сырья возникает необходимость провести ряд экспериментов по подбору структурообразователя, внесение которого не только позволит улучшить структуру фарша, но и не отразится на вкусоароматических показателях готового продукта.

В качестве объекта исследований использовали кету с явными признаками нерестовых изменений (III стадия), из которой изготавливали фарш. Как описано ранее авторами, в этой стадии наблюдается незначительное ухудшение органолептических свойств мяса (рис. 1), которое является следствием изменений химического состава мышечной ткани рыбы.

Для оценки влияния пищевых добавок на фарш кеты с нерестовыми изменениями исследо-

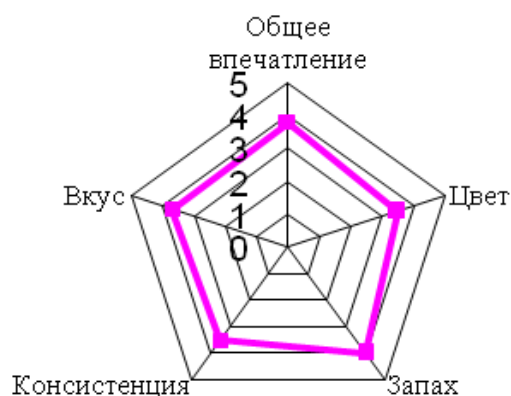


Рис. 1. Органолептические показатели мышечной ткани кеты в III стадии нерестовых изменений

Fig. 1. The organoleptic characteristics of the muscle tissue of chum salmon meat with the spawning changes of 3rd stage

ваны такие показатели, как ПНС, водо- и жиропоглощительная способность. Определение водо- и жиропоглощительной способности фарша проводили по методу Смита. Пределное напряжение сдвига (ПНС) определяли на приборе «Структурометр СТ-1М». В качестве структурорегулирующих добавок использовали кукурузную, пшеничную и рисовую муку.

Результаты исследования указаны на рис. 2-4.

Как показано на рис. 2, все используемые добавки способствуют увеличению ПНС. Наибольшее влияние имеет кукурузная мука (значение ПНС увеличилось на 70 %), наименьшее – рисовая мука (значение ПНС увеличилось на 40 %). Однако при добавлении кукурузной муки свыше 6 % от массы фарша наблюдается специфический привкус, что, на наш взгляд, отрицательно сказывается на общей оценке продукта.

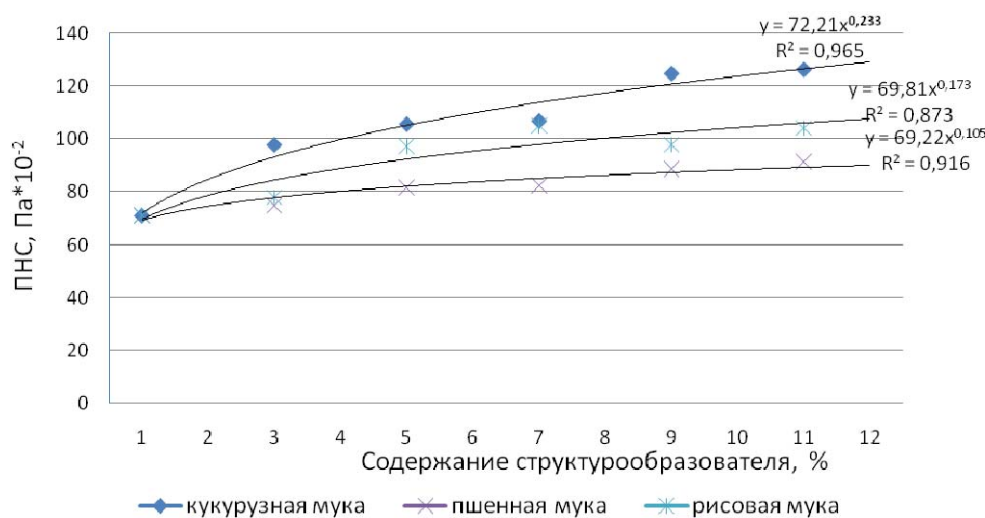


Рис. 2. Изменение ПНС фарша кеты при внесении пищевых добавок
 Fig. 2. The change of CSS (critical shear stress) of minced salmon during the food supplements addition

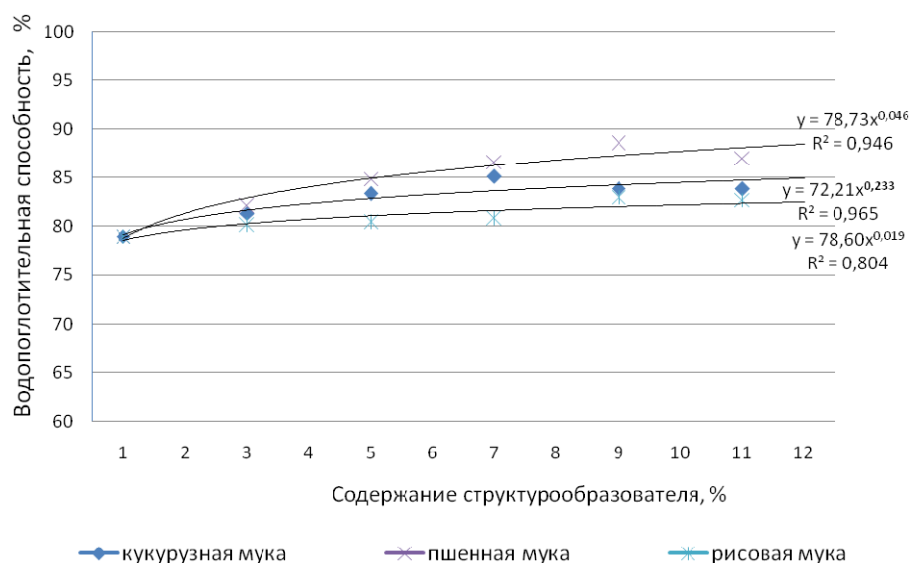


Рис. 3. Изменение водопоглощительной способности фарша кеты при внесении пищевых добавок
 Fig. 3. The change of water absorption ability of minced salmon during the food supplements addition

Внесение вышеперечисленных пищевых добавок увеличивает водопоглотительную способность фарша (см. рис. 3). В среднем ВПС увеличивается на 15 %. Наибольшее влияние на ВПС оказывает пшеничная мука, наименьшее – рисовая мука. Положительное действие структурообразователей позволит сохранить сочную консистенцию продукта при дальнейшей термообработке.

Что касается изменения жиропоглотительной способности фарша, то из рис. 4 следует, что внесение кукурузной и пшеничной муки увеличивает этот показатель незначительно, а в случае добавления рисовой муки даже снижает его. Поэтому для улучшения жиропоглотительной способности в создаваемой рецептуре будет использован другой компонент.

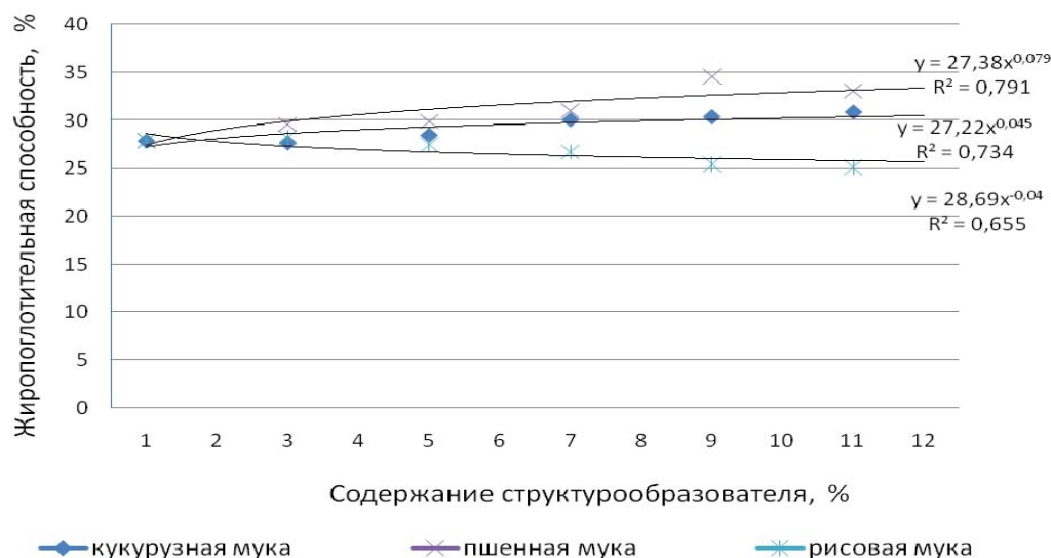


Рис. 4. Изменение жиропоглотительной способности фарша кеты при внесении пищевых добавок

Fig. 4. The change of fat absorption ability of minced salmon during the food supplements addition

Подводя итоги работы, отметим, что при внесении таких структурорегулирующих добавок, как кукурузная, пшеничная и рисовая мука наблюдается улучшение функционально-технологических свойств рыбного фарша (ПНС, водо- и жиропоглотительной способности). Это позволит создать продукт с хорошей консистенцией, несмотря на пониженную пищевую ценность сырья.

Список литературы

Пустовалова Е.М. Влияние брачных изменений тихоокеанских лососей на функционально-технологические свойства их мышечной ткани [Текст] / Е.М. Пустовалова, В.Д. Богданов // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 391-399.

Сведения об авторах: Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, первый проректор – проректор по научной работе;

Пустовалова Евгения Михайловна, аспирант, e-mail: pustovalovaem@mail.ru.

УДК 664.95

В.В. Давидович¹, Ю.М. Позднякова²

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

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ИССЛЕДОВАНИЕ НУКЛЕОТИДНОГО СОСТАВА ГОНАД ДВУСТВОРЧАТЫХ И ГОЛОВОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ В КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ГИДРОБИОНТОВ

В современных комплексных технологиях переработки гидробионтов вторичное сырье рекомендуется направлять преимущественно на производство кормов. Наряду с получением традиционных пищевых и кормовых продуктов, интерес вызывает получение из различных тканей и органов гидробионтов биологически активных добавок.

Ключевые слова: биологически активные добавки, гидробионты, дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), олигонуклеотиды.

V.V. Davidovich, U.M. Pozdnyakova THE RESEARCH OF NUCLEOTIDE COMPOSITION OF GONADS' FOLDING MOLLUSKS AND CEPHALOPODA IN THE COMPLEX PROCESS OF GYDROBIONTS

The modern complex technologies of processing gydrobionts, second raw materials are recommended to direct, mainly, at the forages' production. Along with the production of traditional food and forage products, the production of biologically active additives from the different tissues and gydrobionts' organs cause interest.

Key words: biologically active additives, gydrobionts, desoxyribonucleic acid (DNA), oligonucleotides.

В настоящее время особый интерес, наряду с получением традиционных пищевых продуктов, вызывает производство биологически активных добавок из различных тканей и органов гидробионтов. Одним из перспективных источников являются моллюски.

Для моллюсков характерен большой спектр необходимых организму человека биологически активных компонентов: микроэлементов, витаминов, хорошо усвояемых жиров, высокое содержание белка и свободных аминокислот [1, 2]. В состав гонад моллюсков кроме белковых компонентов входят нуклеиновые кислоты, достигающие от 1 до 3 % от массы сырья [3, 4].

Дезоксирибонуклеиновая кислота и ее низкомолекулярные производные являются перспективными лекарственными средствами и биологически активными пищевыми добавками [3, 5, 6]. Препараты, содержащие ДНК и ее низкомолекулярные производные, обладают высокой биологической активностью: противовирусным, онкопротекторным, иммуномодулирующим действием. Известны работы по выделению олигонуклеотидов из молок лососевых рыб с помощью ферментативного гидролиза [3, 6].

Целью настоящей работы явилось исследование гонад двустворчатых и головоногих моллюсков как потенциального источника получения БАД, основанных на биологической активности входящих в состав нуклеиновых кислот.

Объекты и методы исследований

В работе использовали гонады (молоки и икра) приморского гребешка (*Patinopecten yessoensis*) и кальмара бартрама (*Ommastrephes bartrami*). Для характеристики образцов применяли следующие методы анализа: удельную активность кислых и щелочных дезоксирибонуклеаз определяли по количеству кислоторастворимых олигонуклеотидов, образующихся в процессе ферментативного гидролиза нативной ДНК [8], удельную активность щелочных и кислых протеаз определяли по методу Е.Д. Каверзневой [9], количественное содержание ДНК в сырье определяли по методу Дише [10].

В качестве субстратов для определения нуклеазной активности использовали ДНК («ICN», США).

Содержание ДНК является основным показателем при оценке сырья по пригодности его для получения ДНК-содержащих препаратов. К наиболее перспективным относятся морские объекты, в гонадах которых содержание ДНК составляет не менее 4,5 %, перспективные – с содержанием ДНК в гонадах 3-4,5 % и неперспективными – с содержанием ДНК менее 3 % [3]. По содержанию ДНК оценивали репродуктивную ткань двустворчатых (приморский гребешок) и головоногих (кальмар бартрама) моллюсков. Для молок и икры приморского гребешка массовая доля ДНК составила 6,5 и 1,25 % соответственно, для молок и икры бартрама – 5,75 и 2,25 % соответственно.

Структура и функции половых органов морских беспозвоночных в целом аналогичны таковым у рыб. Гонады – органы, в которых происходит активный белковый обмен посредством протеиназ. Такие процессы, как пролиферация гамет, рост половых клеток, образование запасных питательных веществ и посленерестовая резорбция, происходящие на различных этапах гонадного цикла в половых клетках, естественно, затрагивают и белковый метаболизм [4]. В репродуктивных органах различных живых организмов, в том числе и беспозвоночных, присутствует широкий набор протеолитических ферментов, способных расщепить белковую молекулу до составляющих аминокислот.

При исследовании активности протеолитических ферментов, входящих в состав молок и икры приморского гребешка, было установлено, что удельная активность кислых протеаз в икре приморского гребешка выше, чем в молоках. Активность щелочных протеаз в гонадах гребешка практически не отличалась. В гонадах бартрама активность кислых протеаз несколько выше у икры, в молоках активность эндогенных протеолитических ферментов в пять раз выше, чем в икре (таблица).

Активность протеолитических и нуклеазных ферментов в гонадах моллюсков Activity proteolytic end nucleolytic enzymes in mollusks gonads

Объект	Дезоксирибонуклеазы, Е/г		Протеазы, Е/г	
	щелочные	кислые	щелочные	кислые
Молоки приморского гребешка	44,5	378,3	0,208	0,139
Икра приморского гребешка	74,16	866,8	0,155	0,625
Молоки бартрама	40,0	800,0	0,758	0,101
Икра бартрама	20,6	389,1	0,134	0,175

Кроме протеолитических ферментов в гонадах гидробионтов присутствуют нуклеолитические ферменты. Ю.М. Поздняковой (2003 г.) было обнаружено два вида дезоксирибонуклеаз: кислые (эндодезоксирибонуклеаза II) и щелочные Са-, Mg-зависимые.

Са-, Mg-зависимые дезоксирибонуклеазы широко распространены и обнаружены в клеточных ядрах различных тканей, таких, как печень, тимус, икра морских ежей, эмбрионов и прочих придаточных органах размножения [11]. Это наводит на мысль, что фермент вовлекается в процессы клеточной пролиферации. Биологическое значение этих ферментов полностью не изучено.

Активность кислых дезоксирибонуклеаз в молоках приморского гребешка в 8,5 раз выше, чем активность щелочных Са-, Mg-зависимых ДНКаз, причем в икре активность кислых ДНКаз превышала активность щелочных практически в 12 раз (см. таблицу).

В молоках и икре бартрама активность щелочных Са-, Mg-зависимых ДНКаз значительно выше, чем в репродуктивной ткани гребешка, кроме того, в молоках бартрама активность кислых протеаз в два раза выше, чем в икре (см. таблицу).

Таким образом, в качестве сырьевого источника для получения ДНК-содержащих препаратов можно предложить молоки приморского гребешка и кальмара бартрама благодаря высокому содержанию ДНК. Кроме того, высокая активность кислых ДНКаз и эндогенных протеаз, входящих в состав икры приморского гребешка, позволяют предположить новый спектр биологического действия для препаратов, полученных из данного вида сырья.

Библиографический список

1. Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения [Текст] / И.В. Кизеветтер. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 416 с.
2. Лебедев А.В. Азотистые экстрактивные вещества мышечной ткани беспозвоночных [Текст] / А.В. Лебедев // Журн. эволюц. биохим. и физиол. – 1974. – Т. 10. – С. 232-242.
3. Позднякова Ю.М. Технология биологически активных добавок к пище на основе ферментативного гидролиза гонад гребешка: дис. ... канд. техн. наук. – Владивосток: ФГУП «ТИНРО-Центр», 2003. – 126 с.
4. Мухин В.А. Белковые гидролизаты из отходов переработки морепродуктов [Текст] / В.А. Мухин, В.Ю. Новиков // Птицеводство. – 2002. – № 1. – С. 21-23.
5. Рыкова Е.Ю. Активирующее влияние ДНК на иммунную систему [Текст] / Е.Ю. Рыкова, П.П. Лактионов, В.В. Власов // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, № 2. – С. 160-171.
6. Давидович В.В. Оценка влияния эндогенных ферментов в биотехнологии переработки гонад гидробионтов [Текст] / В.В. Давидович, Ю.М. Позднякова // Современное состояние водных биоресурсов: материалы науч. конф., 25-27 марта 2008 г. – Владивосток, 2008. – 5 с.
7. Позднякова Ю.М. Исследование активности эндогенных и экзогенных ферментов при получении препаратов из молок различных видов рыб и моллюсков [Текст] / Ю.М. Позднякова, Т.Н. Пивненко, Л.М. Эпштейн, Ю.И. Касьяненко. – Владивосток: ФГУП «ТИНРО-Центр», 2001. – Т.129. – С. 197-202.
8. Гафуров Ю.М. Дезоксирибонуклеазы [Текст] / Ю.М. Гафуров. – Владивосток: Дальнаука, 1999. – 230 с.
9. Каверзнева Е.Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз [Текст] / Е.Д. Каверзнева // Прикладная биохимия и микробиология. – 1971. – Т. 7, № 2. – С. 225-228.
10. Северин С.Е. Практикум по биохимии [Текст] / С.Е. Северин, Г.А. Соловьева. – М.: МГУ, 1989. – 163 с.
11. Hashida T., Tanaka Y., Matsunami N., Yoshihara K., Kamiya T., Tanigawa Y., Koide S.S. Purification and properties of bull seminal plasma Ca, Mg – dependent endonuclease [Текст] // The Journal of Biological Chemistry. – 1982. – Vol. 257, № 21. – P. 13114-13119.

Сведения об авторах: Давидович Валентина Владимировна, кандидат технических наук, e-mail: davidvalentina@yandex.ru;

Позднякова Юлия Михайловна, кандидат технических наук, e-mail: pozdnyakova.julia@yandex.ru.

УДК 664.016/019

И.С. Ключкова

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ САПОНИНОВ ИЗ КОРНЕЙ *SAPONARIA OFFICINALIS* L.

*Исследование процессов экстракции из корней *Saponaria officinalis* L. методом настаивания при температуре 100 °С и методом реперколяции. Определение кратности заливки экстрагента (воды) при экстракции методом реперколяции с целью максимального извлечения действующих веществ (сапонинов,) сравнение технологических свойств экстрактов, полученных этими методами.*

Ключевые слова: экстракция, реперколяция, *Saponaria officinalis* L., сапонины, эмульгирующие свойства, пенообразующие свойства.

I.S. Klochkova

RESEARCH OF PROCESSES OF RECEPTION SAPONINS FROM ROOTS *SAPONARIA OFFICINALIS* L.

*Research of processes of extraction saponins from roots *Saponaria officinalis* L. an insisting method at temperature 100 °C and a method repercolation. Definitions of frequency rate of pouring water at an extraction a method repercolation for the purpose of the maximum extraction of operating substances (saponins). And comparison of technological properties of the extracts received by these methods.*

Key words: extraction, repercolation, *Saponaria officinalis* L., saponins, emulsifying properties, foam properties.

К сапонидам (от латинского слова «*sapo*» – мыло) относят вещества, водные растворы которых при стандартном встряхивании образуют обильную, стойкую пену. Они являются вторичными метаболитами растений, широко распространены в растительном мире и относятся к классу тритерпеновых и стероидных гликозидов, в структуре которых имеется определенное соотношение гидрофобных и гидрофильных групп, характерное для коллоидных поверхностно-активных веществ (ПАВ). При растворении в воде сапонины способны образовывать мицеллы, что позволяет использовать их в качестве природных эмульгаторов [1].

В России применение растительных сапонинов в пищевой промышленности ограничено. Официально разрешено использование сапонинов корней солодки (*Glycyrrhiza glabra* L.), колючелистника железистого (*Acanthophyllum glandulosum* В) и колючелистника качимовидного (*Acanthophyllum gypsophiloides* R) в качестве пенообразователя при производстве шипучих напитков и халвы. В связи с тем, что эти растения являются эндемиками для Средней Азии и многие из них занесены в Красную книгу, мы исследовали возможность использования сапонинов мыльнянки (*Saponaria officinalis* L.) в качестве пищевого растительного эмульгатора. Источником сапонинов были корни растения *Saponaria officinalis* L., интродуцированного в климатических условиях Приморского края. Растение разводится в культуре и в конце второго года культивирования дает высокий выход корневой массы (10 т с 1 га) с содержанием сапонинов 30-32 %, что делает растение перспективным сырьевым источником получения сапонинов, в том числе для использования в качестве растительного эмульгатора.

Ранее нами было установлено, что наилучшими пенообразующими и эмульгирующими свойствами обладали экстракты из корней мыльнянки (*Saponaria officinalis* L.) [2], полученные при экстрагировании корней методом настаивания (100 °С, 150 мин при гидромодуле 1:8) с размером частиц 5-10 мм. Содержание сухих веществ в экстракте составило 8 %, количество сапонинов 72 % от общей массы сухих веществ. Однако длительность процесса экстракции, повышенное содержание балластных веществ (полисахариды, слизи, белки и др.) и образование осадка при концентрировании раствора методом выпаривания отрицательно влияют на качество экстракта, снижая его функциональные свойства [3].

В связи с этим целью наших исследований явилось определение оптимального режима экстракции для получения растительного эмульгатора с наилучшими функционально-технологическими свойствами. Для решения этих задач проводили сравнительную характеристику экстрактов, полученных методом реперколяции и настаивания.

Для получения экстрактов из лекарственных растений обычно применяют противоточное экстрагирование в батарее из трех и более перколяторов. Для сокращения времени экстрагирования и улучшения качества экстракта в каждом аппарате поддерживается необходимая разность концентраций при циркуляционном перемешивании. Непрерывное извлечение компонентов из сырья приводит к повышению концентрации экстракта [4, 5].

В нашем исследовании экстрагированию подвергали корни *Saponaria officinalis* L., измельченные до размера частиц 5-10 мм, высушенные в сушилке способом активного вентилирования. Исходное содержание влаги в сырье составило 6,0 %.

Для определения кратности заливки экстрагента (воды) при экстракции методом реперколяции с целью максимального извлечения действующих веществ (сапонинов) проводили экстракцию предварительно замоченных корней (30 мин) при температуре 87-90 °С в течение 10 мин. Гидромодуль первой экстракции (I фракция) составил 1:8, количество экстрагента в последующих фракциях рассчитывали с учетом набухания корней. Полноту экстракции определяли рефрактометрически по содержанию сухих веществ и визуально - по обесцвечиванию раствора. Качество полученных экстрактов при одинаковом количестве сухих веществ (5 %) определяли по содержанию сапонинов и полисахаридов [6], пенообразующей [7] и эмульгирующей [8] способностям. Характеристика трех последовательно полученных фракций представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика трех последовательных фракций экстракта из корней *Saponaria officinalis* L.

Table 1

The characteristic of three consecutive extraction from roots *Saponaria officinalis* L.

Характеристика экстракта, %	I фракция	II фракция	III фракция
Выход экстракта	48,7	54,6	57,8
Сухие вещества по рефрактометру	5	2	0,4
Количество полисахаридов	5,3	10,0	15,1
Количество сапонинов	69,6	39,7	19,9
Пенообразующая способность	480	150	64
Устойчивость пены	100	68	14
Эмульгирующая способность	14,9	4,3	2,3
Точка инверсии	119	34	18
Стойкость эмульсии	100	54	41

Из табл. 1 видно, что массовая доля сухих веществ в экстракте снижается от 5,0 в первой фракции до 0,4 % в последней, количество сапонинов также уменьшается от 69,9 до 19,9 %, а полисахаридов увеличивается от 5,3 до 15,1 %.

Водный экстракт первой ступени образует обильную и устойчивую пену (480 и 100 % соответственно), в то время как последняя фракция имеет низкие показатели пенообразования (64 %) и устойчивости пены (14 %). Эмульгирующая способность, точка инверсии и устойчивость эмульсии имеют тенденцию к снижению с 14,9 до 2,3; с 119 до 18 мл и со 100 до 41 % соответственно. Ухудшение функционально-технологических свойств экстракта последней фракции можно объяснить более низким содержанием сапонинов в экстракте, ответственных за пенообразующие и эмульгирующие свойства.

Таким образом, максимальное экстрагирование сапонинов наступает на второй стадии и дальнейший процесс обработки корней мыльнянки экономически нецелесообразен.

На основании полученных данных при исследовании процесса экстрагирования корней мыльнянки *Saponaria officinalis* L. методом реперколяции корни подвергали только двукратной экстракции, получая при этом экстракты первой и второй экстракции в зависимости от процентного содержания в них действующего вещества (сапонинов) и количества балластных веществ.

Экстрагирование корней мыльнянки вели методом реперколяции экстракции, состоящей из пяти перколяторов при общем гидромодуле с учетом замачивания 1:7,5.

Корни *Saponaria officinalis* L. для предварительного замачивания в течение 30 мин одновременно загрузили во все перколяторы равными долями и залили горячей водой (87-90 °С) при соотношении сырье:вода 1:3. Оставшееся количество экстрагента залили в первый перколятор и проводили экстракцию корней при температуре 100 °С в течение 10 мин, за счет перемешивания поддерживали разницу концентраций в сырье и экстрагенте. Концентрация сухих веществ в экстракте, полученном в первом перколяторе, составила 5 %.

Полученный экстракт направляли поочередно в последующие перколяторы и проводили экстракцию в аналогичном режиме (рисунок, I, II, III, IV, V – последовательность перколяторов в батарее).

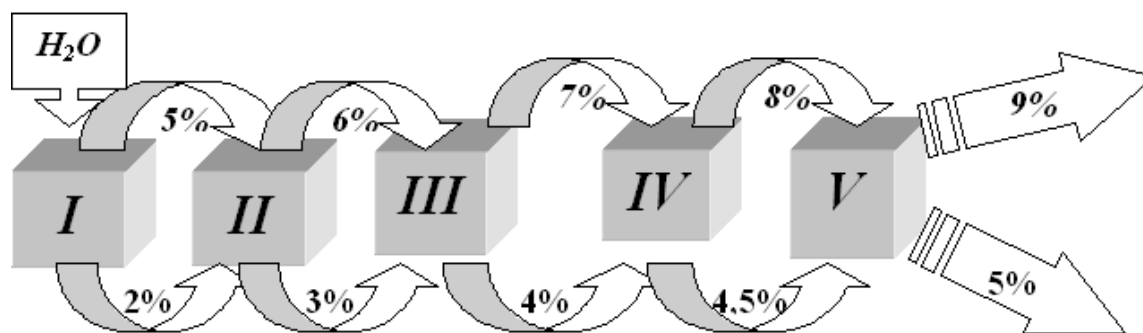


Схема получения сапонинодержавщего экстракта методом реперколяции
The scheme of reception of the extract containing сапонины by a method reperloration

Концентрация сухих веществ в экстрактах в каждом последующем перколяторе возрастала на 1 %. Конечное содержание сухих веществ в экстракте составило 9 %, выход экстракта – 38,4 %, суммарное время экстрагирования с учетом времени замачивания – 80 мин.

Вторичное экстрагирование сырья проводили аналогично, но без стадии замачивания. При этом конечное содержание сухих веществ составило 5 %, выход экстракта – 45,8 %, общее время экстрагирования – 50 мин.

В табл. 2 представлена характеристика экстрактов первой и второй фракций, полученных методом реперколяции, и экстракта, полученного при настаивании в течение 150 мин при температуре 100 С°.

Таблица 2

Сравнительная характеристика экстрактов, полученных методами реперколяции и настаивания

Table 2

The comparative characteristic of the extracts received by methods of repercolation and insisting

Характеристика экстракта, %	Реперколяция		Настаивание
	I фракция	II фракция	
Сухие вещества по рефрактометру	9,0	5,0	8,0
Общий выход экстракта	34,8	45,8	21,9
Количество полисахаридов	4,6	21,2	8,9
Количество сапонинов	72,6	43,1	72,1
pH	5,0	4,8	4,7
Пенообразующая способность	500	280	304
Устойчивость пены	100	64	82
Эмульгирующая способность	17,3	9,0	9,4
Точка инверсии	138	72	75
Стойкость эмульсии	100	87	100

Из табл. 2 следует, что количество сапонинов и полисахаридов для первой и второй фракций экстрактов составляет соответственно 72,6 и 4,6 %, 43,1 и 21,2 % соответственно в пересчете на сухое вещество. Экстракт, полученный при первичной экстракции, способен образовывать обильную (500 %) и устойчивую пену (100 %), в то время как у второй фракции экстракта показатели ниже. Стойкость эмульсии экстрактов первой и второй фракций корней *Saponaria officinalis* L. составила 100 и 87 %; точка инверсии 138 и 72 мл соответственно.

Таким образом, первую фракцию экстракта можно использовать в качестве эмульгатора высшего сорта, а вторую можно предварительно смешивать с первой и также использовать для приготовления эмульсий.

Из табл. 2 видно, что первая фракция экстракта, полученного методом реперколяции, имеет лучшие пенообразующие свойства: пеностойкость в 1,6 раза; устойчивость пены в 1,2 раза выше, чем при экстракции настоем методом. Эмульгирующие свойства также выше для экстрактов, полученных методом реперколяции, чем методом настаивания. По-видимому, длительное воздействие высоких температур приводит к частичному разрушению сапонинов. Однако общее количество сапонинов в исследуемых экстрактах практически одинаковое (72,6 и 72,1 %). Полисахаридов при настаивании в два раза больше, что отрицательно влияет на эмульгирующие и пенообразующие свойства экстракта.

Кроме этого, метод реперколяции по сравнению с настаиванием имеет меньшее время экстрагирования при практически одинаковом гидромодуле (1:7,5 и 90 мин – метод реперколяции; 1:8 и 150 мин – настаивание).

Концентрирование экстрактов методом реперколяции осуществляли, заливая набухшее сырье в каждом последующем перколяторе предварительно полученным экстрактом. Этот метод экстракции корней *Saponaria officinalis* L. позволил повысить концентрацию экстракта до 22 %.

Список литературы

1. Oakenfull D. Aggregation of saponins and bile acids in aqueous solution // Aust. J. Chem. – 1986. – Vol. 39. – P. 1671-1683.
2. Юдина Т.П. Экстрагирование сапонинов из корней мыльнянки лекарственной *Saponaria officinalis* L. [Текст] / Т.П. Юдина, Е.И. Черевач, И.С. Баркулова, Т.А. Сидорова, Е.В. Масленникова // Технологические и микробиологические проблемы консервирования и хранения плодов и овощей: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения В.И. Рогачева. – М., 2007 .
3. Клочкова И.С. Обоснование технологии сапонинсодержащих экстрактов *Saponaria officinalis* L. и использование их в производстве сбивных кондитерских изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07, 05.18.15: защищена 23.12.2009: утв. 14.05.2010 / Клочкова Ирина Сергеевна. – Владивосток, 2008. – 156 с.
4. Муравьев И.А. Технология лекарств [Текст] / И.А. Муравьев. – М.: Медицина, 1980. – 704 с.
5. Пономарев В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья [Текст] / В.Д. Пономарев. – М.: Медицина, 1976. – 202 с.
6. Голант П.Я. Сапонины [Текст] / П.Я. Голант. – П.: Наркомпищепром, 1935. – 135 с.
7. Воюцкий С.С. О причинах агрегативной устойчивости эмульсий [Текст] / С.С. Воюцкий // Успехи химии. – 1961. – Т. 31. – Вып. 10.– С. 1237-1257.
8. Шерман Ф. Эмульсии / пер. с англ. [Текст] / Ф. Шерман. – Л.: Химия, 1972. – 448 с.

Сведения об авторах: Клочкова Ирина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: irishanet@mail.ru.

УДК 664.8; 664.9

Л.Ю. Лаженцева

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

ВЛИЯНИЕ МАСЛЯНОГО ЭКСТРАКТА КОРИЦЫ НА ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬ СПОРОВЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ – ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ПОРЧИ КОНСЕРВОВ

Исследовано влияние масляного экстракта корицы на термостойкость спор тест-штамма микроорганизма Clostridium sporogenes-25, используемого при разработке режимов стерилизации консервов группы А, в том числе рыбных и рыбопродуктовых в масле. Установлено, что присутствие экстрагированных компонентов корицы в масле достоверно снижает термостойкость спор тест-штамма C. sporogenes-25, выраженную показателем термостойкости D_T . При концентрации корицы 10 % в масле снижение D_T осуществляется на $0,247 \pm 0,049$ мин. Данный факт влечёт прямо пропорциональное уменьшение нормативной величины требуемой летальности F_H , рассчитываемой при разработке режима стерилизации с использованием показателя D_T .

Ключевые слова: масляный экстракт, корица, тест-штамм, термостойкость, показатель термостойкости, нормативная величина требуемой летальности.

L.YU. Lazhentseva

INFLUENCE OF THE OIL EXTRACTION OF CINNAMON TO THE TERMORESISTANT SPORULATOIN BACTERIALS ARE EXCITANTS OF CANNED DAMAGE

It's researching the influence of the oil extraction of cinnamon to the termoresistant of the test-strain spores bacterial Clostridium sporogenes-25, which using for elaboration of can group A sterilization regimen, and for fish oil cans and fish-vegetables oil cans. Establishing that the extraction cinnamon components in the oil reduce termoresistant of the spores of test-strain bacterial Clostridium sporogenes-25 which is indicator of termoresistant D_T . If concentration of cinnamon in the oil is 10 % that D_T reduces on $0,2468 \pm 0,04936$ minutes. This fact assists to reduce straight proportionally the normative quantity of need lethally F_H which is calculating with using indicator of termoresistant D_T for elaboration of can sterilization regimen.

Key words: oil extraction, cinnamon, test-strain, termoresistant, indicator of termoresistant, normative quantity of need lethally.

Введение

Споровые формы микроорганизмов являются возбудителями порчи консервированных видов пищевой продукции. Поэтому в нашей стране их используют при разработке режимов стерилизации консервов, в том числе из сырья морского происхождения и на основании «Инструкции ...», (1996) [1], а также рекомендаций Н.Н. Мазохин-Поршняковой [2]. Согласно требованиям данного документа в качестве тест-штамма определен споровый микроорганизм Clostridium sporogenes-25, а для расчета нормативного стерилизующего эффекта F_H используется характеристика показателя его термостойкости в определённом объекте. Наибольшие значения показателя термостойкости спор D_T характерны для консервов в масле и с добавлением масла (0,7-0,75 мин), что обуславливает высокие значения нормативной величины требуемой летальности, а впоследствии и фактической. Последнее приводит к снижению пищевой ценности продукта, органолептических показателей, потере товарного вида продукта вследствие длительной и высокой температурной обработки [3-5]. Одним из основных

факторов, снижающих термоустойчивость спор в пищевых средах, является активная кислотность среды, особенно если ее значение составляет около 4,0. Данный приём не пригоден для консервов с нерегулируемой кислотностью, в том числе группы А, к которым также относятся консервы из гидробионтов. В литературе последних десятилетий [3-13] отсутствуют новые сведения о каких-либо веществах или технологических приёмах, позволяющих качественно снизить термоустойчивость споровых микроорганизмов в стерилизуемых продуктах, не снижая активную их кислотность. С учётом этого очень актуален поиск технических приёмов, позволяющих достоверно снизить термоустойчивость микроорганизмов в пищевых средах без регулирования кислотности, сократить излишнюю термическую нагрузку на продукты при стерилизации, но при этом гарантировать их промышленную стерильность.

Одним из малоизученных факторов влияния на споры микроорганизмов является действие компонентов пряностей, которые постоянно применяются при получении различных пищевых продуктов. Известно, что многие вещества пряностей [14] и их экстракты [15] проявляют антибактериальную активность, которая до настоящего времени в пищевых технологиях не реализована.

Таким образом, целью исследования явилось изучение влияния масляного экстракта корицы на показатели термоустойчивости спор тест-штамма *C. sporogenes*-25.

Объекты и методы исследований

В качестве материалов являются растительное масло и измельченная корица, которая использована для экстрагирования в масле. Предварительные собственные результаты показали, что около 70 % сухих веществ корицы являются жирорастворимыми [16], которые при экстрагировании переходят в масло и обеспечивают последнему выраженный антимикробный эффект. Корица часто используется в пищевых технологиях, она обуславливает приятный запах маслу после ароматизации, что немаловажно для готовых к употреблению продуктов. Для получения масляного экстракта корицы последнюю настаивали в масле при соотношении масс, %: масло – 90, пряность – 10, при постоянном встряхивании при комнатной температуре в течение 24 ч. Далее смесь отстаивали для осаждения плотной части в течение суток и данный опытный образец использовали для исследования. После настаивания с корицей масло было прозрачным, коричневатого цвета, с приятным коричневым запахом, не содержало микроорганизмов. В качестве контрольного образца использовали обычное растительное масло.

Для определения влияния экстрагированного с корицей масла на термоустойчивость микроорганизмов использовали суспензию спор тест-штамма *C. sporogenes*-25, полученного в лаборатории микробиологии ОАО «ГИПРОРЫБФЛОТ» (г. Санкт-Петербург) с заданными показателями термоустойчивости в нейтральном фосфатном буфере ($D_{121,1^{\circ}\text{C}} = 0,58$ мин; $Z = 10$ °C).

Показатель термоустойчивости спор определяли капиллярным методом в соответствии с [1] из наклона кривой выживаемости, отражающей интенсивность отмирания микроорганизмов в соответствии со временем, необходимым для уменьшения их числа в 10 раз при T °C, мин [2]. Таким образом, показатель термоустойчивости D_T характеризует продолжительность прогрева при определенной температуре в минутах, необходимых для гибели 90 % спор *C. sporogenes*-25. Величина неизменяемого температурного воздействия в 121,1 °C для прогрева спор выбрана с учётом рекомендованного уровня при исследовании термоустойчивости микроорганизмов при разработке режимов стерилизации [1].

В состав контрольного и опытного образцов вносили суспензию спор *C. sporogenes*-25 в таком количестве, чтобы исходная концентрация спор в 1 г масла была приближенно одинаковой. Зараженные спорами опытные и контрольные образцы масла вносили в капилляры и прогревали в глицериновом термостате ТС-24 через 15, 30, 45 с и т.д. Под-

счет выросших колоний из оставшихся после прогрева жизнеспособных спор *C. sporogenes*-25 производили через 10 и 30 сут. Полученные результаты использовали для определения в полулогарифмической системе координат экспоненциальной зависимости отмирания спор от времени воздействия и уровня температуры.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлена зависимость между числом выживших клеток и продолжительностью нагревания контрольного и опытного образцов подсолнечного масла после 30 сут культивирования посевов.

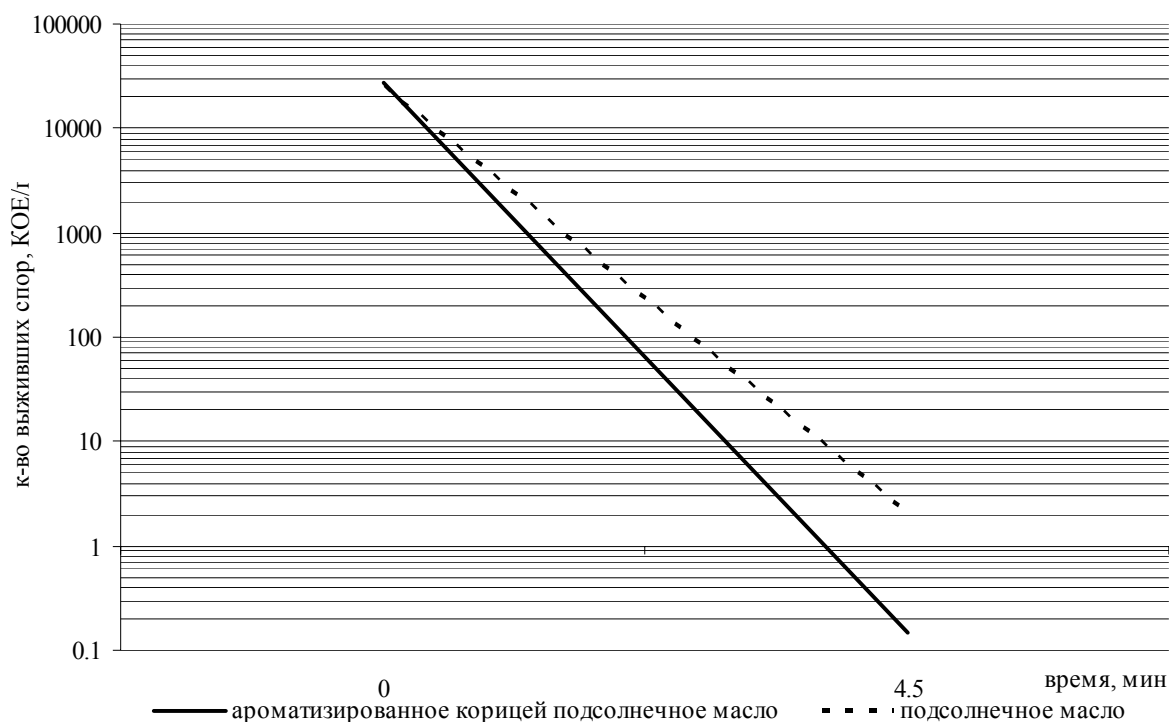


Рис. 1. Кривые выживаемости спор *Clostridium sporogenes*-25 после прогревания при постоянной температуре 121,1 °С и культивирования в течение 30 сут
 Fig. 1. The curves of survival rate spores *Clostridium sporogenes*-25 after termoinfluence under constant temperature 121,1 °С and cultivation during 30 days

Результаты подсчёта выросших в питательном агаре колоний из контрольного образца достоверно отражают степень восстановления репродуктивных характеристик бактерий в течение времени после воздействия стрессового фактора в виде теплового шока. Результаты расчёта величины показателя термоустойчивости для опытного и контрольного образцов из наклона кривой выживаемости в соответствии со временем, необходимым для уменьшения числа в 10 раз, представлены в таблице.

Результаты расчёта величины показателя термоустойчивости для опытного и контрольного образцов масла Result of calculation quantity indicator of termoresistant for experimental and control samples of the oil

Объект исследования	Величина D_T , мин
Ароматизированное корицей подсолнечное масло	0,8532±0,171
Подсолнечное масло	1,1±0,22

Полученные результаты исследования отражают повышенную чувствительность спор тест-штамма *C. sporogenes*-25 в опытном образце масле. Скорость отмирания спор тест-штамма *C. sporogenes*-25 в масле после экстрагирования с корицей более интенсивна, чем в подсолнечном масле контрольного образца. При этом разница в характеристике D_T между экстрактами составляет $0,2468 \pm 0,04936$ мин.

На рис. 2 представлена динамика изменения D_T в зависимости от времени адаптации спор *Clostridium sporogenes*-25 после термического воздействия при постоянной температуре $121,1$ °С. Термоустойчивость спор после термического шока и восстановления их жизнеспособности в масляном экстракте корицы значительно понижается.

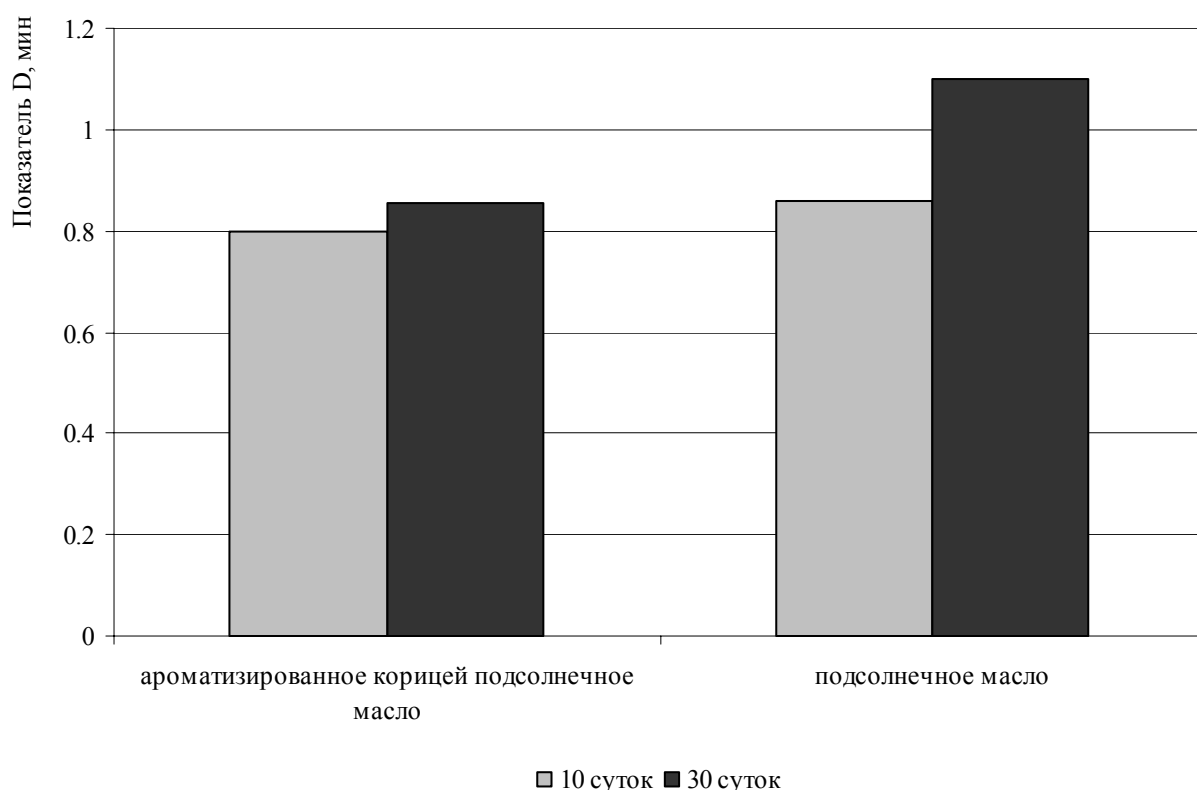


Рис. 2. Изменение показателя $D_{121,1^{\circ}\text{C}}$ в зависимости от времени адаптации спор тест-штамма бактерий *Clostridium sporogenes*-25 после прогревания при температуре $121,1$ °С
 Fig. 2. Change of indicator $D_{121,1^{\circ}\text{C}}$ in dependence from adaptation of the test-strain spores bacterial *Clostridium sporogenes*-25 after termoinfluence under temperature $121,1$ °С

Как видно, эффект снижения термоустойчивости споровых бактерий *C. sporogenes*-25 наблюдается в результате использования масла после экстрагирования в нем пряности корицы. Известно, что при добавлении в продукт растительного масла происходит образование гидрофобной плёнки вокруг клеток микроорганизмов, что приводит к повышению термоустойчивости спор в масляной среде и дальнейшему сохранению их жизнеспособности [2]. После настаивания измельченных пряностей, в данном случае корицы, в масло переходят жирорастворимые антибактериальные компоненты, такие, как коричный альдегид, эвгенол, дубильные вещества, циннамиллацетат, коричный спирт [16], под действием которых у микроорганизмов снижаются защитные свойства и повышается чувствительность спор к воздействию высоких температур. После стерилизации ослабленные в результате термического шока споры

микроорганизмов в дальнейшем не прорастают в вегетативные клетки, так как испытывают цитотоксическое действие содержащихся в масле антимикробных компонентов пряностей.

Снижение показателя термоустойчивости D_T споровых микроорганизмов прямо пропорционально влечет уменьшение значения F_H , так как величина его рассчитывается по формуле Мазохиной-Поршняковой применительно каждого ассортимента, с учётом вместимости консервной тары, величины значения показателя термоустойчивости, а также способа обработки сырья до стерилизации [2].

Таким образом, экспериментально установлено, что экстрагирование корицы растительным маслом достоверно, с уровнем значимости не менее 80 %, снижает в нём термоустойчивость споровых бактерий *C. sporogenes*-25. Показатель термоустойчивости D_T в подсолнечном масле после экстрагирования с корицей составляет $0,85 \pm 0,171$ мин, что на $0,2468 \pm 0,04936$ мин ниже, чем в подсолнечном масле. Использование в технологии консервов с нерегулируемой кислотностью группы «с маслом» или «с добавлением масла» масляных экстрактов корицы позволит в зависимости от их вносимого количества в продукт и объема используемой тары значительно сократить продолжительность процесса собственно стерилизации.

Список литературы

1. Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов. Утверждённая первым заместителем Председателя Комитета Российской Федерации по рыболовству А.В. Родиным 27 февраля 1995 г. – М.: ГИПРОРЫБФЛОТ, 1996. – 42 с.
2. Мазохина-Поршнякова Н.Н. Анализ и оценка качества консервов по микробиологическим показателям [Текст] / Н.Н. Мазохина-Поршнякова, Л.П. Найдёнова, С.А. Николаева, Л.И. Розанова. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – 472 с.
3. Шульгина Л.В., Швидкая З.П., Шульгин Ю.П., Долбнина Н.В., Галкина Л.М. Термоустойчивость микроорганизмов в консервах из морской капусты и кукумарии [Текст] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1995. – № 1. – С. 20-24.
4. Шульгин Ю.П. Гигиеническое обоснование стратегии повышения качества и безопасности морепродуктов в питании здорового и больного человека: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 2006. – 40 с.
5. Шульгин Ю.П. Биологическая оценка качества консервов «Рыба копченая в масле» в зависимости от способа стерилизации [Текст] / Ю.П. Шульгин, Л.В. Шульгина, З.П. Швидкая // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 1. – С. 36-38.
6. Лаженцева Л.Ю. Термоустойчивость спор микроорганизмов в натуральных консервах из мяса краба ангулятуса // Материалы Всерос. конф. молодых учёных. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2003. – С. 143-145.
7. Лаженцева Л.Ю. Термоустойчивость спор микроорганизмов в консервах «Плов из мяса анадары «Восточный» [Текст] / Л.Ю. Лаженцева, А.С. Гришин // Актуальные проблемы изучения и использования водных биоресурсов: материалы второй Интернет-конф. молодых ученых. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2004. – С. 234-237.
8. Лаженцева Л.Ю. Разработка режимов стерилизации новых консервов из мяса крабов в майонезной заливке [Текст] / Л.Ю. Лаженцева, Л.В. Шульгина // Изв. вузов. Пищ. технол. – 2007. – № 2. – С. 33-35.
9. Шульгина Л.В. Научное обоснование летальности процессов стерилизации консервов из морских гидробионтов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1995. – 42 с.

10. Шульгина Л.В. Научное обоснование летальности процессов стерилизации консервов из морских гидробионтов: автореф дисс. ... д-ра. биол. наук. – М., 1995. – 42 с.

11. Шульгина Л.В. Разработка режима стерилизации консервов из крабов с использованием штамма возбудителя ботулизма [Текст] / Л.В. Шульгина, З.П. Швидкая, Л.М. Галкина, Н.В. Долбина, Т.М. Бывальцева // Изв. ТИНРО. – 1992. – Т.114. – С. 185-190.

12. Шульгина Л.В. Изучение термоустойчивости спор микроорганизмов при стерилизации натуральных консервов из кальмара [Текст] / Л.В. Шульгина, Л.М. Галкина, Н.В. Долбина // Рыбохозяйственные исследования океана: материалы Междунар. науч. конф. – Владивосток: ТИНРО, 1996. – С.18-19.

13. Шульгина Л.В. Термоустойчивость бактерий при стерилизации консервов «Крабы в собственном соку» [Текст] / Л.В. Шульгина, З.П. Швидкая, Л.М. Галкина, Н.В. Долбина // Пищ. пром-сть. – 1993. – № 5. – С. 31-32.

14. Похлебкин В.В. Все о пряностях (виды, свойства, применение). – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 208 с.

15. Стасьева О.Н. СО₂-экстракты Компании Караван – новый класс натуральных пищевых добавок [Текст] / О.Н. Стасьева, Н.Н. Латин, Г.И. Касьянов. – Краснодар: КНИИХП, 2006. – 324 с.

16. Исупов В.П. Пищевые добавки и пряности. История, состав и применение. – СПб.: ГИОРД, 2000. – 176 с.

Сведения об авторе: Лаженцева Любовь Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент; e-mail: lagenceva@mail.ru.

УДК 664.959.5; 639.32

А.В. Перебейнос, А.С. Гришин, Е.И. Кушнир, Н.В. Блохин

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

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НОВЫХ ВИДОВ КОРМОВОГО ПРОДУКТА ДЛЯ НУЖД АКВАКУЛЬТУРЫ

Проведен анализ исследований по разработке технологий сухого кормового продукта повышенной питательной ценности на основе отходов переработки водных биоресурсов с добавлением морских водорослей для нужд аквакультуры путем их термообработки, ферментирования. Разработана технология полнорационного корма повышенной пищевой ценности для аквакультуры, включающая обоснование рецептуры и режимных параметров обработки, установлены показатели качества. На основании проведенных исследований получены патенты РФ на изобретение № 2388318 «Способ приготовления кормового продукта» и № 2410896 «Способ приготовления корма для иглокожих».

Ключевые слова: водные биоресурсы, ферментирование, кормовые продукты, аквакультура, технология.

A.V. Perebeynos, A.S. Grishin, E.I. Kushnir, N.V. Blohin

THE ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF NEW TECHNOLOGIES FOR AQUACULTURE FEEDSTUFFS

The use of fermented fish and seagrass forage components of energy will reduce costs and improve the biological value of the product by reducing heat-treated waste. For the study used different enzymes fish: predatory, freshwater and detritofagov. Predatory served pink salmon, fresh crucian were taken and tolstolobik, innards detritofagov were obtained from kukumarii and scallops. Selected innards experienced in different ratios and at various raw materials in particular protein and algal waste. In the results, it was discovered that the enzymes that predatory fish are not able to hydrolyze carbohydrates to produce hydrolyzed animal feed. Enzymes herbivorous and detritofagov show maximum effect hydrolysis, thereby encouraged to use them for cooking enzymatic feed components.

Key words: water bioresources, fodder products, fermentation, aquaculture, technology.

Введение

В настоящее время уделяется широкое внимание развитию и исполнению основных положений доктрины продовольственной безопасности РФ, обсужденной на заседании Совета Безопасности РФ и утвержденной Указом Президента РФ № 120 от 30 января 2010 г. [1]. Основной целью данного документа является реализация комплекса мер по обеспечению населения страны высококачественными, разнообразными и доступными пищевыми продуктами, что актуально для любого национального правительства, так как гарантирует сохранение государственности и суверенитета. Увеличение удельного веса отечественной сельскохозяйственной, рыбной продукции и продовольствия как критерия оценки состояния продовольственной безопасности является важной задачей, для решения которой необходимо в полной мере использовать потенциал территории России, в том числе водного пространства.

Аквакультура в полной мере является современным, индустриально развитым способом устойчивого роста мирового объема рынка рыбы и морепродуктов, по состоянию на 2008 г. доля искусственного воспроизводства составляла 37 % [2]. Общий объем изъятых водных биоресурсов, без учета морских водорослей и трав, по данным ФАОСТАТ, в России составлял 3499144 т, из них 115420 т приходилось на аквакультуру. Аналогич-

ные показатели Китая и Вьетнама – 47527107 (32735944) т и 4549200 (2461700) т соответственно – свидетельствуют о важности развития данного направления рыбного хозяйства, в связи с этим была принята стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 г. [3].

При товарном выращивании водных биоресурсов технологический процесс использует все основные принципы, способы и приемы, характерные для разведения, воспроизводства и выращивания сельскохозяйственных животных. Одной из главных проблем получения качественного продукта является эффективная кормовая база – с высоким коэффициентом обменной энергии, балансом питательных веществ, составом, хранимоспособностью, органолептикой, безопасностью и другими свойствами [4].

Все вышеперечисленное обосновывает актуальность проводимых исследований, целью которых является разработка технологии полнорационного кормопродукта повышенной питательной ценности для нужд аквакультуры.

Объекты и методы исследований

При производстве кормового продукта используют отходы от разделки рыб и моллюсков (мантия, молоки, головы, жабры, позвоночник, плавники, кожа, чешуя, слизь, кровь, обрезки мяса рыб) в качестве основного источника высокоценного белка и липидов. Морские водоросли и травы (ламинария, анфельция, грациллярия и др.) являются источником полного набора макро- и микроэлементов.

Особенностью разработанной технологии является ферментирование основного сырья с целью повышения питательной ценности путем увеличения биодоступности основных компонентов. В качестве источника энзимов используются внутренности рыб, которые, как известно, проявляют специфичную активность в зависимости от типа питания рыб [5]. Сырье животного происхождения (отходы переработки моллюсков, морской и речной рыбы) подвергается ферментализу в смеси с внутренностями хищных видов рыб (например, горбуша, щука, форель и др.), растительного (морские водоросли и травы) – растительноядных рыб (например, карась, лещ, сазан, окунь речной и др.).

Результаты и их обсуждение

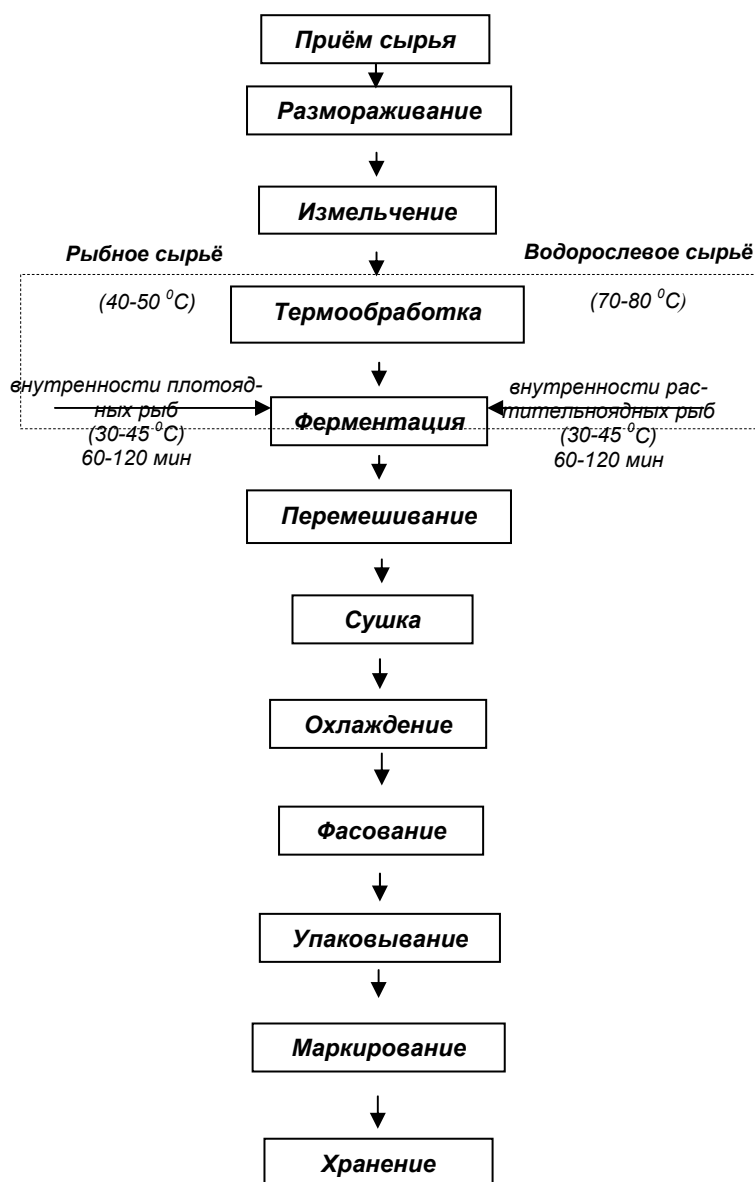
Технология производства корма для нужд аквакультуры, представленная на рисунке, включает следующие операции: прием сырья, размораживание, измельчение, термообработку, ферментирование, перемешивание, сушку, охлаждение, фасование, упаковывание, маркировку и хранение [7].

Размораживание сырья происходит на воздухе до конечной температуры окружающего воздуха, измельчение происходит на волчке с диаметром решетки 5-10 мм [6].

Термообработка сырья животного происхождения проводится в температурном интервале 40-50 °С в течение 5-10 мин и является умеренной по степени воздействия на нативные компоненты, тем самым обеспечивая сохранение их биологической ценности, кроме того, происходит частичная денатурация белков, что делает их более доступными для энзимов.

Сырье растительного происхождения обрабатывается при температуре 70-80 °С в течение 10-20 мин для облегчения доступности ферментами растительноядных рыб и последующего гидролиза полисахаридов.

Ферментацию рыбного и водорослевого сырья ведут отдельно, в смеси с внутренностями рыб в количестве 2-26 % к массе сырья при периодическом перемешивании. Установлено, что рациональные параметры процесса соответствуют температурному диапазону 30-45 °С в течение 60-120 мин и коррелируют с качеством сырья и ферментной активностью внутренностей. Полученные ферментаты смешиваются до однородной массы и направляются на сушку.



Технологическая схема производства корма
The technological scheme of manufacture of a forage

Сушка осуществляется в виброкипящем слое при температуре не более 50 °С, что позволяет значительно сократить степень окисления липидов, приостановить процесс меланоидинообразования (потемнение компонента корма), затем проводят охлаждение.

Технологические операции завершающего цикла проводят в соответствии с действующими нормативно-техническими и инструктивными документами.

Полученный кормопродукт представляет собой рассыпчатый порошок серовато-коричневого цвета, мягкой текстуры. Содержание белка составляет не менее 58 %, липидов – не более 14 %, углеводов – не менее 12 %, минеральных веществ – не менее 5 %.

Таким образом, нами разработана технология полнорационного корма повышенной пищевой ценности для аквакультуры, включающая обоснование рецептуры и режимных параметров обработки, установлены показатели качества. На основании проведенных исследований получены патенты РФ на изобретение № 2388318 «Способ приготовления кормового продукта» и № 2410896 «Способ приготовления корма для иглокожих» [7, 8].

Список литературы

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/15/108.html>. Дата обращения 22.12.2010.
2. World fisheries production, by capture and aquaculture, by country (2008) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/a-0a.pdf>. Дата обращения 22.12.2010.
3. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcx.ru/documents/document/show/12208.77.htm>. Дата обращения 22.12.2010.
4. Попков Н.А. Корма и биологически активные вещества [Текст] / Н.А. Попков, В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Ю.А. Пономаренко. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 882 с.
5. Перебейнос А.В. Особенности переработки объектов аквакультуры [Текст] / А.В. Перебейнос, О.В. Сахарова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – 122 с.
6. Перебейнос А.В. Качество кормовой продукции [Текст] / А.В. Перебейнос, Е.А. Воронова, А.А. Мисаковский, Е.И. Кушнир, Р.В. Романенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 2. – С. 48-50.
7. Патент на изобретение РФ № 2388318 «Способ приготовления кормового продукта». Оpubл. 10.05.2010. Бюл. № 13.
8. Патент на изобретение РФ № 2410896 «Способ приготовления корма для иглокожих». Оpubл. 10.08.2010. Бюл. № 2.

Сведения об авторах: Перебейнос Анатолий Васильевич, доктор технических наук, профессор;

Гришин Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: canssa@mail.ru;

Кушнир Елена Ивановна, аспирант, e-mail: 2528@mail.ru;

Блохин Никита Вячеславович, студент.

УДК 62-192 (075.8)

А.В. Перебейнос, С.Д. Угрюмова., Е.Ю. Попова

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

РАСЧЕТНО-ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ПАСТЕРИЗОВАННОГО МОЛОКА

Представлена методика оценки надёжности и безотказной работы линии производства пастеризованного молока с использованием охладителей пластинчатого типа.

Ключевые слова: технологическая линия, молоко, надёжность.

A.V. Perebeinos, S.D. Ugryumova, E.Yu. Popova

THE SETTLEMENT-LOGIC SCHEME OF NON-FAILURE OPERATION OF A LINE MANUFACTURE OF THE PASTEURIZED MILK

In given article the technique of a mark of reliability and non-failure operation of a line of manufacture of the pasteurized milk with use of coolers of lamellar type is presented.

Key words: a technological line, milk, reliability.

При проектировании технологических линий и отдельных единиц технологического оборудования необходимо не только обеспечить требуемые параметры выпускаемой продукции, но и гарантировать эти показатели в заданных пределах в течение всего периода эксплуатации.

В процессе эксплуатации на оборудование действуют внутренние и внешние факторы, которые могут привести к изменению параметров отдельных элементов, механизмов и оборудования в целом. Наиболее характерными являются следующие:

- действие энергии окружающей среды, включая человека, выполняющего функции оператора или ремонтника;
- внутренние источники энергии, связанные как с рабочими процессами, протекающими в оборудовании, так и с работой отдельных механизмов;
- потенциальная энергия, которая накоплена в материалах и деталях оборудования в процессе их изготовления.

Проектируемая нами линия производительностью 1000 л/сут для мини-предприятий занимает площадь в 40 м². Количество обслуживающего персонала технологической линии 2 человека, необходимая высота помещения 2,5 м. Потребление ледяной воды 4 м³/сут, потребление электроэнергии 1,5 кВт/ч.

На рис. 1 представлена структурная схема технологической линии производства пастеризованного молока. Молоко, поступающее на производство с ферм, перекачивается центробежным самовсасывающим насосом 1 из автомолцистерн. Для определения количества молока на заводах используют устройства для измерения массы – весы и объема – расходомеры-счетчики 2. Масса принимаемого молока может устанавливаться также за счет использования емкостей 3 с тензометрическим устройством или путем использования тарированных емкостей.

Принятое молоко проходит первичную обработку, в процессе которой оно очищается от механических примесей на фильтрах или сепараторах-молокоочистителях 7, а затем оно охлаждается до 4-6 °С на пластинчатых охладителях 4 и насосами 1 по трубам через уравнильный бачок 5 направляется в емкости хранения 3. Молоко с температурой не выше 10 °С допускается принимать без охлаждения. Охлажденное молоко хранится в емкостях 3 и нормализуется.

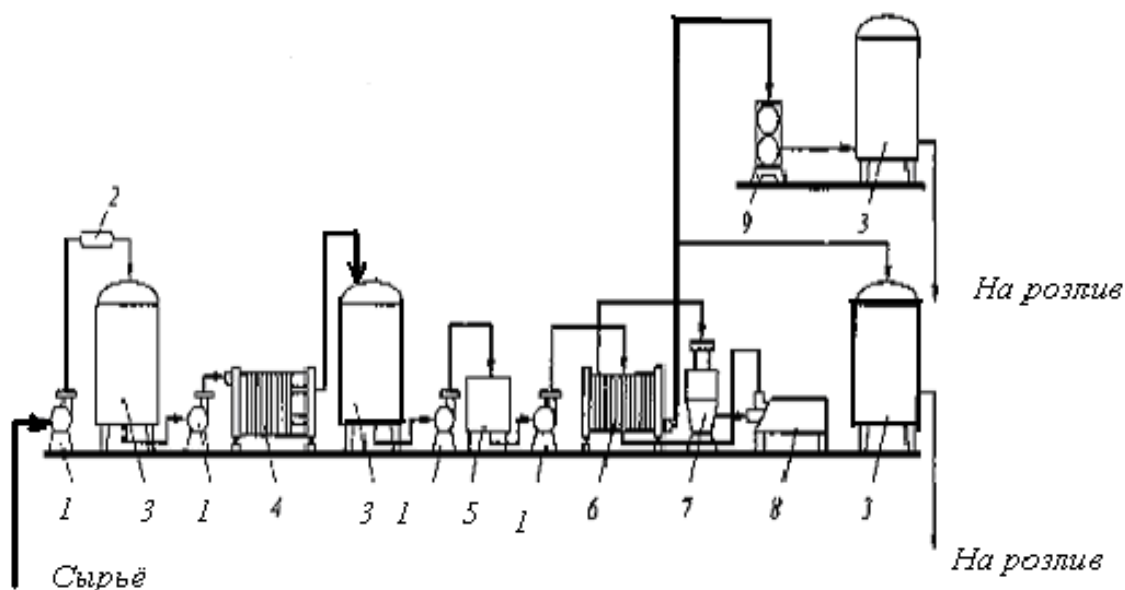


Рис. 1. Технологическая линия производства пастеризованного молока:

- 1 – центробежные насосы; 2 – счётчики-расходомеры; 3 – ёмкости для хранения молока;
 4 – пластинчатые охладители; 5 – уравнильный бачок; 6 – пастеризационно-охладительная
 пластинчатая установка; 7 – сепаратор-молокоочиститель; 8 – гомогенизатор;
 9 – трубчатый пастеризатор

Fig. 1. Technological line of manufacture of the pasteurized milk:

- 1 – centrifugal pumps; 2 – counters-flowmeters; 3 – capacities for milk storage; 4 – lamellar coolers;
 5 – a leveling tank; 6 – пастеризационно-охладительная lamellar installation; 7 – a separator
 milk-cleaner; 8 – a homogenizer; 9 – a tubular pasteurizer

С помощью нормализации доводят до требований стандарта содержание в молоке жира или сухих веществ. В зависимости от жирности исходного сырья и вида вырабатываемого молока для нормализации по содержанию жира используют обезжиренное молоко или сливки, по содержанию сухих веществ – сухое обезжиренное молоко.

Нормализацию молока проводят двумя способами: в потоке или путем смешивания. Для нормализации в потоке используют сепараторы-нормализаторы, в которых непрерывная нормализация молока совмещается с очисткой его от механических примесей.

Перед поступлением в сепаратор-нормализатор молоко предварительно нагревается до 40-45 °С в секции рекуперации пластинчатой пастеризационно-охладительной установки 6.

На предприятиях небольшой мощности молоко обычно нормализуют смешиванием в резервуарах 3. Для этого к определенному количеству цельного молока при тщательном перемешивании добавляют нужное количество обезжиренного молока или сливок, рассчитанное по материальному балансу.

Для предотвращения отстоя жира и образования в упаковках сливочной пробки при производстве молока топленого, восстановленного и с повышенной массовой долей жира (3,5-6,0 %) нормализованное молоко подогревают до 40-45 °С и очищают на центробежных сепараторах-молокоочистителях 7 и обязательно гомогенизируют в гомогенизаторах 8 при температуре 45-63 °С и давлении 12,5-15 МПа. Затем молоко пастеризуют при 76 °С (± 2 °С) с выдержкой 15-20 с и охлаждают до 4-6 °С с использованием пластинчатых пастеризационно-охладительных установок 6. Эффективность пастеризации в таких установках достигает 99,98 %.

При выработке топленого молока нагрев осуществляют при температуре 97-99 °С в трубчатых или пластинчатых пастеризаторах 9. Выдержку при данной температуре, или процесс топления молока, проводят в закрытых емкостях 3 в течение 3-4 ч. После топления молоко охлаждают в пластинчатых пастеризационно-охладительных установках до температуры 4-6 °С.

Затем молоко при температуре 4-6 °С поступает в промежуточную емкость 3, из которой направляется на розлив.

Пастеризованное молоко выпускают в стеклянных бутылках и бумажных пакетах, мешках из полимерной пленки, а также во флягах, цистернах с термоизоляцией, контейнерах различной вместимости.

Все шире используется для розлива пастеризованного молока тара разового потребления – полиэтиленовые мешки, бумажные пакеты. Такая тара значительно легче, компактнее, исключает сложный процесс мойки, гигиеничнее, удобнее для потребителя и транспортирования, требует меньших производственных площадей, трудовых и энергетических затрат.

Бумажные пакеты имеют форму тетраэдра (тетра-пак), снаружи покрыты парафином, внутри – полиэтиленом; форму бруска (брик-пак) с двусторонним покрытием полиэтиленом и применением аппликаторной ленты, что обеспечивает большую прочность швов по сравнению с пакетами тетра-пак.

В пакеты тетра-пак молоко фасуют на машинах, которые из движущейся и стерилизуемой (бактерицидной лампой) бумажной ленты сваривают рукав, заполняемый молоком. Через определенные промежутки времени зажимы с нагревателями пережимают рукав, образуя гирлянду пакетов с молоком, которые разрезают и ставят в корзину.

Хранят пастеризованное молоко при температуре 0-8 °С в течение 36 ч с момента окончания технологического процесса. Фасованное молоко должно иметь температуру не выше 7 °С и может быть сразу, без дополнительного охлаждения, передано в реализацию или направлено на временное хранение сроком не более 18 ч в холодильные камеры с температурой не выше 8 °С и влажностью 85-90 %.

Представленная нами линия может работать непрерывно 1 год. Но каждые 3 месяца необходимо техническое обслуживание пластинчатых теплообменников, замена резиновых прокладок и очистка пластин от различных загрязнений.

Расчёт надёжности технологической линии (ТЛ) проводим в несколько этапов.

На первом этапе описываем работу линии. На этом этапе определяется содержание термина «безотказная работа линии» и составляется перечень свойств исправной линии и разделение её на единицы технологического оборудования.

На втором этапе производится разбор и классификация отказов единиц технологического оборудования и линии. Оценивается влияние отказа каждой единицы линии на работоспособность ТЛ в целом.

Третий этап является основным этапом, на котором составляется структурная (логическая) модель безотказной работы (БР) линии.

На этом этапе обычно выделяют блоки, в которых при отказе хотя бы одного элемента отказывает весь блок. Для каждого блока проводится расчёт надёжности. Далее каждый блок нумеруется и обозначается буквой. Затем перечисляются комбинации блоков, обеспечивающих БР линии и, наконец, составляется логическая схема для расчёта надёжности ТЛ. Часто она называется ещё расчётно-логической схемой. Эта схема характеризует состояние (работоспособное или неработоспособное) ТЛ в зависимости от состояния отдельных элементов (блоков) [1].

Наработка до отказа технологической линии (ТЛ) в этом случае равна наработке до отказа того элемента, у которого она оказалась минимальной [2, 3]:

$$T_{ТЛ} = \min(T_j), j = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где n – число элементов линии.

На рис. 2 изображена схема последовательного соединения аппаратов в линии производства молока.

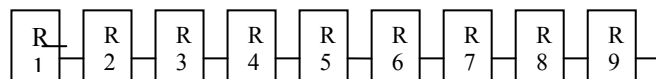


Рис.2. Блок-схема с последовательным соединением аппаратов:
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9 – количество аппаратов в линии
Fig. 2. Block the scheme with consecutive connection of devices:
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9 – quantity of devices in a line

Функция надёжности системы при таком соединении равна

$$P_{ТЛ}(t) = \prod_{j=1}^n P_j(t), \quad (2)$$

где $P_j(t)$ – функция надёжности j -го элемента.

В связи с этим интенсивность отказов линии из n элементов:

$$A_{ТЛ} = \sum_{j=1}^n \lambda_j \text{ (при } \lambda_j = \text{const)}. \quad (3)$$

Соответственно средняя наработка линии до отказа:

$$T_{ТЛср} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n 1/T_{срj}}, \quad (4)$$

где $T_{срj}$ – средняя наработка до отказа j -го элемента.

При равнонадёжных элементах ТЛ имеем:

$$P_{ТЛ}(t) = P_j^n(t) = 1 - q_j(t) \cdot n \quad \text{или} \quad P_{ТЛ}(t) = \sqrt[n]{P_{ТЛ}(t)} = 1 - q_{ТЛ} / n. \quad (5)$$

Здесь для нашей линии вероятность $P_{ТЛ}(t) = 0,95$, технологическая линия состоит из девяти равнонадёжных элементов ($n = 9$).

Определим вероятность БР, используя уравнение (5) для технологической линии.

Так как $P_{ТЛ}(t)$ близка к единице, то определяем $P_i(t)$ по формуле (5):

$$P_j(t) = \sqrt[n]{P_{ТЛ}(t)} = 1 - q_{ТЛ} / n = 1 - \frac{0,05}{10} = 0,995.$$

Таким образом, из существующих методов анализа надёжности механических систем и моделей отказов предпочтение следует отдавать тем, которые, учитывая физику процесса и его стохастическую природу, позволяют установить непосредственную аналитическую зависимость между показателями надёжности [в первую очередь для $P(t=T)$] и исходными параметрами. Такие зависимости служат основой разработки программ ЭВМ для прогнозирования надёжности и оценки различных вариантов принимаемых решений по совершенствованию конструкции всех элементов, составляющих технологическую линию.

Список литературы

1. Ветошкин А.Г. Надёжность технических систем и техногенный риск [Текст] / А.Г. Ветошкин. – Пенза: ПГУАиС, 2003. – 155 с.
2. Гуськов А.В. Надёжность технических систем и техногенный риск [Текст] / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 427 с.
3. Матвеевский В.Р. Надёжность технических систем [Текст] / В.Р. Матвеевский. – М.: Мос. гос. ин-т электроники и математики, 2002. – 113 с.

Сведения об авторах: Перебейнос Анатолий Васильевич, доктор технических наук, профессор,
Угрюмова Светлана Дмитриевна, доктор технических наук, профессор;
Попова Екатерина Юрьевна, магистр.

УДК 664.951+577.151.03

В.А. Сполохова, В.В. Кращенко

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

**ПРИРОДНЫЙ ИСТОЧНИК ω -3 КИСЛОТ – РЫБИЙ ЖИР,
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ
В ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ**

Представлены материалы исследовательской работы по изучению оценки возможности использования рыбьего жира как природного источника ω -3 кислот в качестве перспективного, функционального компонента в технологии пищевых продуктов.

В ходе проделанной работы представлено обоснование использования рыбьего жира в качестве липидной составляющей гомогенного пищевого продукта.

На основании полученных результатов исследований можно судить о возможности эффективного вовлечения в технологию пищевых продуктов рыбьего жира в качестве функционального компонента.

Ключевые слова: полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), рыбий жир, растительные масла, жирно-кислотный состав, макрурус.

V.A. Spolochova, V.V. Krashchenko

**NATURAL SOURCE ω -3 ACIDS IS FISH OIL, QUALITY PERSPECTIVE,
FUNCTIONAL COMPONENT IN TECHNOLOGY FOOD PRODUCTS**

This article contains material work of research about study evaluation for using fish oil how natural source in ω -3 quality perspective, functional component in technology food products.

In course this work will be presentation using fish oil how lipid component homogeneous food product.

On the basis of received results this research one may judge about possibility effective inculcated fish oil in quality functional component in technology food products.

Key words: fatty acid ω -3, fish oil, vegetable oils, fatty acid composition, grenadier.

Введение

В настоящее время липиды утратили «плохой» имидж жиров, вызывающих увеличение массы тела и болезни сердца. Установлено, что некоторые липиды оказывают благотворное влияние на здоровье человека. В этом отношении наиболее известны жиры растительного и животного происхождения, способные снижать уровень холестерина, которые зачастую объединяют терминами «полиненасыщенные жирные кислоты» или « ω -3 жирные кислоты».

Термин «полиненасыщенные жирные кислоты» (ПНЖК) относится ко всем жирным кислотам не менее чем с двумя двойными связями. В рационе питания особенно важны высокомолекулярные ПНЖК с 18 и более атомами углерода: α -линоленовая (ЛНЖ, C_{18:3} ω -3), эйкозапентаеновая (ЭПК, C_{20:5} ω -3) и докозагексаеновая (ДГК, C_{22:6} ω -3) кислоты [2].

Биологическая активность ПНЖК настолько высока, что их в последние годы стали относить к витаминам и назвали витамином F.

Линоленовая (C_{18:3} ω -3), эйкозапентаеновая (C_{20:5} ω -3) и докозагексаеновая (C_{22:6} ω -3) кислоты считаются незаменимыми (эссенциальными) жирными кислотами, так как они не могут вырабатываться человеческим организмом, а должны поступать с пищей. Они используются человеческим организмом в качестве структурных компонентов и для син-

теза так называемых эйкозаноидов – гормоноподобных веществ, влияющих на сердечно-сосудистую, легочную, иммунную и репродуктивную функции. Эйкозаноиды играют ключевую роль в воспалительных процессах и состояниях с элементом воспаления при сердечно-сосудистых и хронических заболеваниях типа ревматоидного артрита и т.п.

Источники ПНЖК для обогащения пищевых продуктов – это специфические растительные масла, такие, как рапсовое, льняное, соевое и другие, каждое из которых характеризуется определенным соотношением ω -6: ω -3 и особенно рыбий жир с высоким содержанием эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот [2].

Поступление эссенциальных жирных кислот в организм человека с обычным рационом является обязательным условием полноценного питания.

Оптимальное соотношение жирных кислот ω -6: ω -3 в рационе здорового человека составляет 10:1, в рационе лечебного питания – от 3:1 до 5:1. Такое соотношение ПНЖК двух классов способствует оптимизации метаболических процессов. Однако в большинстве случаев указанные соотношения не соблюдаются вследствие катастрофического дефицита в рационе ω -3 ПНЖК.

Рекомендуемая в РФ величина физиологической потребности для взрослого человека составляет 0,8-1,6 г/сут ω -3 ПНЖК [5].

Рыбий жир в натуральном виде непосредственно для целей питания может быть использован в технологии заливок для рыбных консервов, в рыбокулинарном производстве, например, для обжаривания рыбы.

Еще в 1929 г. были проведены работы по использованию бульонного рыбьего жира для обжаривания наваги, корюшки, камбалы, кеты, сазана и др. В результате дегустационных испытаний были получены наилучшие отзывы, а дегустаторы не определили природу происхождения жира.

Препятствием к широкому использованию натуральных рыбьих жиров в пищевой промышленности является высокая чувствительность ω -3 ПНЖК к окислению. Это означает, что для обогащения ими пищевых продуктов необходимы щадящие технологические приемы, которые снижали бы влияние внешних факторов на процессы окисления липидов [2].

Таким образом, целью наших исследований явилась оценка возможности использования рыбьего жира как природного источника ω -3 кислот в качестве перспективного, функционального компонента в технологии пищевых продуктов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования явился разработанный гомогенный продукт из мышечной ткани макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*). В качестве липидного, функционального компонента в составе пищевого продукта использовали рыбий жир, очищенный для внутреннего применения из печени тресковых пород (P71.566.48).

Для проектирования состава гомогенного продукта из мышечной ткани макруруса малоглазого и рыбьего жира был исследован жирно-кислотный состав последнего для установления его количества в продукте, которое обеспечивало бы физиологическую потребность человека в суточной норме потребления ПНЖК (табл. 1). Определение жирно-кислотного состава рыбьего жира проводили путем анализа метиловых эфиров жирных кислот на газожидкостном хроматографе GC-2010 Shimadzu (Япония) с пламенно-ионизационным детектором.

Количество функционального компонента в составе пищевого продукта было рассчитано математическими методами с учетом жирно-кислотного состава используемого рыбьего жира. При этом учитывали суточную норму потребления ПНЖК, обеспечивающую физиологическую потребность человека.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований жирно-кислотных составов рыбьего жира и растительных масел представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Жирно-кислотный состав рыбьего жира

Table 1

The fatty acid composition of fish oil

Показатель	Содержание, % от суммы всех жирных кислот
Сумма насыщенных ЖК	24,71
Сумма мононенасыщенных ЖК	40,81
Сумма полиненасыщенных ЖК	33,42
Сумма полиненасыщенных жирных ω -6 кислот	8,49
Сумма полиненасыщенных жирных ω -3 кислот	22,88
Эйкозапентаеновая кислота $C_{20:5}$	6,27
Докозагексаеновая кислота $C_{22:6}$	8,2

Таблица 2

Жирно-кислотный состав растительных масел

Table 2

The fatty acid composition vegetable oils

Показатель	Содержание жирных кислот в маслах, %		
	Подсолнечное	Рапсовое	Соевое
Сумма насыщенных ЖК	13,96	7,38	16,74
Сумма мононенасыщенных ЖК	25,54	61,19	19,54
Сумма полиненасыщенных ЖК	60,50	31,43	63,72
Транс-изомеры	0,99	2,03	1,38
ω -6	58,43	22,78	52,70
ω -3	1,69	8,46	10,91

Как видно из табл. 1, используемый рыбий жир содержал 33,42 % ПНЖК, из которых 22,88 % приходится на долю ω -3 ПНЖК (ДГК и ЭПК) от суммы всех жирных кислот, что свидетельствует о высокой биологической ценности данного сырья.

При выборе липидной составляющей проведен сравнительный анализ рыбьего жира и масел растительного происхождения (подсолнечное, рапсовое, соевое).

Как видно из табл. 2 [3], образцы растительных масел содержали от 1,69 до 10,91 % ω -3 ПНЖК, что свидетельствует об их биологической ценности. Однако при сравнении жирно-кислотного состава рыбьего жира и масел растительного происхождения нужно отметить, что рыбий жир обладает повышенной биологической эффективностью, что выражалось как в качественном, так и в количественном содержании ω -3 ПНЖК (22,88 %, что в два и более раза превышало содержание эссенциальных жирных кислот типа ω -3 в сравнении с растительными маслами).

При выборе источника ω -3 ПНЖК между маслами растительного происхождения (подсолнечное, рапсовое, соевое) и животного происхождения (рыбий жир) необходимо учитывать, что рыбий жир содержит активную форму ω -3 ПНЖК – эйкозапентаеновую кислоту (ЭПК) и докозагексановую кислоту (ДГК), которые наиболее полезны и быстрее усваиваются. Главный компонент растительных масел – это альфа-линолевая кислота, неактивная форма ω -3 ПНЖК. Альфа-линолевая кислота в организме может конвертироваться в ЭПК и ДГК (причем уровень ДГК существенно ниже, чем при прие-

ме рыбьего жира), но этот процесс имеет продолжительный характер и может длиться до нескольких недель, что весьма неэффективно, особенно у пожилых людей, которым часто требуется быстрый процесс снижения уровня триглицеридов в крови [1].

Таким образом, рыбий жир обладает некоторым преимуществом по сравнению с растительными маслами, характеризуясь повышенной биологической ценностью, благодаря наличию в своем составе большего количества активных эссенциальных жирных кислот, ω -3 ПНЖК.

Полученные результаты позволили разработать состав и технологию гомогенного продукта из мышечной ткани макруруса с использованием смеси растительного масла и функционального компонента – рыбьего жира.

При проектировании состава липидной фазы, учитывая рекомендуемое соотношение ПНЖК, нами проанализированы типы и количество ПНЖК ω -3 и ω -6, входящих в состав растительного масла и рыбьего жира, с целью создания оптимального баланса между ПНЖК представленных классов.

В результате подбора качественного состава липидной фазы соотношение ПНЖК ω -3: ω -6 в готовом продукте составило 1:3,36.

Разработанная нами технология гомогенного продукта включает в себя следующие операции: приемку и хранение сырья; размораживание рыбы; мойку рыбы; разделку на обесшкуренное филе; предварительное измельчение; внесение поваренной соли; гомогенизацию; дозирование смеси растительного масла и рыбьего жира; эмульгирование; фасование; кулинарную обработку; хранение.

Процентное соотношение измельченной мышечной ткани макруруса, рыбьего жира и поваренной соли составило 70:30:0,3 (установлено экспериментально).

Качество гомогенного продукта оценивали по комплексу органолептических показателей (табл. 3) общепринятым методом, с привлечением подготовленных дегустаторов (в лаборатории сенсорного анализа) [4].

Таблица 3

Органолептическая характеристика гомогенного продукта

Table 3

Organoleptik characteristic homogeneous product

Внешний вид	Вкус	Запах	Консистенция
Однородный по структуре, гладкий, пористый белого цвета	Умеренно выраженный, рыбный, гармоничный, сладковатый в послевкусии	Умеренно выраженный рыбный	Плотная умеренно, пористая, нежная

При разработке технологии гомогенного продукта учитывалась нестабильность ПНЖК, которые склонны к легкому окислению из-за большого количества ненасыщенных двойных связей. Даже следовые количества продуктов их распада вызывают неприятный запах и вкус у продукта. Это вызвано, вероятно, включением в рецептуры продуктов воды, тепловой обработкой, диспергированием, в процессе которых система насыщается кислородом, способствующим гидролитической и окислительной порче жира. В связи с этим для успешного использования рыбьего жира и сохранения ПНЖК в готовом продукте при разработке технологии гомогенного пищевого продукта были использованы щадящие технологические приемы:

- исключение из рецептуры воды за счет использования высокообводненного сырья, представленного макрурусом (содержание воды 91,6 %);
- проведение однократного, мягкого ($t = 85 \text{ }^\circ\text{C}$), кратковременного режима термобработки (15-20 мин) с целью придания продукту кулинарной готовности;

- ограничение доступа кислорода в ходе технологического процесса за счет использования герметичной тары в ходе кулинарной обработки продукта.

Так как при технологической обработке возможны изменения содержания ω -3 ПНЖК липидного компонента, была проведена сравнительная характеристика жирно-кислотного состава рыбьего жира (см. табл. 1) и готового гомогенного продукта.

Результаты исследований показали, что состав липидов готового продукта представлен полиненасыщенными жирными кислотами, количество которых после термообработки изменяется незначительно на 1,37 %.

Исследовали изменение органолептических показателей в процессе хранения гомогенного продукта из мышечной ткани макруруса с добавлением рыбьего жира при температуре 3-5 °С в течение 5 дней. В процессе хранения на третьи сутки наблюдали появление начальной стадии органолептической неприемлемости гомогенного продукта, выраженной запахом белковой порчи, интенсивность его проявления возрастала во времени. Запах окислительной порчи отсутствовал на протяжении всего срока хранения.

Вероятно, отсутствие запаха окисления жира связано с наличием в составе рыбьего жира природного антиоксиданта – токоферола, создающего защитный эффект в ходе окислительной порчи готового продукта, что позволяет прогнозировать положительный момент в процессе хранения [2].

Таким образом, в технологии эмульсионных рыбных продуктов перспективно и целесообразно использовать липидную составляющую с рыбьим жиром в качестве функционального компонента, который является источником активных ω -3 ПНЖК.

Разработанная технология позволила получить гомогенный продукт с высокими органолептическими свойствами и направленным физиологическим воздействием за счет высокой биологической активности ω -3 ПНЖК, источником которых служит рыбий жир. Совместное использование растительного масла и рыбьего жира в технологии гомогенного продукта обеспечивает профилактическую дозу потребления ω -3 ПНЖК, играющих активную роль в поддержании здоровья человека, а также оказывает благоприятное влияние на обмен липидов за счет соблюдения оптимального баланса между ω -3: ω -6 ПНЖК в пищевом продукте.

Список литературы

1. Гусева Д.А. Природный источник ω -3 кислотолыняное масло: его особенности и характер метаболических превращений в организме [Текст] / Д.А. Гусева // *Вопр. питания.* – 2010. – Т. 79, № 1. – С. 13-20.
2. Оттавей П.Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база [Текст] / П.Б. Оттавей; пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2010. – 312 с.
3. Самойлов А.В. Некоторые аспекты моделирования сбалансированного жирно-кислотного состава спредов [Текст] / А.В. Самойлов, А.А. Кочеткова, С.М. Севериненко и др. // *Вопр. питания.* – 2008. – Т. 77, № 3. – С. 74-78.
4. Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбных продуктов [Текст] / Т.М. Сафронова. – М.: ВНИРО, 1998. – 244 с.
5. Что такое жирные кислоты омега-3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http:// www.meat-milk.ru/meat/articles/2/view/11.htm](http://www.meat-milk.ru/meat/articles/2/view/11.htm). Дата обращения 25. 08.2010.

Сведения об авторах: Сполохова Виктория Анатольевна, аспирант, e-mail: charutti84@yandex.ru;

Кращенко Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: victoriy_vl@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 637:664

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

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

МАШИННЫЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Рассмотрена работа ленточного конвейера и люлечного элеватора. Получена формула расчета мощности приводного двигателя.

Ключевые слова: конвейеры.

S.P. Grigoreva, L.K. Jurchenko, I.V. Pishchulina
**MACHINE TRANSPORTING DEVICES OF HORIZONTAL
AND VERTICAL MOVING**

Work of the tape conveyor and elevating device with ladle is considered. The formula of calculation of capacity of the drive engine is received.

Key words: conveyors.

Во многих технологических процессах возникает необходимость в перемещении материалов, которые осуществляются транспортирующими устройствами. Под машинными транспортирующими устройствами понимаются как внутримашинные транспортеры, выполняющие перемещение обрабатываемых объектов (технологическое перемещение), так и транспортеры, перемещающие объекты в определенных направлениях без какой-либо работы над ним (нетехнологическое перемещение).

Согласно классификации все транспортирующие устройства делятся:

- на конвейеры (ленточные, пластинчатые, гравитационные, вибрационные, скребковые, шнековые, цепные, гидравлические);
- элеваторы (ковшовые, люлечные, фрикционные);
- роторы и карусели (гладкие, с гнездами);
- трубопроводы (для сыпучих, жидких, фаршеобразных материалов).

Рассмотрим ленточный конвейер, который представляет собой бесконечную ленту, натянутую на двух барабанах.

Достоинствами ленточных конвейеров являются малый расход энергии, высокая производительность, способность перемещать влажный, налипающий и штучный материалы, возможность перемещать на значительные расстояния. Недостатком является трудность герметизации транспортируемого материала [1].

Изобразим конвейерную ленту с приводом веса \bar{G} , установленным на катки (рис. 1). Между приводом и неподвижной стойкой включен динамометр, который показывает реакцию соединительного троса \bar{P} . \bar{S}_1 и \bar{S}_2 – натяжения ветвей конвейерной ленты, \bar{R}_1 и \bar{R}_2 – реакции катков. Диаметр приводного барабана – d . Угловая скорость

барабана – n об/мин, $M_{вр}$ – вращающий момент от электродвигателя. Вычислим мощность электродвигателя:

$$N = M_{вр} \cdot \omega = M_{вр} \frac{2\pi n}{60} = M_{вр} \frac{\pi n}{30}.$$

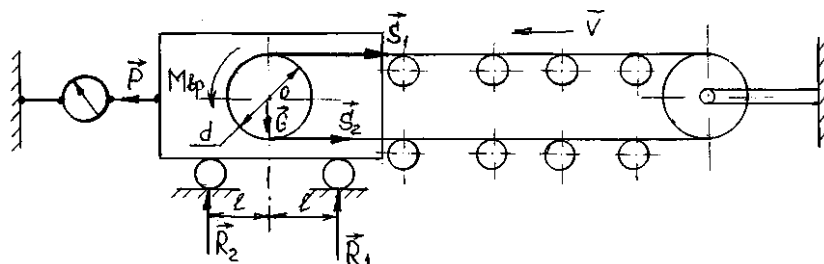


Рис. 1. Конвейерная лента
Fig. 1. A conveyor tape

Так как $M_{вр} = \text{const}$, то привод конвейера находится в равновесии, и для него можно составить уравнения статики:

$$\begin{aligned} S_1 + S_2 - P &= 0, \Rightarrow S_1 + S_2 = P, \\ R_1 + R_2 - G &= 0, \Rightarrow R_1 + R_2 = G, \\ M_{вр} - S_1 \frac{d}{2} + S_2 \frac{d}{2} - R_2 l + R_1 l &= 0, \Rightarrow M_{вр} = (S_1 - S_2) \frac{d}{2}, \end{aligned}$$

или

$$S_1 - S_2 = \frac{2M_{вр}}{d} = \frac{2 \cdot 30N}{d \cdot \pi n} = \frac{60N}{d \pi n}.$$

Решим совместно полученное уравнение и первое уравнение системы:

$$\begin{cases} S_1 + S_2 = P, \\ S_1 - S_2 = \frac{60N}{d \pi n}. \end{cases}$$

Складывая и вычитая почленно эти уравнения, получим натяжения ветвей конвейерной ленты:

$$S_1 = \frac{P}{2} + \frac{30N}{d \pi n}, \quad S_2 = \frac{P}{2} - \frac{30N}{d \pi n}.$$

Из формулы натяжения нижней ветви следует:

$$S_2 = \frac{P}{2} - \frac{30N}{d \pi n} > 0, \quad P > \frac{60N}{d \pi n},$$

или

$$P > \frac{N}{V} \left(\frac{2\pi n}{60} = \omega; \quad \frac{\pi n}{60} = \frac{\omega}{2}; \quad d = 2R; \quad V = \omega \cdot R \right);$$

$$\boxed{N < P \cdot V},$$

где V – линейная скорость движения ветви конвейерной ленты.

Полученная формула позволяет в некоторой степени правильно выбрать мощность электродвигателя, так как завышенная мощность, по данным практики, не способствует устойчивой работе конвейера.

Дополнительно определим минимальную скорость ветви, при которой несомая частица материала отделяется от поверхности ленты в месте ее набегания на барабан (рис. 2).

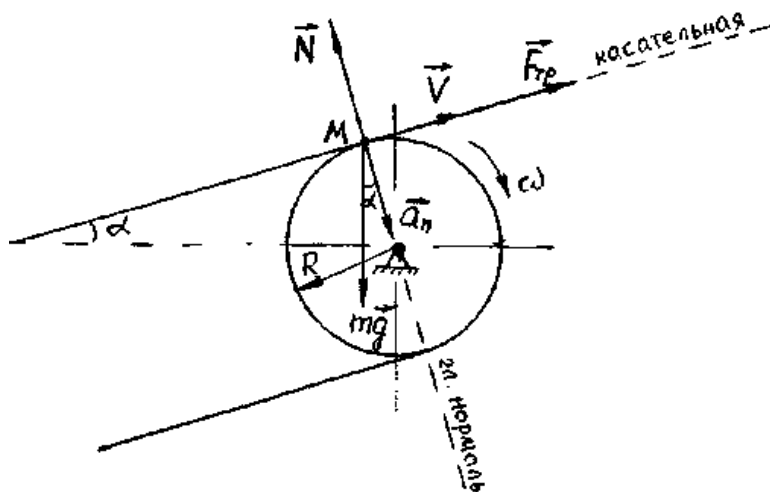


Рис. 2. Силы, действующие на несомую частицу
Fig. 2. Forces, which operate on a moved particle

На частицу материала, находящуюся в точке М набегания ленты на барабан, действует ее сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная реакция барабана \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{тр}$.

Так как барабан вращается равномерно с угловой скоростью ω , то ускорение частицы имеет только нормальную составляющую

$$\alpha = \alpha_n = \frac{V^2}{R},$$

где $V = R\omega$ – скорость ветви.

Ускорение направлено по радиусу к оси вращения.

Основное уравнение динамики для этой частицы имеет вид:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}.$$

Спроецируем это уравнение на главную нормаль в точке М:

$$m\alpha_n = mg\cos\alpha - N \Rightarrow N = mg\cos\alpha - m\frac{V^2}{R}.$$

Частица будет отделяться от ленты в случае $N = 0$.

$$mg\cos\alpha - m\frac{V^2}{R} = 0 \Rightarrow V^2 = gR\cos\alpha,$$

или

$$V = \sqrt{gR\cos\alpha}.$$

Из полученной формулы следует, что несомая частица будет отделяться от ленты барабана при увеличении угла наклона ленты к горизонту. При этом можно уменьшить линейную скорость движения ленты [2].

Для вертикального перемещения сыпучих материалов, перемещения штучного груза в вертикальной плоскости, при загрузке-выгрузке готовой продукции в склад, трюм используются элеваторы. На рис. 3 показана схема цепного люлечного элеватора, который осуществляет вертикальное перемещение груза весом \vec{G} с постоянной скоростью \vec{V} .

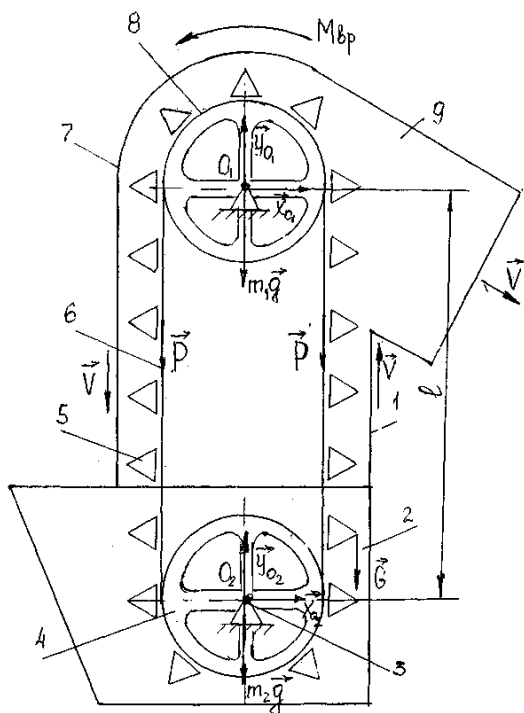


Рис. 3. Схема элеватора: 1 – кожух; 2 – башмак; 3 – винтовое устройство; 4, 8 – натяжной и приводной барабаны; 5 – ковш; 6 – лента; 7 – головка; 9 – разгрузочное устройство
 Fig. 3. The scheme elevator: 1 – a casing; 2 – a boot; 3 – a screw device; 4, 8 – tension and drive drums; 5 – a ladle; 6 – a tape; 7 – a head; 9 – the unloading device

Пренебрегая сопротивлением опор, определим необходимую мощность приводного электродвигателя элеватора $N_{дв}$.

Рассмотрим элеватор как механическую систему, состоящую из приводного и натяжного барабанов, двух участков цепи длиной ℓ каждый. Обозначим q , Н/м, вес одного погонного метра длины цепи с люльками; \vec{P} – вес холостой ветви цепи ($P = q\ell$); $(\vec{P} + \vec{G})$ – вес рабочей части, где \vec{G} – вес груза; R – радиус барабана; $m_1 \vec{g}$ – вес приводного барабана; $m_2 \vec{g}$ – вес натяжного барабана; $\vec{X}_{0_1}, \vec{Y}_{0_1}, \vec{X}_{0_2}, \vec{Y}_{0_2}$ – реакции опор барабанов соответственно.

Воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии механической системы:

$$T - T_0 = \sum A_k^e.$$

Так как система движется с постоянной скоростью, то

$$T - T_0 = 0.$$

Вычислим сумму работ всех внешних сил, действующих на систему:

$$A(m_1\vec{g}) = A(m_2\vec{g}) = A(\vec{R}_{O_1}) = A(\vec{R}_{O_2}) = 0.$$

$$A(\vec{P}) = P\ell; \quad A(\vec{P} + \vec{G}) = -(P + G)\ell; \quad A(M_{\text{впр}}) = M_{\text{впр}}\varphi,$$

где φ – угол поворота приводного барабана.

$$\varphi = \frac{\ell}{R}, \quad \text{тогда} \quad A(M_{\text{впр}}) = M_{\text{впр}} \frac{\ell}{R}.$$

$$\sum A_k^e = P\ell - P\ell - G\ell + M_{\text{впр}} \frac{\ell}{R} = 0 \Rightarrow M_{\text{впр}} = G \cdot R.$$

Известно, что

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{впр}} \cdot \omega = G \cdot R \frac{V}{R} = G \cdot V;$$

$$\boxed{N = G \cdot V}$$

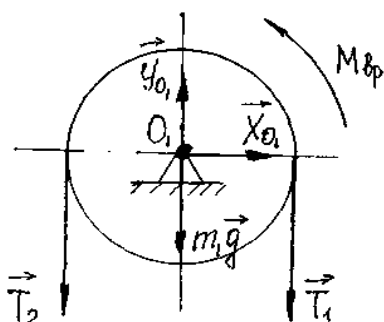


Рис. 4. Приводной барабан
Fig. 4. Drive drum

Полученная формула позволяет сделать вывод, что мощность электродвигателя подбирается в зависимости от скорости движения груза и максимальной величины веса поднимаемых грузов.

Посчитаем реакцию опоры приводного барабана. Для этого рассмотрим его равновесие (рис. 4).

Натяжение холостой ветви цепи:

$$T_2 = q \cdot \ell;$$

натяжение рабочей ветви:

$$T_1 = T_2 + G = q \cdot \ell + G,$$

где G – вес груза.

Составим уравнения уравновешенности произвольной плоской системы сил:

$$X_{O_1} = 0,$$

$$Y_{O_1} - m_1 g - T_1 - T_2 = 0,$$

$$M_{\text{впр}} + T_2 \cdot R - T_1 \cdot R = 0.$$

Из второго уравнения получаем вертикальную составляющую реакции опоры:

$$Y_{O_1} = m_1 g + T_1 + T_2 = m_1 g + q\ell + q\ell + G = m_1 g + 2q\ell + G.$$

Результат позволяет сделать вывод, что нагрузка на опору приводного барабана складывается из веса $m_1\vec{g}$ самого барабана, веса двух ветвей цепи и поднимаемого груза.

Из третьего уравнения получим величину вращающего момента от электродвигателя:

$$M_{вр} = -T_2R + T_1R = -q\ell R + q\ell R + GR = G \cdot R .$$

Что не противоречит результату, полученному выше при применении теоремы об изменении кинетической энергии.

Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики [Текст] / С.М. Тарг. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
2. Антипов С.Т. Машины и аппараты пищевых производств [Текст]: учеб. для вузов: в 2 кн. / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. Кн. 2.– 680 с.

Сведения об авторах: Григорьева Светлана Петровна, главный специалист ИЗО, e-mail: spu_vl@lift.ru;

Юрченко Лилия Константиновна, доцент;

Пищулина Ирина Валентиновна, старший преподаватель,

e-mail:stepka_53@mail.ru.

УДК 531.3

Н.П. Кадочникова

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

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Теоретическая механика, используя упрощенные модели, позволяет решать инженерные задачи, как в случае расчета механизма подъема трала на судне.

Ключевые слова: работа, сила, механическая система, кинетическая энергия.

N.P. Kadochnikova

DYNAMIC CALCULATION OF MECHANICAL SYSTEM

Theoretical mechanics using simpler models allows to solve engineering problems, such as, for example, calculation of mechanism for lifting the trawl on the ship.

Key words: work, power, mechanical system, kinetic energy.

С помощью зубчатых колес и троса, намотанного на барабан, по слипу поднимается трал из состояния покоя (рис. 1).

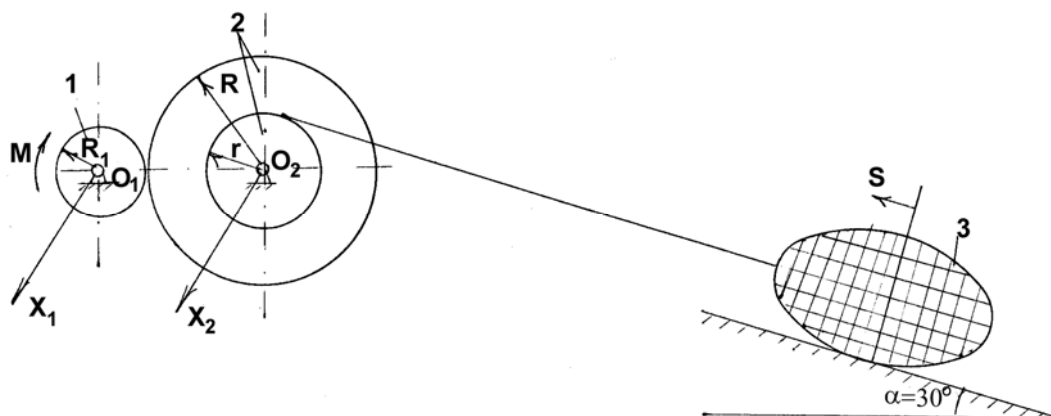


Рис. 1. Схема подъема трала
Fig. 1. Scheme of lifting the trawl

К колесу 1 приложен вращающий момент M . Учитывая трение скольжения трала 3 и постоянный момент M_c сопротивления вращению тела 2, пренебрегая другими силами сопротивления и массой троса, предполагаемого нерастяжимым, определить угловую скорость вращения колеса 1, когда пройденный тралом путь станет равным S .

Приняты следующие обозначения:

$\bar{G}_1, \bar{G}_2, \bar{G}_3$ – силы тяжести тел 1, 2, 3;

R_1, R, r – радиусы больших и малых окружностей;

i_{2x} – радиус инерции колеса 2 относительно оси X_1 , перпендикулярной плоскости колеса 2, проходящей через центр колеса;

$\alpha = 30^\circ$ – угол наклона слипа к горизонту;

f – коэффициент трения скольжения трала.

Дано:

$$M = 0,6G, \quad M_c = 0,2G, \quad G_1 = G, \quad G_2 = 2G, \quad G_3 = 6G,$$

$$R = 2r, \quad r = 0,6\text{ м}, \quad R_1 = 0,1\text{ м}, \quad L_{2x} = r\sqrt{2},$$

$$f = 0,1, \quad S = 1\text{ м}.$$

Определить: ω_1 .

Рассмотрим движение механической системы, состоящей из тел 1, 2, 3. Тела 1, 2 совершают вращательные движения вокруг неподвижных осей O_1X_1 O_2X_2 . Тело 3 – трал движется поступательно.

Воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы [1]:

$$\begin{aligned} T - T_0 &= \sum A_k^e, \\ T_0 &= 0 \quad (V_0 = 0 \text{ движение из состояния покоя}) \\ T &= \sum A_k^e, \end{aligned} \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия системы, выразим её через угловую скорость колеса 1 (ω_1), используя кинематические соотношения рис. 2 [2].

$$\begin{aligned} V_A &= \omega_1 R_1; \quad \omega_2 = \frac{V_A}{R} = \frac{\omega_1 R_1}{R} = \frac{\omega_1 R_1}{2r}; \\ V_B &= \omega_2 \cdot r = \frac{\omega_1 R_1}{2}; \quad V_3 = V_B = \frac{\omega_1 R_1}{2}. \end{aligned} \quad (2)$$

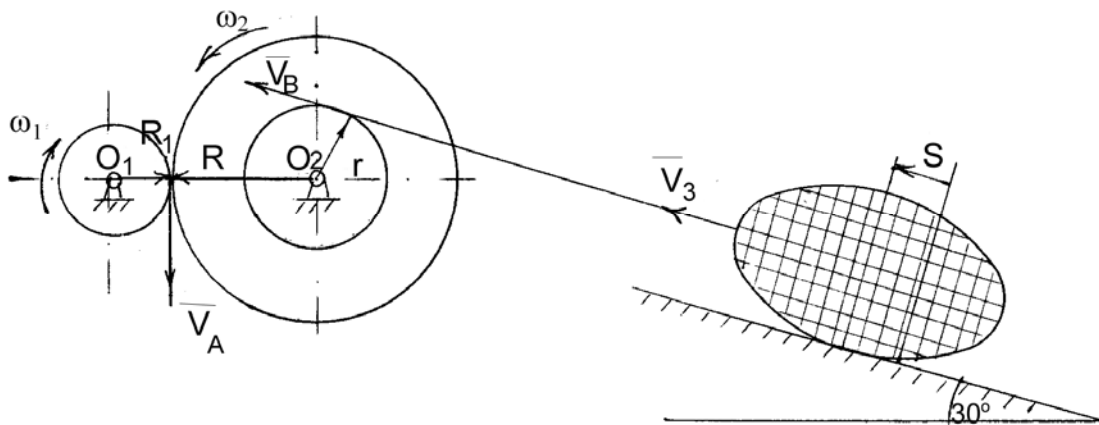


Рис. 2. Кинематическая схема
Fig. 2. Kinematic scheme

Используя соотношения между скоростями, запишем соотношения между перемещениями φ_1, φ_2, S :

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}; \quad \varphi_2 = \frac{\varphi_1 R_1}{R}; \quad V = \frac{ds}{dt}; \quad S = \frac{\varphi_1 R_1}{2}. \quad (3)$$

Определим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел, входящих в систему

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \quad ,$$

$$T_1 = \frac{J_{1x} \cdot \omega_1^2}{2} = \frac{m_1 R_1^2 \cdot \omega_1^2}{4} = \frac{G_1 R_1^2 \omega_1^2}{4g} \quad ,$$

$J_{1x} = \frac{m_1 R_1^2}{2}$, $J_{2x} = m_2 L_{2x}^2$ – моменты инерции колес 1, 2 относительно осей $O_1 X_1$, $O_2 X_2$,
 $G = mg$.

$$T_2 = \frac{J_{2x} \cdot \omega_2^2}{2} = \frac{m_2 L_{2x}^2 \cdot \omega_2^2}{2} = \frac{G_2 (r\sqrt{2})^2 \omega_1^2 R_1^2}{4r^2} = \frac{G \omega_1^2 R_1^2}{2g} \quad ,$$

$$T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{G_3 \omega_1^2 R_1^2}{g \cdot 2 \cdot 4} = \frac{6G \omega_1^2 R_1^2}{g \cdot 2 \cdot 4} = \frac{3G \omega_1^2 R_1^2}{4g} \quad ,$$

$$T = \frac{G R_1^2 \omega_1^2}{4g} + \frac{6 \omega_1^2 R_1^2}{2g} + \frac{3G \omega_1^2 R_1^2}{4g} = \frac{6G \omega_1^2 R_1^2}{4g} \quad .$$
(4)

Определим работу внешних сил ΣA_k^e [2].

Покажем положение тел системы, когда трал пройдет путь S , и внешние силы, действующие на систему (рис. 3).

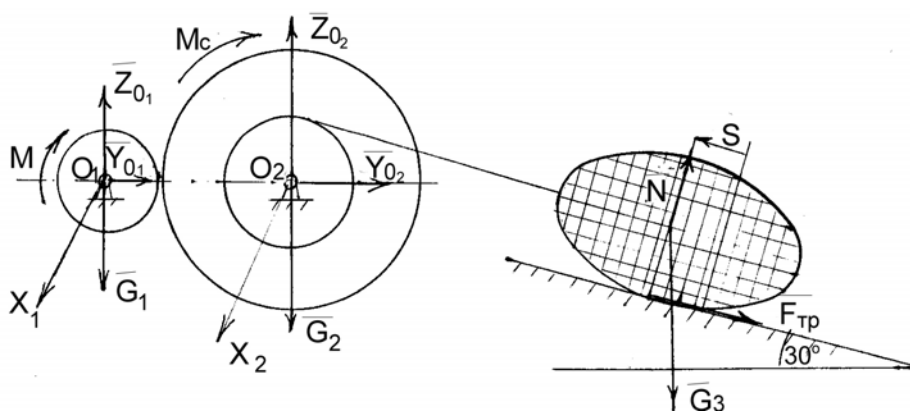


Рис. 3. Положение тел в конечный момент
 Fig. 3. Position of the bodies at the last moment

$\bar{G}_1, \bar{G}_2, \bar{G}_3$ – силы тяжести тел 1, 2, 3;

$(\bar{Y}_{O_1}, \bar{Z}_{O_1}), (\bar{Y}_{O_2}, \bar{Z}_{O_2})$ – реакции шарнирно-неподвижных опор O_1, O_2 ;

(\bar{N}, \bar{F}_{mp}) – реакция шероховатой поверхности, по которой движется трал;

M – вращающий момент, M_c – момент сопротивления вращению тела 2.

Найдем сумму работ внешних сил, когда тело 1 повернется на угол φ_1 , тело 2 – на угол φ_2 , тело 3 пройдет путь S .

$$\Sigma A_k^e = M\varphi_1 - M_c\varphi_2 - G_3 S \cdot \sin 30^\circ - F_{mp} S \quad ,$$

$$A(\bar{N}) = 0 \quad \bar{N} \perp \text{перемещения.}$$

Работа сил $\bar{G}_1, \bar{G}_2, \bar{Y}o_1, \bar{Z}o_1, \bar{Y}o_2, \bar{Z}o_2$ равна нулю, так как точки приложения сил не перемещаются, φ_1, φ_2 выразим через S , используя формулы (3):

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{2S}{R_1}, \quad \varphi_2 = \frac{S}{r}, \\ F_{mp} &= f \cdot N = f \cdot G_3 \cos 30^\circ = 0,1 \cdot 6G \cdot 0,86 = 0,52G, \\ \Sigma A_k^e &= M \cdot \frac{2S}{R_1} - M_c \frac{S}{r} - G_3 S \sin 30^\circ - 0,52G \cdot S, \\ \Sigma A_k^e &= 8,15GS, \end{aligned} \tag{5}$$

подставим в формулу (1) формулы (4), (5):

$$\frac{6G\omega_1^2 R^2}{4g} = 8,15GS \quad \omega_1 = 74 \text{ c}^{-1}.$$

Используя модель подъёма трала, можно определить угловую скорость ведущего колеса, при которой трал будет подниматься и рыба при таком подъёме не утратит свой товарный вид.

Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики [Текст] / С.М. Тарг. – М.: Наука, 2003. – 416 с.
2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике [Текст] / под ред. А.А. Яблонского. 15-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2006. – 384 с.

Сведения об авторах: Кадочникова Нина Павловна, доцент.

УДК 629.113(114)

И.Н. Кукушкин¹, С.В. Демихов²

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

²Рязанское высшее воздушно-десантное училище,
390031, г. Рязань, ул. Каляева, 20

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВОРОТА КОЛЕСНО-ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Представлен один из вариантов комплексного решения проблемы одновременного обеспечения быстроходности и проходимости транспортных средств – применение комбинированного движителя, объединяющего преимущества как колесных, так и гусеничных машин.

Ключевые слова: колесный движитель, гусеничный движитель, комбинированный движитель.

I.N. Kukushkin, S.V. Demikhov THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF WHEEL-TRACK VEHICLE TURN

One of the variants of problem integral approach of simultaneous maintenance of high-speed motion and cross-country ability of vehicles is presented in this article this variant is the ease of combined drivers uniting the advantages of both wheel and track vehicles.

Key words: wheel driver, track driver, combined driver.

Подвижность характеризуется способностью исправных и работоспособных машин перемещаться с максимально возможной скоростью в различных дорожных и климатических условиях. Основными свойствами, определяющими подвижность объектов, являются проходимость, быстроходность и маневренность, а основным оценочным показателем – средняя скорость движения на заданном маршруте [1].

Анализ особенностей эксплуатации машин, применяемых в интересах силовых ведомств, структурах нефтегазовой отрасли и лесного хозяйства на территории РФ, показывает, что спектр дорожных и климатических условий их предполагаемого использования достаточно широк: от автомагистралей до бездорожья.

Общеизвестно, что колесный движитель на усовершенствованных покрытиях обеспечивает более высокие по сравнению с гусеничным скорости движения, в то время как для гусеничных машин, в основном за счет высокой проходимости, характерны более высокие средние скорости по бездорожью, что особенно важно для транспортных средств высокой проходимости. Однако, обладая столь существенным преимуществом, гусеничный движитель имеет значительные внутренние потери и существенно меньший ресурс [2].

Идея сочетания обоих типов движителей в одной конструкции не нова. Учеными различных стран были созданы и нашли свое применение более 40 образцов, в которых сочетались в различных вариантах колесный и гусеничный движители.

Еще в 60-х гг. XX в. теоретические и экспериментальные исследования, выполненные под руководством профессора Д.А. Антонова в направлении оптимизации структуры силового привода и конструкции машин с комбинированным движителем (МКД), показали, что наиболее рациональное совместное использование колесного и гусенич-

ного движителей обеспечивается в конструкции колесной машины с вспомогательным гусеничным движителем [3]. При такой компоновке, обладая высокой максимальной скоростью на колесном ходу, МКД по проходимости не уступает гусеничным машинам, обеспечивая близкие значения давления на опорную поверхность. Учитывая тот факт, что обоснованное использование гусеничного движителя на грунтах с низкой несущей способностью обеспечивается на 20-25 % общего пробега машины, можно отметить сопоставимость сроков службы пневматических шин и гусеничных цепей.

Техническое несовершенство конструкций комбинированных движителей и их приводов, низкие показатели надежности трансмиссий и плохая маневренность МКД при одновременном использовании колес и гусениц в то время не позволили в полной мере использовать преимущества комбинированного движителя.

В настоящее время ужесточение требований к подвижности образцов транспортных средств, предназначенных для эксплуатации в тяжелых дорожных условиях, стало причиной возрождающегося интереса к конструкциям МКД как к одному из вариантов решения данной проблемы.

С целью оценки влияния факторов, определяющих снижение эффективности применения комбинированного движителя, на базе Рязанского военного автомобильного института совместно с МГТУ им. Н.Э.Баумана были проведены экспериментальные исследования. В качестве объекта испытания использовался образец колесной машины с вспомогательным гусеничным движителем.

В результате исследований установлено, что проблемы, вызванные одновременным использованием колесного и гусеничного движителей, условно можно разбить на два блока: первый определяется потерями мощности в замкнутых силовых контурах, второй – трудностью обеспечения требуемых показателей маневренности [4].

В отношении первой составляющей результаты исследований показали, что даже при неблокированном приводе распределение продольно-толкающих усилий, формируемых элементами движителя, происходит крайне неравномерно (рис. 1). На рис. 1 расчетные данные показаны пунктиром, экспериментальные – сплошной линией.

Причиной данного обстоятельства является наличие циркуляции. Разработанные в процессе исследования конструктивные схемы силовых (трансмиссионных) приводов с вариаторным, гидрообъемным и гидродинамическим регулированием мощности на вспомогательный гусеничный движитель предполагают возможность введения определенного значения величины кинематического рассогласования в зависимости от условий движения [4].

Результаты имитационного моделирования динамики движения МКД показали, что реализация в конструкции разработанных в процессе исследования схем позволит обеспечить равномерное распределение продольно-толкающих усилий по элементам движителя, что максимизирует суммарное тяговое усилие, обеспечивающее существенное повышение проходимости (рис. 2).

Величина кинематического рассогласования при этом выбирается из условия максимизации суммарного продольного толкающего усилия, развиваемого движителем. Установленные для прямолинейного движения величины кинематического рассогласования оказываются малоэффективными на участках криволинейного движения. При этом на повороте ведущие управляемые колеса работают в тормозном режиме [5].

В известных конструкциях МКД поворот обеспечивается, как правило, использованием кинематического способа, т.е. за счет поворота управляемых колес. Наличие на машинах наряду с эластичными управляемыми колесами неуправляемого гусеничного движителя отрицательно сказывается на маневренности МКД при совместной работе обоих типов движителей.

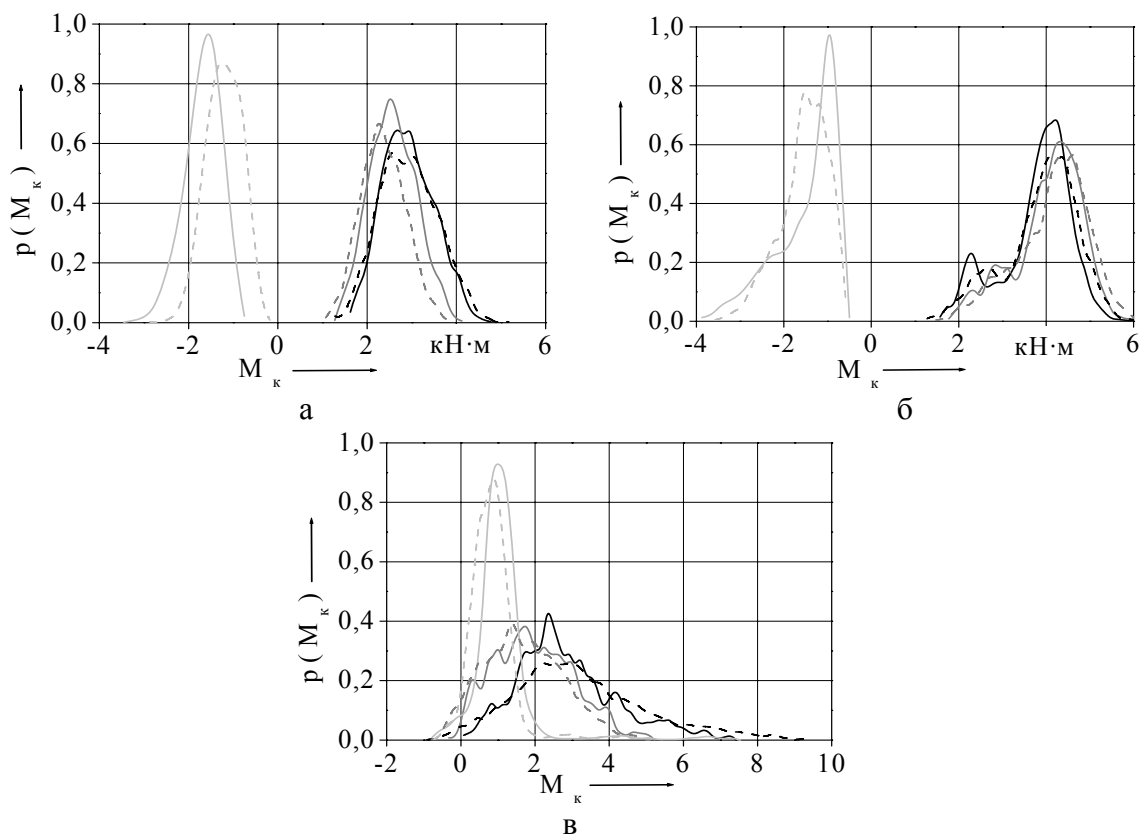


Рис. 1. Функции плотности распределения процессов изменения крутящих моментов на колесах и гусеницах при движении с постоянной скоростью по деформируемой опорной поверхности:
 а – грунтовая дорога; б – луговина; в – вспаханное поле
 Fig. 1. Functions of density of distribution of torque moments chaining processes on wheels and tracks at motion with constant speed along deformable thrust surface:
 а – the ground; б – the meadow; в – the ploughed field

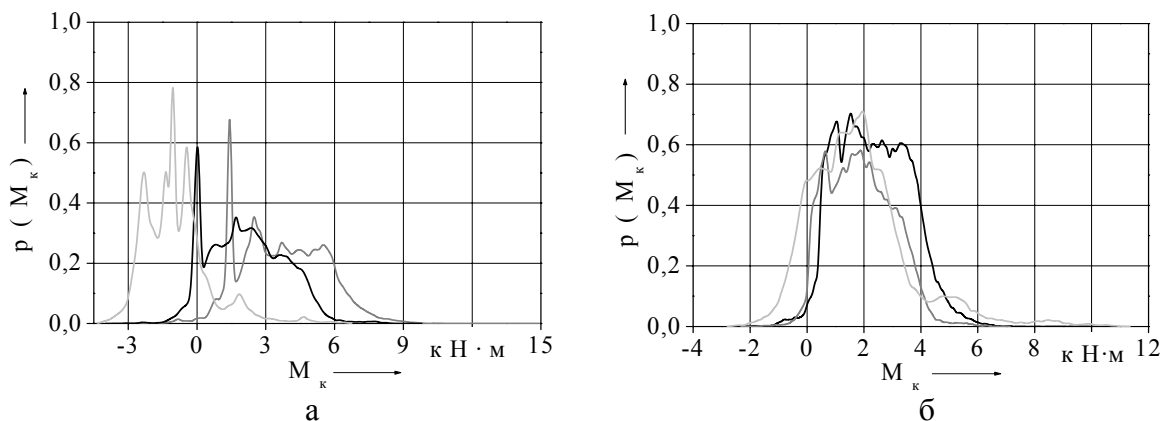


Рис. 2. Функции плотности распределения процессов изменения крутящих моментов на элементах комбинированного движителя при имитационном моделировании движения МКД по типизированному циклу: а – при отсутствии кинематического рассогласования;
 б – при введении кинематического рассогласования
 Fig. 2. Functions of density of distribution of torque moments changing on elements of combined driver at imitation model of VCD motion per standard cycle: а – without kinematic misalignment;
 б – with kinematic misalignment

Поведение машины при движении по криволинейной траектории в условиях недостаточного сцепления колес с опорной поверхностью непредсказуемо, что вызывает необходимость постоянной концентрации внимания водителя, увеличения частоты приложения управляющих воздействий, повышение утомляемости, ухудшает эргономические показатели МКД и негативно влияет на безопасность движения в целом.

При рассмотрении вопросов криволинейного движения МКД необходимо учитывать некоторые особенности формирования поворачивающего момента в процессе одновременного использования эластичного колесного и жесткого гусеничного движителей.

Так, при совместной работе эластичного и жесткого движителей при максимальных значениях углов поворота управляемых колес должно быть обеспечено рассогласование в приводе порядка 8 %. При отсутствии такого рассогласования элементы эластичного колесного движителя при повороте будут принудительно проталкиваться в направлении движения гусеничным движителем. Таким образом, колесный движитель будет работать в тормозном режиме.

Схема сил, действующих при повороте на эластичное управляемое колесо, представлена на рис. 3.

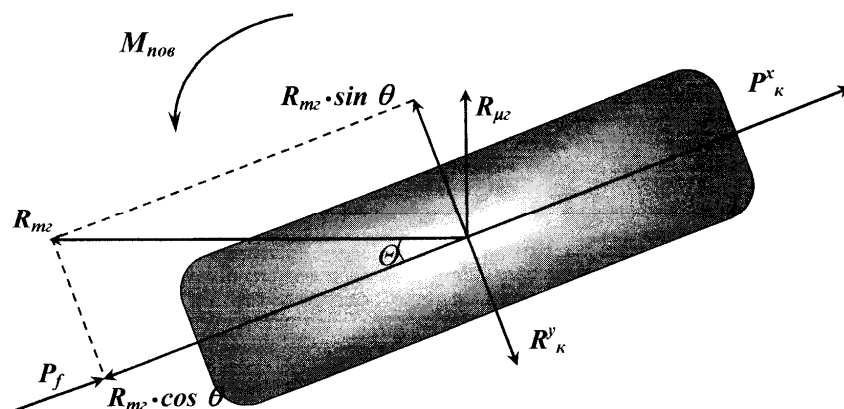


Рис. 3. Схема сил, действующих на управляемое колесо МКД при повороте
Fig. 3. Scheme of forces acting on VCD wheel turning

Помимо традиционно рассматриваемых сил на колесо будет действовать сила R_{m2} от работающего в толкающем режиме жесткого гусеничного движителя.

Кроме того, смещение мгновенного центра поворота на величину x (рис. 4), обусловленное не только боковыми силами, но и смещением расположения жесткого движителя по длине базы машины, вызывает появление на гусенице пары реакций R_{23} и R_{32} , создающей момент сопротивления повороту со стороны гусеничного движителя $M_{с2}$ и поперечной реакции $R_{п2}$. Последняя сила, в свою очередь, воздействует на колесный движитель неравномерно ($R_{упл} \neq R_{уз3}$) вследствие смещения x , что оказывает существенное влияние на показатели маневренности.

Повышение показателей маневренности можно добиться путем вовлечения гусеничного движителя в процесс формирования поворачивающего момента за счет использования механизма поворота при условии обеспечения кинематического согласования колесной и бортовой схем поворота.

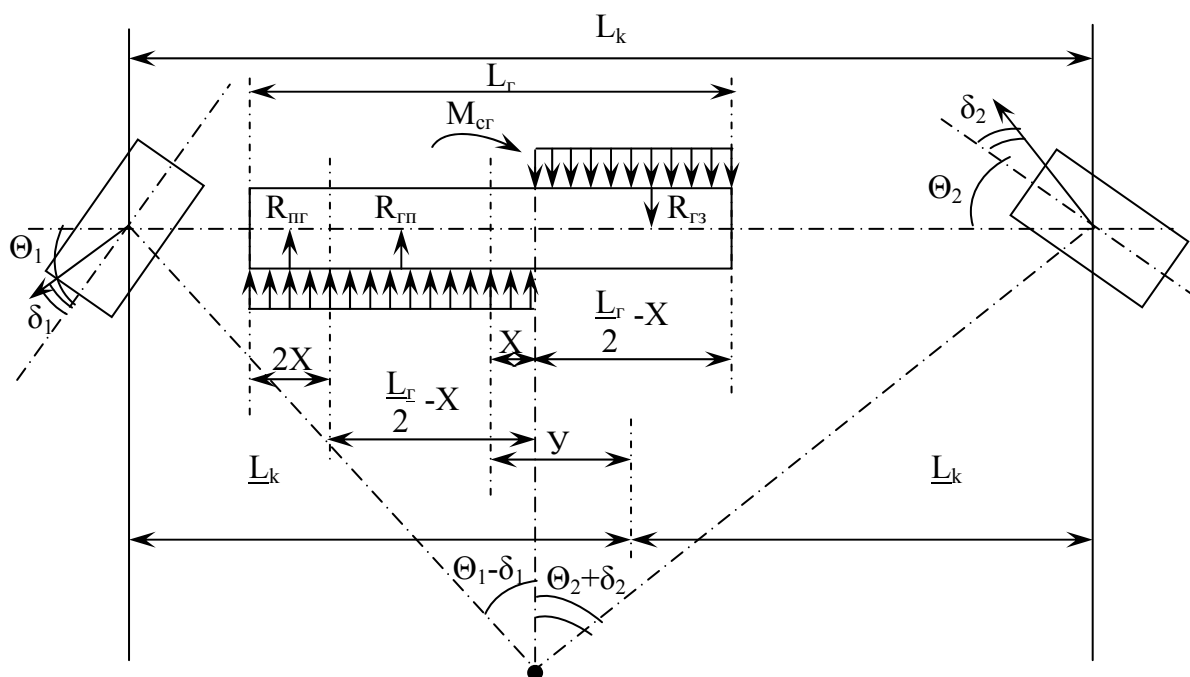


Рис. 4. Схема сил, формирующих поворачивающий момент МКД
 Fig. 4. Scheme of forces forming the turning moment of VCD

Результаты расчетного исследования показали, что применение гидрообъемного механизма поворота (ГОМП) позволит обеспечить возможность наилучшего (с точки зрения кинематики) согласования колесной и бортовой схем поворота посредством смещения их мгновенных центров [6]. Однако оценка целесообразности применения ГОМП в качестве элемента управления вспомогательным двигателем показала недостаточный эффект. Данное обстоятельство обусловлено сложностью изготовления и высокой стоимостью ГОМП, а также трудностью согласования его работы с работой рулевого привода управляемых колес.

В ходе испытаний было установлено, что на изменение минимального радиуса поворота МКД существенное влияние оказывает перераспределение нагрузки между колесным и гусеничным движителями [7]. Значения минимальных радиусов поворота при движении на колесном ходу и при полностью отжатой гусенице отличаются незначительно (разница составляет порядка 6 %). В то же время по результатам эксперимента установлено, что при нагрузке на гусеничный движитель, составляющей порядка 60 % от максимально установленной, минимальный радиус поворота уменьшался почти вдвое. Таким образом, можно констатировать, что повышение маневренности МКД при одновременном использовании колес и гусениц может быть достигнуто только за счет регулирования нагрузки на гусеничный движитель в зависимости от условий движения без усложнения конструкции МКД.

Проведенные исследования показали целесообразность применения комбинированного движителя на транспортных средствах высокой проходимости, обеспечивающего существенное повышение их подвижности и эффективности применения в целом при условии реализации полученных в ходе исследования теоретических и практических результатов.

Список литературы

1. Васильченков В.Ф. Автомобили и гусеничные машины. Теория эксплуатационных свойств [Текст] / В.Ф. Васильченков. – Рыбинск: Издание АООТ «РДП» – АРП, 1996. – 432 с.
2. Афанасьев Б.А. Проектирование полноприводных колесных машин [Текст]: учеб. для вузов / Б.А. Афанасьев, Н.Ф. Бочаров, Л.Ф. Жеглов и др.; под общ. ред. А.А. Полунгяна. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 488 с.
3. Антонов Д.А. Теоретическая разработка основ проектирования боевых колесных машин [Текст]: отчет о НИР «Методика определения величины кинематического рассогласования между ведущими элементами движителей с различной тангенциальной эластичностью». – М.: Академия БТ войск, 1965. – 181 с.
4. Медведев Е.В. Комбинированный движитель как средство повышения подвижности [Текст] / Е.В. Медведев, С.В. Демихов, А.М. Клиншов // Тез. докл. IV Междунар. автомоб. науч. форума. – М.: НАМИ, 2006. – С. 74-82.
5. Демихов С.В. Особенности математического моделирования поворота машины с комбинированным движителем [Текст] // Сб. науч. тр. РВАИ. – Рязань, 2007. – Вып. 17. – С. 102-105.
6. Пат. 2297355 Российская Федерация, МПК¹¹ В 62 D 11/24. Рулевое управление самоходной машины [Текст] / Е.В. Медведев, С.В. Демихов, Ю.О. Троян; заявитель и патентообладатель Ряз. воен. автомоб. ин-т им. генерала армии В.П. Дубынина. – № 2005103867/11; заявл. 14.02.05; опубл. 20.04.07, Бюл. № 11. – 6 с.
7. Демихов С.В. Пути повышения управляемости машин с комбинированным движителем [Текст] / С.В. Демихов, Е.В. Медведев, А.М. Клиншов // Наука и образование XXI века: сб. науч. тр. по материалам докл. на III Междунар. научн.-практ. конф. – Рязань: СТИ, 2009. – Т. 1. – С. 82-86.

Сведения об авторах: Кукушкин Игорь Николаевич, доцент;

Демихов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: v.semynin@yandex.ru.

УДК 629.113(114)

И.Н. Кукушкин¹, А.А. Манухин²

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

²Рязанское высшее воздушно-десантное училище
390031, г. Рязань, ул. Каляева, 20

АНАЛИЗ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КОЛЕСНОГО И ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЕЙ

На основе анализа связей колесного и гусеничного движителей приводятся их модели, характеризующие совместную работу при движении машины с комбинированным движителем.

Ключевые слова: колесный движитель, гусеничный движитель, комбинированный движитель.

I.N. Kukushkin, A.A. Manukhin

THE ANALYSIS OF WHEEL AND TRACK DRIVERS COMBINED OPERATION

The present article deals with the models of wheel and track drivers on the basis of their analysis. These models characterize the joint operation at vehicle motion with combined drivers.

Key words: wheel driver; track driver; combined driver.

Особенности совместной работы колесного движителя (КД) и гусеничного движителя (ГД) рассматривались в работах [1], [2], [3] и др. Основными выводами этих работ являются целесообразность применения комбинированного движителя на машинах при решении задач по исключению циркуляции мощности, формируемой под влиянием кинематического несоответствия при работе движителей с различной тангенциальной эластичностью. Однако несовершенство конструкции движителей и трансмиссий машин с комбинированным движителем (МКД) из-за отсутствия устройств по рациональному распределению мощности, обеспечивающему изменение величины КР в зависимости от условий сопротивления движению, в то время не позволило в полной мере использовать преимущества комбинированного движителя.

Модель качения эластичного колеса по восприятию продольных нагрузок известна [4]:

$$\dot{x} + \dot{x}_n - K_{сж} \cdot r_0 \cdot \dot{\phi}_k = 0, \quad (1)$$

где \dot{x} – скорость движения колеса, м/с; \dot{x}_n – скорость продольного проскальзывания находящихся в соприкосновении с опорной поверхностью элементов шины, м/с; $K_{сж}$ – коэффициент сжатия набегающих волокон, учитывающий относительное сжатие от вертикальных и продольных нагрузок и проскальзывание пятна контакта по опорной поверхности; r_0 – свободный радиус колеса, м; $\dot{\phi}_k$ – угловая скорость колеса, с⁻¹.

На основании этой формы записи математической модели, проведя аналогию, можно составить математическую модель гусеничного движителя.

Первой составляющей в уравнении является скорость движения. Для гусеничного движителя скорость движения можно записать по аналогии с колесом:

$$\dot{x}_{вк} = r_{вк} \cdot \dot{\phi}_{вк}, \quad (2)$$

где $\dot{x}_{\text{вк}}$ – скорость ведущего колеса, равная относительной скорости гусеничного обвода, м/с; $r_{\text{вк}}$ – приведенный радиус ведущего колеса, м.

$$r_{\text{вк}} = \frac{lz}{2\pi}, \quad (3)$$

где l – шаг звена гусеничной цепи, м; z – число звеньев, перематываемых ведущим колесом за один оборот; $\dot{\phi}_{\text{вк}}$ – угловая скорость ведущего колеса, с^{-1} .

В рассматриваемом случае на скорость движения движителей влияют их характеристики и характер взаимодействия с опорной поверхностью. В колесном движителе эти факторы учитываются коэффициентом $\kappa_{\text{сж}}$. В гусеничном движителе при движении характеристики гусеничного обвода по сравнению с колесным практически не изменяются, а характер взаимодействия с опорной поверхностью будет учитываться коэффициентом скольжения $s_{\text{сж}}$. При этом под коэффициентом $s_{\text{сж}}$ понимается отношение переносной скорости v_n гусеничного движителя относительно опорной поверхности к относительной скорости v_0 гусеничного движителя относительно корпуса МКД:

$$s_{\text{сж}} = \frac{v_n}{v_0}. \quad (4)$$

В качестве второй составляющей для гусеничного движителя можно принять смещение опорной ветви гусеницы $x_{\text{пе}}$ (рис. 1), возникающее в результате взаимодействия опорных катков с траками при движении по твердому основанию, в случае качения жесткого катка. Под действием нормальной силы $C_{\text{кп}}$ вначале трак i резко поворачивается по часовой стрелке, опираясь на кромку C_i , (рис. 1). Трак $i+1$ прижат к грунту меньшей силой, чем трак i , и выдавливается вперед. Уменьшение угла ϕ_i между опорной поверхностью и траком i происходит равномерно в связи с равномерностью движения катка. Затем начинает плавно поворачиваться следующий трак $i+1$ против часовой стрелки. Трак $i+1$ оказывается прижатым к грунту большей силой, чем трак i , поэтому последний подтягивается вперед. В результате происходит юз гусеницы.

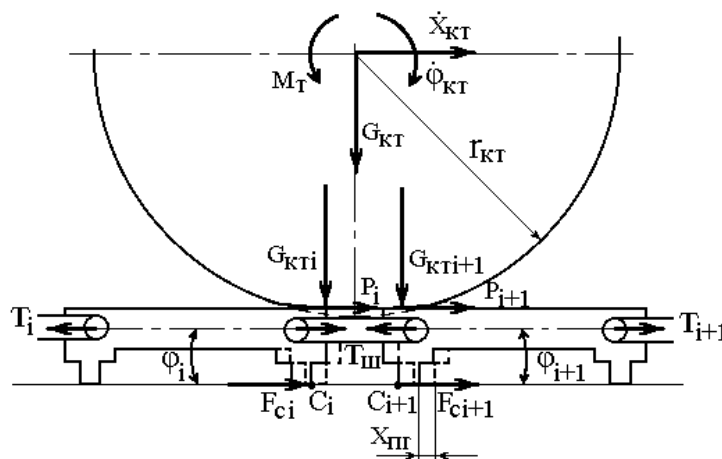


Рис. 1. Плоская модель взаимодействия смежных траков при качении одиночного катка
Fig. 1. Flat model of adjacent tracks interaction at single roller rocking

После того как линия действия нормальной силы $G_{км}$ перейдет через кромку C_{i+1} , опираясь на которую поворачивается трак $i+1$, последний займет устойчивое положение. Кромка C_{i+1} скользит обратно – происходит буксование. Уменьшение величины угла ϕ_{i+1} между опорной поверхностью и траком $i+1$ резкое. Таким образом, возникает смещение опорной ветви гусеницы. На смежные звенья действуют возникающие из-за приложенной по длине контактного пятна вертикальные результирующие силы $G_{кмi}$ и $G_{кмi+1}$ (см. рис. 1).

Если протяженность пятна контакта значительно превышает величину зазора между траками, происходит иной механизм взаимодействия. В тот момент, когда начинается плавный поворот трака $i+1$ против часовой стрелки, трак i еще находится в устойчивом положении, он прижат к грунту силой $G_i > G_{i+1}$. После этого трак $i+1$ разворачивается по часовой стрелке, при этом кромка грунтозацепа C_{i+1} скользит по основанию, преодолевая силу F_{mi+1} . Далее трак $i+1$ резко опускается, и кромка C_{i+1} скользит в противоположном направлении. Затем трак i резко поворачивается по часовой стрелке. В это время трак $i+1$ находится в устойчивом положении и нагружен силой $G_{i+1} > G_i$. В результате происходит буксование кромки C_i . Затем угол ϕ_i плавно уменьшается – происходит юз кромки. Таким образом, из-за наличия эластичной шины на катке, суммарного перемещения $x_{пе}$, ни положительного, ни отрицательного, под действием изменяющихся вертикальных нагрузок не наблюдается.

Из вышеизложенных рассуждений следует, что величина смещения опорной ветви $x_{пе}$ зависит от углов поворота траков, которые, в свою очередь, находятся в зависимости от величины зазора между смежными траками, геометрических параметров траков, протяженности пятна контакта шины катка.

Протяженность пятна контакта, в частности длина большей оси эллипса (рис. 2), на основании экспериментальных данных может приниматься для машин различных типов равной 80-100 мм, либо для более точных результатов вычисляется при любой нагрузке на каток по формуле

$$f_w^* = 0,9\delta[(9H_w^2 P_{cm}^2 \kappa_n^2 \kappa_p) / (32r_{км} b_w^2 E_w^2 m^2)]^{1/3}, \quad (5)$$

где f_w^* – максимальная деформация шины в центре пятна контакта, м; δ – коэффициент, учитывающий влияние деформируемого основания:

$$\delta = \frac{1}{[1 + (H_\delta E_w) / H_w E_\delta]^{1/3}},$$

где H_δ – толщина беговой дорожки обрешиненного трака, м; H_w – высота массива шины, м; E_w – модуль сжатия шины, МПа,

$$E_w = [2 + 0,35 b_w / H_w] E_{pw},$$

где E_{pw} – модуль сжатия резины шины, МПа; E_δ – модуль сжатия беговой дорожки, МПа; P_{cm} – статическая нагрузка на каток, Н:

$$P_{cm} = \kappa_1 [g(0,5m_M - L_{оп} \rho_2) + T_0] / n_{ок},$$

где κ_1 – эмпирический коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по борту МКД; $L_{оп}$ – длина опорной поверхности, м; ρ_e – погонная масса гусеницы, кг/м; T_0 – усилие предварительного натяжения, Н; $n_{ок}$ – число опорных катков по одному борту МКД; κ_n – коэффициент перегрузки шин катка; κ_p – поправочный коэффициент, учитывающий изменение формы массива шины при изменении поперечного радиуса:

$$\kappa_p = [E_{pш} b_{ш} H_{ш} m / P_{cm}]^{1/3},$$

$r_{км}$ – внешний радиус катка (шины), м; $b_{ш}$ – ширина шины, м; m – число шин в катке.

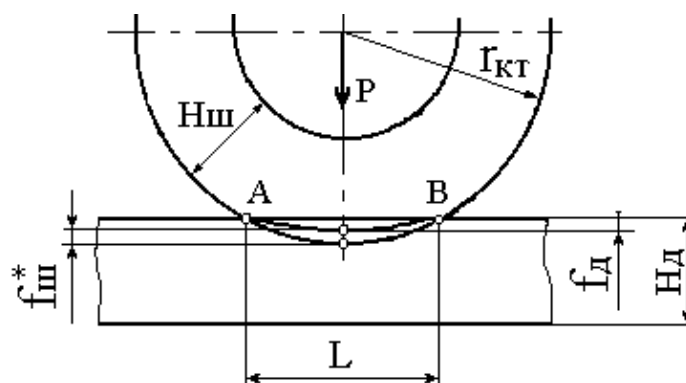


Рис. 2. Схема упругой шины катка
Fig. 2. Scheme of the roller elastic tire

В результате приведенных зависимостей по аналогии с моделью эластичного колеса математическая модель гусеничного движителя примет вид

$$\dot{x}_{ек} + \dot{x}_{пе} - s_{ск} \cdot r_{ек} \cdot \dot{\phi}_{ек} = 0. \quad (6)$$

Форма записи модели гусеничного движителя, максимально приближенная к форме модели эластичного колеса, позволяет наглядно рассматривать совместную работу разнотипных движителей при движении МКД. Если рассматривать работу движителей в кинематической связи с машиной, то для предотвращения возникновения циркуляции мощности между движителями в уравнения (1) и (6) необходимо ввести величину кинематического рассогласования [5].

Основным фактором, под влиянием которого формируется кинематическое рассогласование в замкнутом контуре трансмиссии МКД, является разность радиусов качения ведущих колес и гусениц, определяющая разность линейной скорости ведущих осей колесного и гусеничного движителей. Опыт показывает, что радиус качения колеса с эластичной шиной зависит от величины и направления нормальных, боковых и тангенциальных сил, действующих на колесо, давления воздуха в шине и условий движения. Радиус же жесткого в тангенциальном направлении движителя, катящегося по твердой опорной поверхности, остается практически неизменным и не зависит от величины тангенциальной силы.

Таким образом, если в трансмиссии нет специального кинематического рассогласования, то при движении МКД эластичный движитель тангенциальной силой тяги не нагружается. Всю тангенциальную силу, необходимую для преодоления сил сопротивления движению всей машины, воспринимает жесткий движитель.

В дальнейшем, по мере нарастания силы сопротивления движению, тангенциальная нагрузка на жесткий движитель будет возрастать до тех пор, пока этот движитель не перейдет в режим буксования. В этом случае избыток тангенциальной силы будет восприниматься эластичным движителем.

Допустим, что $\delta_{эд}$ – коэффициент скольжения эластичного движителя и линейная скорость его при движении без проскальзывания равна $V_{0эд}$; $\delta_{жд}$ – коэффициент скольжения жесткого движителя и линейная скорость его при движении без проскальзывания равна $V_{0жд}$, то

$$V_{эд} = V_{0эд}(1 - \delta_{эд}), \quad V_{жд} = V_{0жд}(1 - \delta_{жд}). \quad (7)$$

Так как оба движителя находятся в кинематической связи с корпусом машины, то их скорости равны. Из этих рассуждений следует:

$$\begin{aligned} V_{эд}(1 - \delta_{эд}) &= V_{жд}(1 - \delta_{жд}), \\ \frac{V_{0эд}}{V_{0жд}} &= \frac{1 - \delta_{эд}}{1 - \delta_{жд}} = i_p, \end{aligned} \quad (8)$$

где i_p – кинематическое рассогласование.

С учетом величины кинематического рассогласования i_p уравнения связей колесного (1) и гусеничного (6) движителей примут следующий вид:

$$i_p \cdot \dot{x} + \dot{x}_n - K_{сж} \cdot r_0 \cdot \dot{\phi}_к = 0, \quad (9)$$

$$i_p \cdot \dot{x}_{вк} + \dot{x}_{пг} - s_{ск} \cdot r_{вк} \cdot \dot{\phi}_{вк} = 0. \quad (10)$$

Данная форма моделей колесного и гусеничного движителей обеспечивает воспроизведение режимов работы трансмиссии под действием кинематического рассогласования, определяемого движением МКД.

Список литературы

1. Купцов В.М. Исследование совместной работы движителей с различной тангенциальной эластичностью: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1967. – 292 с.
2. Юрушкин Г.А. К вопросу о совместной работе гусеничного и колесного движителей в активных поездах [Текст] / Г.А. Юрушкин // Тр. НИИ-21. – Л. – 1958. – № 2. – С. 28-32.
3. Чудаков Е.А. Циркуляция мощности в системе бездифференциальной тележки с эластичными колесами [Текст] / Е.А. Чудаков. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. – 58 с.
4. Хачатуров А.А. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель [Текст] / А.А. Хачатуров. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
5. Медведев Е.В. Введение кинематического рассогласования в привод машин с комбинированным типом движителя [Текст] / Е.В. Медведев, А.А. Бердников // Науч. вестник. – Челябинск. – 2003. – Вып. 16. – С. 13-16.

Сведения об авторах: Кукушкин Игорь Николаевич, доцент;
Манухин Александр Алексеевич, доцент, e-mail: v.semynin@yandex.ru.

УДК 678.5 : 536.2.022

Н.В. Островская

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

РАЗРАБОТКА И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ПЛАСТИК

Разработан теплоизоляционный материал, полученный из использованных упаковок «Tetra Pak» (Tetra Brik). Проведены низкотемпературные исследования материалов, содержащих пластик, с целью дальнейшего их применения в качестве теплоизоляции для холодильной и криогенной техники.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, пластик, криогенные температуры.

N.V. Ostrovskaya

DEVELOPMENT AND RESEARCHES AT LOW TEMPERATURES OF THE MATERIAL CONTAINING PLASTIC

It is developed thermal isolation the material received from used packings «Tetra Pak» (Tetra Brik). Are carried out(spent) researches at low temperatures of the materials containing plastic, with the purpose of their further application in quality thermal isolation material for refrigerating and cryogenic engineering.

Key words: thermal isolation material, plastic, cryogenic temperatures.

В настоящее время производится большое количество продукции, упакованной в современные материалы, содержащие пластик. Потребительский спрос на такую продукцию достаточно велик, но затем упаковка оказывается на городских свалках. В связи с недопустимостью сжигания пластмассы во всем мире проводятся исследования по утилизации данного вида отходов. Получение новых материалов из вторичного сырья – весьма актуальная задача [1-4].

Переработка использованных пакетов из-под пищевых продуктов, в большей степени из-под напитков, всемирно известной фирмы «Tetra Pak» целесообразна в теплоизоляционные материалы, так как данный вид упаковки имеет многослойную структуру и отличные изоляционные показатели. Для переработки подходит упаковка всех разновидностей: Tetra Brik, Tetra Rex, Tetra Fino и т.д.

Рассмотрим упаковку фирмы «Tetra Pak» (Tetra Brik), которая представляет собой многослойную структуру, содержащую слои пластика, картона и тонкий металлизированный слой (рис. 1).

Если данную упаковку измельчить в дробильном аппарате, то нарушается структура многослойного материала. Измельченные кусочки имеют рваные ворсистые края, на поверхности массы преимущественно появляется картон (рис. 2). Спрессовать такой материал, например, в форме плиты, можно только под большим давлением и с обязательной связующей добавкой.

Чтобы получить материал более высокого качества, с улучшенными теплоизоляционными свойствами, необходимо измельчить его не с помощью дробления, а нарезкой на мелкие кусочки (квадратики, ромбики, полоски и др.). В этом случае сохраняется структура первоначального материала (рис. 3). Затем кусочки (в данном случае сторона квадратного кусочка составляет 3-6 мм) прессуются под небольшим давлением (не больше 2 кг/см²) при нагреве 115-200 °С. Температура и давление подбираются эксперименталь-

но. Прессование изделия происходит в пластиковой оболочке, преимущественно полиэтиленовой. При плохом склеивании кусочков в общую массу добавляется пластик (полиэтилен, полиэтилентерефталат, реже – полипропилен и др.). Если на сторонах материала «Tetra Pak» был первоначально относительно утолщенный слой пластика, то склеивающей добавки в общую массу нарезанных кусочков класть не обязательно. В этом случае склеивание происходит подобно ламинированию.



Рис. 1. Внешний и внутренний вид упаковки «Tetra Pak» (Tetra Brik)
Fig. 1. External and an interior of packing «Tetra Pak» (Tetra Brik)

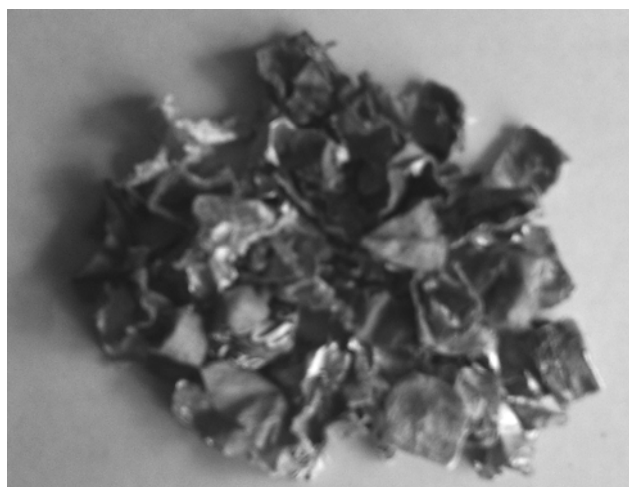


Рис.2. Материал пакетов «Tetra Pak», измельченный в дробильном аппарате
Fig. 2. A material of packages «Tetra Pak», crushed in the crushing device

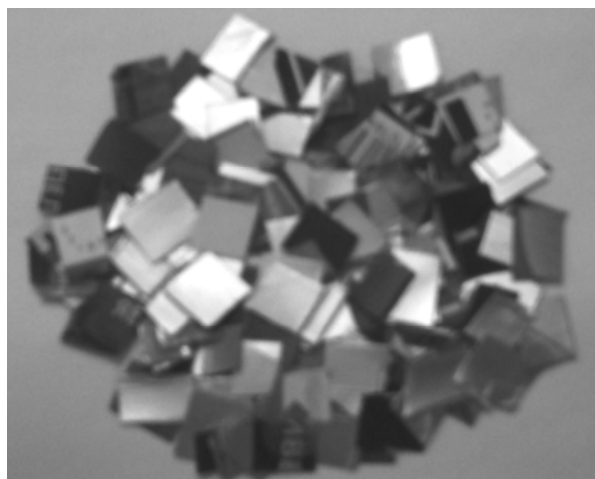


Рис.3. Материал пакетов «Tetra Pak», нарезанный на небольшие кусочки
Fig. 3. A material of packages «Tetra Pak», cut on small slices

На рис. 4. показан образец теплоизоляционного материала, изготовленного из отходов пакетов «Tetra Pak» по предлагаемой технологии.

Особенностью данного образца теплоизоляционного материала является то, что он имеет улучшенные теплоизоляционные свойства за счет получения в процессе формирования вакуумных полостей (рис. 5). Коэффициент теплопроводности теплоизоляционного изделия $\lambda = 0,2 \pm 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

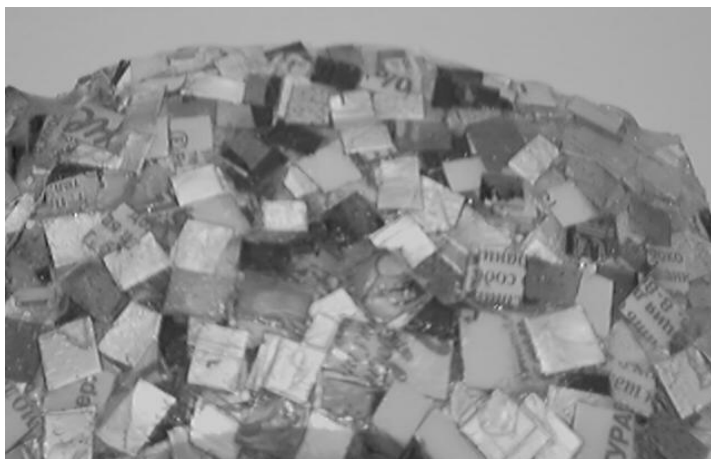


Рис.4. Теплоизоляционный материал, изготовленный из отходов пакетов «Tetra Pak»
Fig. 4. A material for the thermal isolation, made of waste products of packages «Tetra Pak»

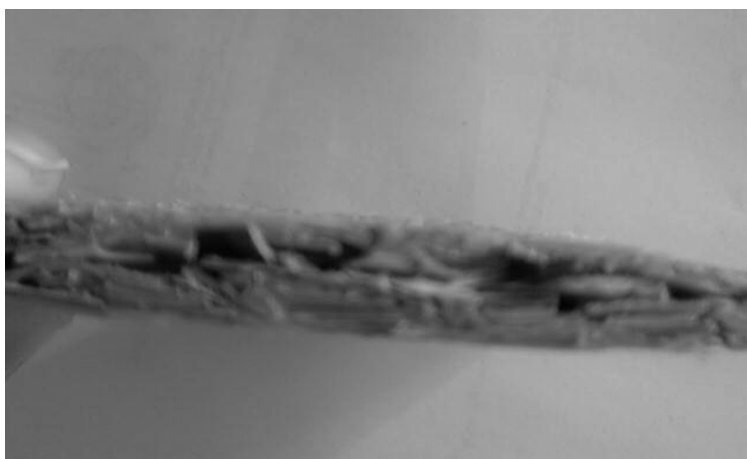


Рис. 5. Поперечный разрез теплоизоляционного материала с полостями, которые после теплового формирования и последующего остывания вакуумируются
Fig. 5. A transverse incision of a material for thermal isolation with cavities which after thermal formation and the subsequent cooling are made vacuum

Полученный материал можно использовать в качестве изоляции для холодильной и криогенной техники, так как он удовлетворяет требованиям по эффективности.

Эффективную теплопроводность приближенно определяют [5, 6] по формуле

$$\lambda_{эф} = \lambda_г + \lambda_{из} + \lambda_m,$$

где $\lambda_г$ – теплопроводность остаточного газа (вакуума); $\lambda_{из}$ – теплопроводность излучения; λ_m – теплопроводность твердого тела и зон контакта.

В данном случае λ_m уменьшена за счет зон контакта между склеивающимися кусочками, покрытыми пластиком – материалом с малым коэффициентом теплопроводности.

$\lambda_{из}$ уменьшена за счет применения прослоек из тонких слоев металлизированного материала (например, алюминия), который используется в технике для отражения электромагнитного излучения (инфракрасного теплового излучения).

Эффективная же изоляция в целом уменьшена за счет получения в данном теплоизоляционном материале вакуумных полостей с уменьшенной теплопроводностью $\lambda_г$, так как известно, что теплопроводность вакуума самая малая по сравнению с теплопроводностью других материалов.

При изготовлении теплоизоляционных изделий в результате склеивания маленьких кусочков из нарезанного материала пакетов «Tetra Pak» структура многослойности материала не меняется. Многослойный материал, из которого сделаны пакеты «Tetra Pak», сам по себе является хорошим теплоизоляционным материалом, плюс к нему добавляются вакуумные полости.

Вакуумные полости получаются при остывании формованного изделия, в массе которого образовались воздушные (газовые) полости, за счет неровностей между кусочками склеивающегося нарезанного материала. При формовании изделия используется небольшое давление прессования, нужное только для получения формы изделия и обеспечения герметичности.

Воздушные (газовые) герметичные полости после остывания материала до комнатной температуры вакуумируются. Согласно известному закону $pV = RT$ при $V = \text{const}$, $R = \text{const}$, уменьшение температуры T ведет к уменьшению давления p , следовательно, образовавшиеся полости при небольшом давлении склеивания будут содержать газ при пониженном давлении, т.е. вакуум.

Отличительным признаком полученного теплоизоляционного материала является то, что в предлагаемом способе возможно формование не только блоков и плит, но и изделий различных форм (сегментов, труб, коробов и т.д.), что даёт возможность использовать полученные изделия в качестве не только строительного материала, но и теплоизоляционного материала в холодильной и криогенной технике.

Были проведены низкотемпературные исследования материала пакетов «Tetra Pak», нарезанного на небольшие кусочки, а также полученного из них теплоизоляционного материала (рис. 6). Образцы помещались в ёмкость с кипящим жидким азотом температурой $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем выдержанные при низкой температуре образцы сравнивались с исходными образцами. Никаких изменений обнаружено не было, из чего можно сделать вывод о возможности применения данного теплоизоляционного материала для холодильной техники. Нарезанные же кусочки пакетов «Tetra Pak» также при погружениях в жидкий азот не изменили своей структуры, что даёт право предлагать использовать их вместо порошков в порошково-вакуумной теплоизоляции [7], которая обычно используется для криогенных резервуаров.

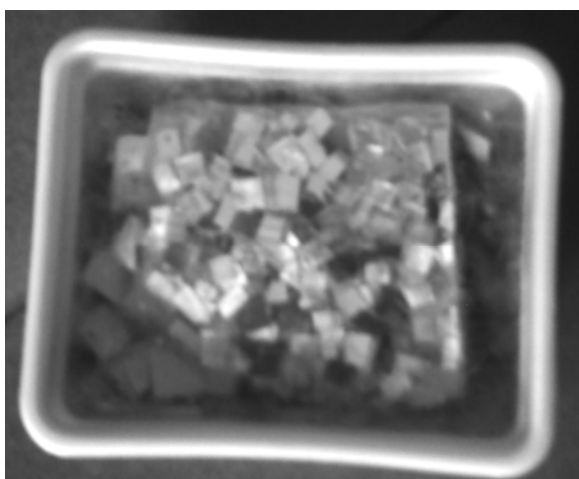


Рис. 6. Образец теплоизоляционного материала, сделанного из отходов пакетов «Tetra Pak», помещенный в кипящий жидкий азот

Fig. 6. A sample of a material for the thermal isolation, made of waste products of packages «Tetra Pak», placed in boiling liquid nitrogen

Перспектива переработки отходов «Tetra Pak» (отходов, содержащих пластик) обеспечит экологическую безопасность и позволит получить как строительные, так и теплоизоляционные материалы, которые найдут своё применение в холодильной и криогенной технике.

Список литературы

1. Зорина Л.Г. Экологическое значение утилизации пластмассовых материалов [Текст] / Л.Г. Зорина, Н.В. Островская, В.Г. Добржанский // Новейшие технологии в системе интеграционных процессов территорий стран АТР: доклады Первого междунар. инвестиционного конгресса. – Владивосток: ДВГМА, 2000. – С. 105-106.
2. Zorina L.G., Ostrovskaya N.V., Mayorov I.S., Iarmolenko T.O. Ecological Prospects Utilization of Plastic Mass [Текст] / The 13-th Scientific Symposium of Shenyang Institute of Chemical Technology and Bilateral Symposium Between China – Russia. Abstr. of papers. 2000. – P. 2. China.
3. Зорина Л.Г. Утилизация пластических масс [Текст] / Л.Г. Зорина, Н.В. Островская // Роль науки, новой техники и технологий в экономическом развитии регионов: материалы Дальневост. инновационного форума с междунар. участием. – Хабаровск: ХГТУ, 2003. – Ч. 2. – С. 115-116.
4. Островская Н.В. Сбор и переработка бытовых отходов, содержащих пластические массы [Текст] / Н.В. Островская // Промышленные и бытовые отходы: проблемы хранения, захоронения, утилизации, контроля: сб. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: АНОО «Приволжский Дом знаний», 2007. – С. 39-42.
5. Архаров А.М. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов и установок [Текст] / А.М. Архаров, В.П. Беляков, Е.И. Микулин, В.Г. Пронько, Э.Ф. Шургалский. – М.: Машиностроение, 1987. – 536 с.
6. Архаров А.М. Криогенные системы. Основы теории и расчета. [Текст] / А.М. Архаров, И.В. Марфенина, Е.И. Микулин. – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
7. Беляков В.П. Криогенная техника и технология [Текст] / В.П. Беляков. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.

Сведения об авторе: Островская Надежда Владимировна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: nvo88@mail.ru.

УДК 637.56.031

А.А. Тушко¹, С.А. Повесьма²

¹Институт технологии и бизнеса, 692900,
г. Находка, ул. Дальняя, 14

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

МАЛОГАБАРИТНЫЙ РАЗДЕЛОЧНЫЙ АГРЕГАТ

Предложена конструкция малогабаритной разделочной линии для обработки маломерных и средних рыб. Все технологические процессы от подачи рыбы из бункера через виброориентатор в рабочие секции рыбообделочного агрегата механизированы. В работе описаны конструкции и принципы действия основных элементов конструкции агрегата.

Ключевые слова: разделочный агрегат, виброориентатор.

A.A. Tushko, S.A. Povesma SMALL-SIZE FISH-CUTTING MACHINE

The construction of small size fish cutting line of processing small or medium size fish has been offered. All technological processes from fish supply from bunker via vibroorientator to work chambers of fish-cutting machine are mechanized. The constructions and operational principles of the machine main parts are also described in the current work.

Key words: cutting machine, vibroorientator.

Один из трудоемких процессов при обработке рыбы – разделка, на которой занято 25-30 % и более производственных рабочих, загружающих рыбу в технологические машины вручную или обрабатываемых ее вручную. Наиболее механизированные разделочные линии представляют собой набор разделочных машин в основном транспортного типа с теоретической производительностью до 240 рыб в минуту, соединенных между собой системой промежуточных транспортеров.

Созданные агрегаты с механизированной загрузкой малопроизводительны, имеют значительные габариты и ненадежны в работе [1].

В рыбообработывающей промышленности имеются все предпосылки для совершенствования существующих и создания новых агрегатов. Создаваемая техника должна иметь высокую производительность и удачную компоновку. При ее создании особое внимание следует уделить технологическому транспортированию рыбы, синхронизации работы устройств, входящих в агрегат, безопасности и удобству обслуживания.

На основании изучения опыта отечественных и зарубежных конструкторов нами предложена принципиально новая схема рыбообделочного агрегата. В данной схеме используются роторные рыбообделочные модули и принцип деления порции рыбы, подаваемой на виброориентатор, на два технологических потока – движение рыбы влево и вправо головой вперед.

Основными элементами агрегата являются загрузочный элеватор-транспортер с бункером, горизонтальный виброориентатор, наклонные плоские гравитационные желобки, роторные рыбообделочные модули. Принципиальная схема агрегата приведена на рис. 1.

Загрузочный элеватор-транспортер [2] выполняет следующие функции:

- производит равномерную загрузку в каждый желобок ориентатора не более 4-5 рыб, при этом они располагаются по высоте в два слоя;
- обеспечивает интервал между загрузками для схода всей порции рыбы.

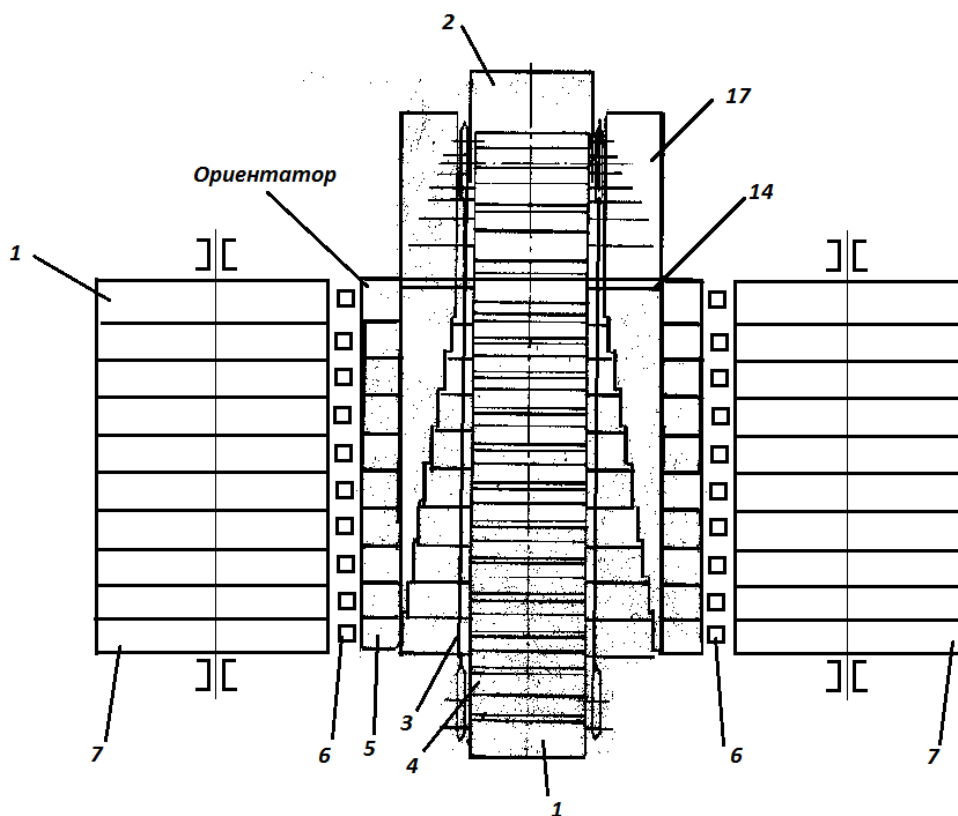


Рис. 1. Схема малогабаритного разделочного аппарата: 1 – загрузочный элеватор-транспортер; 2 – бункер; 3 – цепь конвейера; 4 – ковши, 5 – ориентатор; 6 – гравитационный лоток; 7 – рыборазделочный модуль

Fig. 1. Scheme malogabpritnogo of cutting device: 1 – feeding elevator, conveyor; 2 – Silo; 3 – chain conveyors; 4 – buckets; 5 – tracker; 6 – gravitational tray; 7 – ryborazdelochny module

Он состоит из ковшового элеватора 1 и бункера 2. Элеватор имеет прямолинейный участок 3 и наклонный участок 4 (рис. 2). Его верхняя ветвь на прямолинейном участке расположена над желобками ориентатора, а нижняя – под желобками. Тяговый орган выполнен в виде двух параллельных цепей.

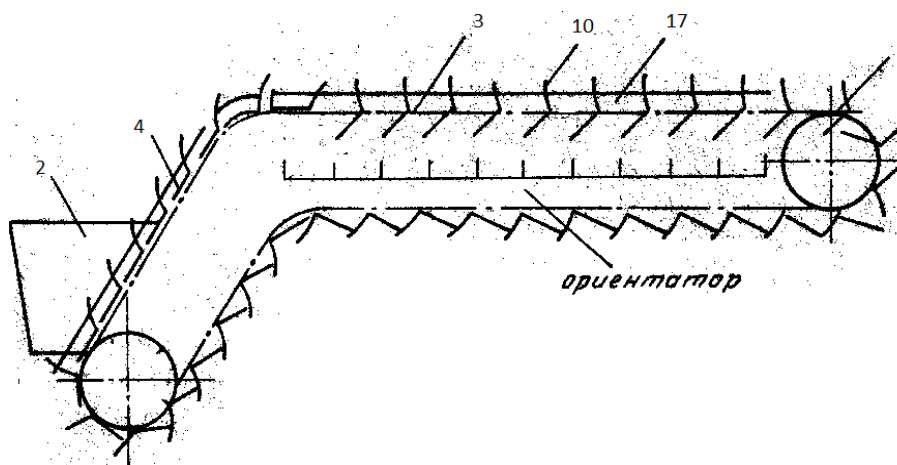


Рис. 2. Вид элеватора-транспортера спереди

Fig. 2. Type of elevator-conveyor in front

Все ковши элеватора разделены на группы, количество ковшей которых равно количеству желобков ориентатора. Ковши имеют на боковых стенках штыри. По обе стороны элеватора установлены направляющие, на которых скользят ролики штырей. Штыри с роликами на ковшах имеют различную длину. Штыри на первом ковше самые длинные, а на последнем – самые короткие, при этом длина штырей на каждом последующем ковше группы меньше длины штырей предыдущего ковша минимум на ширину ролика.

Направляющие имеют ступенчатые вырезы. Количество ступенек на одну меньше, чем количество желобков ориентатора. Ширина вырезов по ступенькам уменьшается последовательно: от первого крайнего желобка до последнего - минимум на половину ролика, а глубина выреза равна ширине желоба. В последующей группе ковшей длина штырей также изменяется последовательно, как и в первой.

Загрузочное устройство работает следующим образом.

Ковш элеватора 1, последовательно проходя через бункер 2, захватывает определенное количество рыб. Размеры ковша позволяют поместиться в нем нескольким рыбам в продольном положении относительно ковша. Излишки рыбы будут сыпаться вниз, так как угол наклона подъема элеватора на наклонном участке превышает угол естественного откоса рыбы. При достижении первым ковшем группы положения крайнего желоба все ковши опрокидываются, так как ролики, укрепленные на штырях, одновременно соскальзывают с направляющих, а ковши закреплены шарнирно на осях. Опрокидывание ковшей осуществляется назад, так как центр тяжести ковшей со штырями смещен.

При развороте ковшей рыбы переходит в продольном направлении в желоба ориентатора. При дальнейшем перемещении ориентатора первая группа ковшей уходит из зоны желобов ориентатора и через десять ковшей подходит следующая группа из десяти ковшей, которые также опрокидываются одновременно.

Виброориентатор представляет собой горизонтально колеблющуюся плоскость с набором желобков (в данном случае 10 шт.), которые совершают горизонтальное колебание от кривошипно-шатунного механизма. С целью уравнивания колеблющейся массы ориентатор по ширине разделяется на две равные части (по пять желобков в каждой). При этом их привод осуществляется в противофазе в индивидуальных кривошипно-шатунных механизмах.[3]

Рыборазделочный модуль (рис. 3) состоит [1] из загрузочного приспособления 1, горизонтально установленных в опорах рамки 2 роторов, расположенных по окружности вращения приспособлений 3 и 4 для фиксации головок и хвостовых плавников, виброножей для отрезания соответственно голов и хвостовых плавников, приспособления 7 для удаления внутренностей, водяных коллекторов 8 и 9.

Загрузочное приспособление состоит из барабана 25 и прижимного упора 26. На барабане 25 закреплены подающие иглы 27.

Операционная рамка 2 ротора состоит из обоймы закрепленных на осях трубчатых носителей, выполненных по форме поперечного сечения рыбы, стяжных и фиксирующих болтов.

Рыборазделочный модуль работает следующим образом. Ориентированная вперед рыба с виброориентатора и плоских гравитационных желобков подается на загрузочное приспособление до пружинного устройства 26 и выстраивается в ряд. В момент остановки операционной рамки 2 против загрузочного приспособления 1 барабан иглами подает ряд рыб в трубчатые носители операционной рамки головой до упора в приспособление для фиксации голов. При вращении операционной рамки 2 приспособление 3 также поворачивается, и головы рыбы отрезаются виброножом 5.

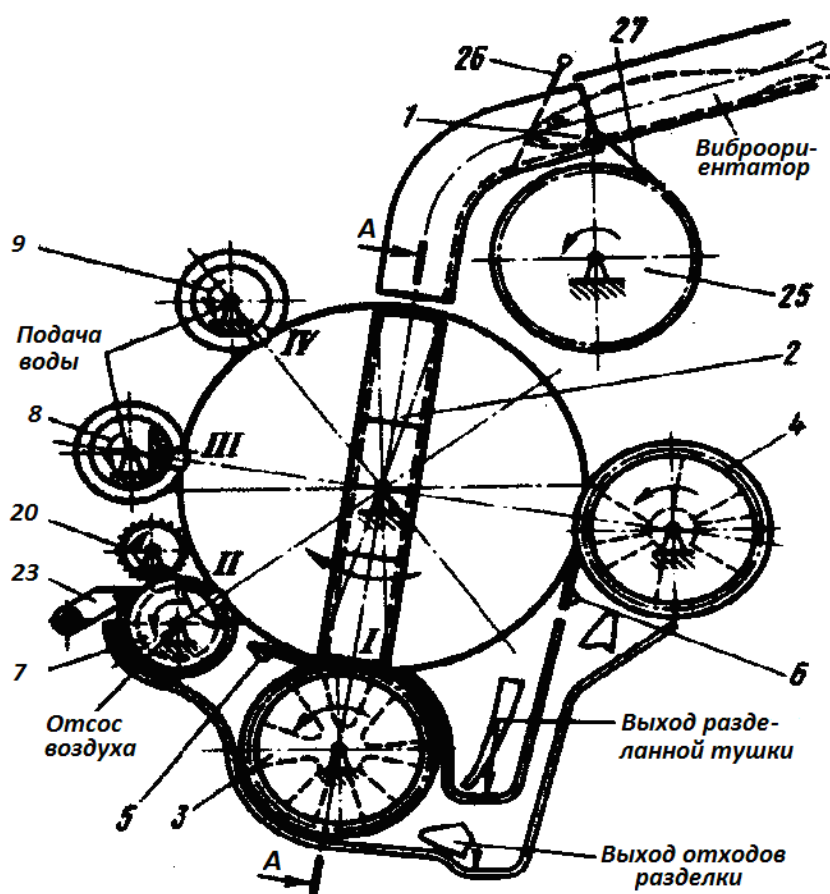


Рис. 3. Принципиальная схема роторной разделочной машины
Fig. 3. Schematic diagram of rotary cutting machines

При дальнейшем вращении рамки 2 трубчатые носители совпадают с отверстиями барабанного вакуум-коллектора 27 приспособления 7 для удаления внутренностей, рамка 2 останавливается и происходит отсос внутренностей. При последующем вращении рамки 2 трубчатые носители совпадают с водяным коллектором, рамка 2 останавливается и происходит промывка брюшной полости. Рыбе струей воды сообщается поступательное движение в сторону приспособления 4 для фиксации хвостовых плавников. При дальнейшем повороте рамки 2 и приспособления 4 происходит отрезание хвостовых плавников виброножом 6.

При последующем совмещении трубчатых носителей и рамки 2 с водяным коллектором рамка 2 останавливается и рыба водой выталкивается в рыбосборный лоток. Далее рамка занимает исходное положение.

Производительность загрузочного элеватора-транспортера равна

$$Q_{з.у} = i \cdot \frac{\bar{x} \cdot v}{t},$$

где i – число желобков ориентатора; \bar{x} – среднее число рыб в ковше; v – линейная скорость элеватора-транспортера; t – шаг между ковшами.

Среднее число рыб в ковше (1, 2, 3, ...) зависит от объема ковша и морфометрических характеристик рыбы.

Лимитирующей операцией в рассматриваемом агрегате является скорость движения рыбы по горизонтальному виброориентатору. Вычисление скорости перемещения по ориентатору базируется на известных числовых значениях коэффициентов трения, которые не всегда могут быть определены с достаточной точностью.

В случае осуществления режима с двумя мгновенными остановками в периоде колебания необходимо знать значение коэффициентов трения f_2 – при движении рыбы головой вперед и f_x – при движении рыбы хвостом вперед. При других режимах колебания появляется еще два коэффициента трения – коэффициент трения покоя при движении рыбы головой вперед и коэффициент трения покоя при движении рыбы хвостом вперед. Методика расчета трудоемка и описана в монографии Ю.В. Поспелова [1]. Однако из-за сложности правильного определения коэффициентов трения действительная скорость перемещения рыбы отличается от реальной, что показано нами в ходе экспериментальных исследований.

В связи с этим достоверным значением является опытное определение скоростей перемещения рыбы, которое проводится на экспериментальном вибрационном стенде при различных значениях амплитудных и частотных колебаний.

Для получения математической зависимости скорости перемещения рыбы использовалось планирование полнофакторного эксперимента ПФЭ 2^2 [4].

Для процесса перемещения рыбы по горизонтальной виброплоскости с параметрами колебаний - небольшая амплитуда [$A = (3\div 6) \cdot 10^{-3}$ м] и значительные частотные колебания ($\omega > 10$ Гц) - получены следующие расчетные уравнения:

- для сайры

$$v_1 = 0,524 - 64,8A - 0,042 \omega + 7,68A \cdot \omega \text{ [м/с]},$$

- для скумбрии

$$v_2 = 0,269 - 28,6A - 0,02 \omega + 4,8A \cdot \omega \text{ [м/с]}.$$

При другом уровне планирования экспериментов: значительные амплитуды [$A = (7\div 25) \cdot 10^{-3}$ м] и небольшие частотные колебания ($\omega < 10$ Гц) – расчетные зависимости имеют вид:

- для сайры

$$v_3 = 0,438 - 53,6A - 0,048 \omega + 7,9A \cdot \omega \text{ [м/с]},$$

- для скумбрии

$$v_4 = 0,335 - 41,2A - 0,03 \omega + 5,6A \cdot \omega \text{ [м/с]}.$$

Для выполнения дальнейших технологических операций необходимо, чтобы рыба двигалась по технологической поверхности ориентатора со скоростью не менее 0,1 м/с. Установлено, что это достигается для дальневосточных рыб (сайра, скумбрия, песчанка) при вибрационном перемещении по гладкой смоченной поверхности из нержавеющей стали при переносном ускорении технологической плоскости более 15 м/с^2 .

В предлагаемой схеме предусмотрено использование гравитационных лотков. Рассмотрим скольжение рыбы по плоскости, угол наклона к горизонту которой больше угла трения рыбы. Допустим, что технологическая плоскость наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$.

Скольжение рыбы по плоскости характеризуется уравнением

$$v = g (\sin\alpha - f\cos\alpha) t + c,$$

где v – скорость скольжения рыбы, f – коэффициент трения при скольжении рыбы головой вниз, t – время, c – постоянная интегрирования, т.е. скорость схода рыбы с виброориентатора.

Допустим, что скорость схода рыбы $v = 0,15$ м/с.

Скорость подачи рыбы в рамку рыбообразного агрегата при $t = 0,15$ с

$$v = g (\sin 30^\circ - f\cos 60^\circ) 0,1 + 0,15 = 0,44 \text{ м/с.}$$

Для сайры, по данным ТИПРО, кинетический коэффициент трения равен 0,347 [1].

Промысловая длина сайры составляет 215÷290 мм [1].

Производительность одного ручья загрузочного устройства

$$Q_p = \frac{v}{t} = \frac{0,44}{0,4} = 1,1 \text{ рыб/с,}$$

где t – шаг между рыбами в загрузочном устройстве.

Промысловая длина сайры 215÷290 мм, по данным ТИПРО [1]. Принимаем в расчет шаг, равный 400 мм.

Производительность агрегата

$$Q = 2Q_p \cdot m = 2 \cdot 1,1 \cdot 10 \cdot 60 = 1320 \text{ рыб/мин.}$$

Число оборотов ротора

$$n = \frac{Q}{m} = \frac{610}{10} = 61 \text{ об/мин.}$$

На основании изложенного можно сделать следующие выводы. При использовании двухпоточной ориентации рыбы на горизонтальной виброплоскости и роторных рыбообразных машинах достигается значительный рост производительности рыбообразной техники с существенным уменьшением производственных площадей, необходимых для установки соответствующего оборудования.

Список литературы

1. Пospelов Ю.В. Механизированные разделочные машины рыбообрабатывающих производств [Текст] / Ю.В. Пospelов. – 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 799832 СССР. Вибромашина / А.А. Тушко, Ю.В. Пospelов; опубли. в БИ, 1981. – Бюл. № 4. – 2 с.
4. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов [Текст] / Ю.П. Грачев. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 198 с.

Сведения об авторах: Тушко Александр Андреевич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: andr62@mail.ru;

Повесьма Степан Александрович, студент, e-mail: stepan5337@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	3
<i>Бегун А.А., Звягинцев А.Ю., Масленников С.И.</i> Фитопланктон в районе очистных сооружений г. Владивостока (Амурский залив, Японское море).....	3
<i>Бегун А.А., Масленников С.И., Крючкова А.Б.</i> Диатомовые водоросли эпифитона бурой водоросли <i>Sargassum Pallidum (Turner) C. Agardh</i> в бухте Тихая Заводь (залив Восток, Японское море).....	13
<i>Бянкина Л.С., Васькова Н.А., Хальченко И.Г.</i> Применение электрохимического метода и модифицированных сорбентов для нейтрализации химического загрязнения сточных вод гальванического производства	20
<i>Калинина Г.Г.</i> Сперматогенез корбикулы японской <i>Corbicula Japonica</i>	25
<i>Шатковская О.В., Масленников С.И., Белогурова Л.С.</i> Сообщества мейобентоса в районе подвесных плантаций приморского гребешка в бухте Северной Славянского залива (залив Петра Великого, Японское море)	30
<i>Шевченко О.Г., Масленников С.И., Бложко Т.В.</i> Мониторинг потенциально токсичных микроводорослей в бухте Северной (Славянский залив) в 2008, 2009 гг.....	34
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА	43
<i>Балабаев С.М., Ивина Н.Ф.</i> Симметричные цилиндрические нормальные волны в анизотропном волноводе типа пластины	43
<i>Кузик В.А.</i> Особенности ведения трала при близнецовом лове	49
<i>Недоступ А.А., Володько Д.А.</i> К обоснованию метода расчета характеристик пространственных разноглубинных и донных сетей	52
<i>Осипов Е.В.</i> Метод проектирования ярусов	62
<i>Полищук Л.Д.</i> Измерение характеристик источников звука пространственными приемными системами	69
<i>Прокопьева Д.Б.</i> Исследование моделей многовидового рыболовства	71
<i>Семененко В.И.</i> Анализ некоторых методов воздействия на поведение рыбы через органы обоняния, вкуса и электрорецепторы	78
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	83
<i>Глазюк Д.К., Сельсков А.Р., Соболенко А.Н.</i> Повреждения вспомогательного судового дизеля 6ЧН 18/22-225 в эксплуатации	83
<i>Карпушин И.С., Максимов Е.А.</i> Допустимые параметры ветра и волнения для работы промысловых мореходных вездеходов	87
<i>Кича П.П., Кича Г.П., Таращан Н.Н.</i> Химмотологические методы рационального использования и экономии топливно-энергетических ресурсов на морском транспорте.....	90
<i>Надежкин А.В., Соколова И.В.</i> Имитационное моделирование влияния режимов долива моторного масла на эффективность эксплуатации судовых двигателей	98
<i>Надежкин А.В.</i> Корреляционный анализ данных трибомониторинга деталей цилиндропоршневой группы крейцкопфных дизелей.....	103

<i>Пак Н.К.</i> Оптимизация работы центробежного сепаратора при очистке моторного масла в судовых дизелях.....	109
<i>Руднев Б.И.</i> Анализ взаимодействия потоков излучения в камере сгорания дизельного двигателя	114
<i>Струтынский А.В., Худяков С.А.</i> Анализ причин разрушения судового гребного вала	121

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ... 129

<i>Богданов В.Д., Пархутова И.И.</i> Использование гелеобразующих заливок при производстве кулинарных изделий из гидробионтов.....	129
<i>Богданов В.Д., Пустовалова Е.М.</i> Повышение качества рыбного фарша из рыб с пониженной пищевой ценностью	135
<i>Давидович В.В., Позднякова Ю.М.</i> Исследование нуклеотидного состава гонад двустворчатых и головоногих моллюсков в комплексной переработке гидробионтов.....	138
<i>Клочкова И.С.</i> Исследование процессов получения сапонинов из корней <i>Saponaria Officinalis L.</i>	141
<i>Лаженцева Л.Ю.</i> Влияние масляного экстракта корицы на термоустойчивость споровых микроорганизмов – возбудителей порчи консервов	146
<u>Перебейнос А.В.</u> , <i>Гришин А.С., Кушнир Е.И., Блохин Н.В.</i> Анализ и совершенствование технологий новых видов кормового продукта для нужд аквакультуры	152
<u>Перебейнос А.В.</u> , <i>Угрюмова С.Д., Попова Е.Ю.</i> Расчетно-логическая схема безотказной работы линии производства пастеризованного молока.....	156
<i>Сполохова В.А., Кращенко В.В.</i> Природный источник ω -3 кислот – рыбий жир, перспективный, функциональный компонент в технологии рыбных продуктов.....	161

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ 166

<i>Григорьева С.П., Юрченко Л.К., Пищулина И.В.</i> Машинные транспортирующие устройства горизонтального и вертикального перемещения	166
<i>Кадочникова Н.П.</i> Динамический расчет механической системы.....	172
<i>Кукушкин И.Н., Демихов С.В.</i> Теоретические и экспериментальные исследования поворота колесно-гусеничных машин	176
<i>Кукушкин И.Н., Манухин А.А.</i> Анализ совместной работы колесного и гусеничного движителей	182
<i>Островская Н.В.</i> Разработка и низкотемпературные исследования теплоизоляционного материала, содержащего пластик	187
<i>Тушко А.А., Повесьма С.А.</i> Малогабаритный разделочный агрегат	192

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	3
<i>Begun A.A., Maslennikov S.I., Zvyagintsev A.Yu.</i> Phytoplankton in treatment facilities area near Vladivostok (Amurskii bay, Japan sea)	3
<i>Begun A.A., Maslennikov S.I., Kruchkova A.B.</i> Diatoms of epiphyton of <i>Sargassum pallidum</i> (Turner) C. Agardt (Phaeophyta) in the Tichaya Zavod bay (Vostok bay, Japan sea).....	13
<i>Byankina L.S., Vaskova N.A., Khalchenko I.G.</i> Application of electrochemical method and modified sorbents for the neutralization of chemical pollution of wastewater from electroplating production.....	20
<i>Kalinina G.G.</i> Spermatogenesis of <i>Corbicula japonica</i>	25
<i>Shatkovskaya O.V., Maslennikov S.I., Belogurova L.S.</i> Community of meiobenthos in the zone of suspended scallop plantation, bay of Severnaya, bay of Slavyanskii (Peter the Great bay, sea of Japan).....	30
<i>Shevchenko O.G., Maslennikov S.I., Blozhko T.V.</i> Monitoring of potentially toxic phytoplankton species in Severnaya bight (Slavyanskii bay) in 2008, 2009.....	34
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	43
<i>Balabaev S.M., Ivina N.F.</i> Symmetrical cylindrical normal waves in anisotropic plate waveguide.....	43
<i>Kuzik V.A.</i> Trawl net towing techniques in pair trawling	49
<i>Nedostup A.A., Volodko D.A.</i> To a substantiation of a method of calculation of force and geometric characteristics of spatial pelagic and bottom gill nets are described.....	52
<i>Osipov E.V.</i> Method of designing longline.....	62
<i>Polishchuk L.D.</i> Measuring of sound sources characteristics by spatial receiving systems	69
<i>Prokop'eva D.B.</i> Research of models of multifishery.....	71
<i>Semenenko V.I.</i> Analysis of some methods of exposure on the behavior of fish through olfactory organ, taste and electric receptors	78
SHIP POWER PLANTS, EQUIPMENT AND SYSTEMS, SHIP NAVIGATION FACILITIES, SHIP ELECTRICAL FACILITIES	83
<i>Glazuk D.K., Selskov A.R., Sobolenko A.N.</i> Damages of auxiliary marine engine 6ЧН18/22-225 in operation.....	83
<i>Karpushin I.S., Maksimov E.A.</i> The valid of winds and sea for work of fishing seakeeping all-terrain vehicle on the tracks	87
<i>Kicha G.P., Kicha P.P., Taraschan N.N.</i> Hematological methods of rational using and saving of energy resources in the maritime transport.....	90
<i>Nadezkin A.V., Sokolova I.V.</i> Imitating modeling of influence modes addition of fresh motor oil on efficiency of operation of marine engines	98
<i>Nadezkin A.V.</i> Correlation analysis of tribomonitoring data the cylinder-piston group crosshead diesels	103
<i>Pak N.K.</i> The optimization of operation of the centrifugal separator during the cleaning of engine oil in the marine diesels	109

<i>Rudnev B.I.</i> The analysis of fluxes interaction radiation in diesel engine combustion chamber	114
<i>Strutinskiy A.V., Hudjakov S.A.</i> The analysis of reasons of propeller shaft damages	121
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	129
<i>Bogdanov V.D., Parhutova I.I.</i> Use gelling pouring by manufacture of culinary products from seafood's	129
<i>Bogdanov V.D., Pustovalova E.M.</i> The enhancing of quality of the minced fish from the fishes with low nutritional value	135
<i>Davidovich V.V., Pozdnyakova U.M.</i> The research of nucleotide composition of gonads' folding mollusks and cephalopoda in the complex process of gydrobionts	138
<i>Klochkova I.S.</i> Research of processes of reception saponins from roots <i>Saponaria Officinalis</i> L.	141
<i>Lazhentseva L.Yu.</i> Influence of the oil extraction of cinnamon to the termoresistant sporulatoin bacterials are excitants of canned damage	146
<i>Perebeynos A.V., Grishin A.S., Kushnir E.I., Blohin N.V.</i> The analysis and improvement of new technologies for aquaculture feedstuffs	152
<i>Perebeinos A.V., Ugryumova S.D., Popova E.Yu.</i> The settlement-logic sheme of non-failure operation of a line manufacture of the pasteurized milk	156
<i>Spolochova V.A., Krashchenko V.V.</i> Natural source ω -3 acids is fish oil, quality perspective, functional component in technology food products.....	161
TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT OF FISHERIES.....	166
<i>Grigoreva S.P., Jurchenko L.K., Pishchulina I.V.</i> Machine transporting devices of horizontal and vertical moving	166
<i>Kadochnikova N.P.</i> Dynamic calculation of mechanical system	172
<i>Kukushkin I.N., Demikhov S.V.</i> Theoretical and experimental researches of wheel-track vehicle turn	176
<i>Kukushkin I.N., Manukhin A.A.</i> The analysis of wheel and track drivers combined operation.....	182
<i>Ostrovskaya N.V.</i> Development and researches at low temperatures of the material containing plastic.....	187
<i>Tushko A.A., Povesma S.A.</i> Small-size fish-cutting machine	192

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Статья должна соответствовать научным требованиям, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть не более 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, межстрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word, одним объектом, а не состоять из частей, сами формулы должны быть 12-14 кегля.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.bmp. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

Статья должна включать следующие данные:

1. Индекс УДК (на первой странице в левом верхнем углу).

2. Инициалы и фамилии всех авторов, через запятую.

3. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс.

Если авторов несколько и они работают в разных учреждениях, возле названия каждого учреждения и фамилии автора ставится соответствующий надстрочный символ.

4. Над фамилиями авторов справа указывается один из следующих разделов сборника:

- **Ихтиология. Экология.**

- **Промышленное рыболовство. Акустика.**

- **Судовые энергетические установки, устройства и системы, технические средства судовождения, электрооборудование судов.**

- **Технология и управление качеством пищевых продуктов.**

- **Технологическое и транспортное оборудование рыбохозяйственной отрасли.**

5. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов). Заголовки набирают полужирными заглавными буквами. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

6. Аннотацию (не более 700 печатных знаков) набирают курсивом.

7. Ключевые слова (не более 9).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы (возможно выделение данных разделов в тексте):

Введение

Объекты и методы исследований

Результаты и их обсуждение

Выводы

9. Список литературы оформляется согласно ГОСТ 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3].

На английском языке необходимо предоставить следующую информацию (после ключевых слов на русском языке):

- инициалы и фамилии авторов;
- заглавие статьи;
- текст аннотации;
- ключевые слова (Key words);
- подписи к рисункам и названия таблиц (приводятся в тексте по смыслу).

Сведения об авторах приводятся в конце статьи (после списка литературы) и включают в себя: Фамилия, имя, отчество (полностью), научная степень, звание, должность, e-mail.

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 3 на CD диске, флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов.

2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.

3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника (ректора ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз» Кима Г.Н.) на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза не требуется сопроводительное письмо).

4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати с гербовой печатью организации.

5. Заявка (Ф.И.О., город, учреждение, название статьи, название рубрики, контактные (рабочий, сотовый) телефоны, дата подачи статьи).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Пример оформления статьи

УДК 123

Ихтиология. Экология

А.А. Иванов¹, И.Б. Петров²

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

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, 690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Аннотация.

Ключевые слова: гидробионты.

Данные на английском языке.

Текст статьи (по ширине страницы) [1, 2, 3].

Список литературы

Сведения об авторах: Иванов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ivanova@mail.ru;

Петров Игорь Борисович, кандидат биологических наук, профессор, научный сотрудник, e-mail: petrov@mail.ru.

Адрес: 690087, Россия, Владивосток, ул. Луговая, 52б, каб. 312б
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 24

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

Редактор Т.В. Ломакина
Художественный редактор А.А. Устьянцева
Макет, обложка О.В. Нечипорук

Подписано в печать 30.08.11. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 23,71. Уч.-изд. л. 17,5. Заказ 0365. Тираж 400 экз.

Издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
Владивосток, Светланская, 25