

ВЕСТНИК

ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

Выпуск 4 (26)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- С. Г. Чулкин, д.т.н., проф. (*главный редактор*) • В. И. Решняк, д.т.н., проф. (*зам. гл. редактора*)
- О. К. Безюков, д.т.н., проф. • В. В. Веселков, д.т.н., проф. • П. А. Гарибин, д.т.н., проф.
- Д. П. Голоскоков, д.т.н., проф. • Б. П. Ивченко, д.т.н., проф. • Ю. М. Искандеров, д.т.н., проф.
- О. Г. Каратаев, д.т.н., д.ю.н., проф. • А. В. Кириченко, д.т.н., проф. • М. А. Колосов, д.т.н., проф.
- Е. А. Королева, д.э.н., проф. • Е. А. Лаврентьева, д.э.н., проф. • А. Ю. Ластовцев, к.т.н., проф.
- С. Б. Лебедев, д.э.н., проф. • Г. В. Макаров, д.т.н., проф. • А. М. Никитин, д.т.н., проф.
- В. Е. Марлей, д.т.н., с.н.с. • А. П. Нырков, д.т.н., проф. • Т. А. Пантина, д.э.н., проф.
- П. М. Лысенков, д.т.н. • Л. И. Погодаев, д.т.н., проф. • Н. В. Растрыгин, к.т.н., доц.
- А. Е. Сазонов, д.т.н., проф. • А. А. Сикарев, д.т.н., проф. • И. П. Скобелева, д.э.н., проф.
- С. В. Смоленцев, д.т.н., проф. • А. Л. Степанов, д.т.н., проф. • Г. В. Ушакова, д.и.н., проф.
- В. И. Черненко, д.т.н., проф. • В. Б. Чистов, д.т.н., проф. • А. А. Ершов, д.т.н., доц.
- В. В. Романовский, д.т.н., проф. • А. П. Горобцов, к.т.н., доц. • Б. А. Смыслов, к.ю.н., проф.
- М. В. Сухотерин, д.т.н., проф. • А. Ю. Шаронов, к.г.н., доц.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- С. О. Барышников — ректор Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, д.т.н., проф. • Ю. Н. Горбачев — генеральный конструктор ОАО «Инженерный центр судостроения», д.т.н., проф. • С. Гуцма — ректор Морской академии (г. Щецин, Польша), д.т.н., проф. • Г. В. Егоров — генеральный директор ЗАО «Морское инженерное бюро — СПб», д.т.н., проф. • Ф. В. Кармазинов — генеральный директор ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», д.т.н., проф. • И. И. Костылев — заведующий кафедрой ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, д.т.н., проф. • А. И. Пошивай — заместитель руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта • С. В. Орлов — директор Санкт-Петербургского монетного двора (филиал ФГУП «Гознак»), к.т.н. • Н. Г. Смирнов — вице-президент Ассоциации судоходных компаний, к.т.н. • Р. М. Юсупов — директор Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, д.т.н., проф., член-корреспондент РАН • Р. Качиньски — проректор по развитию и сотрудничеству Технического университета (г. Белосток, Польша), д.т.н., проф.

Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2014. — Вып. 4. — 214 с.

ISSN 2309-5180

«Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» является научным периодическим изданием, зарегистрированным Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Свидетельство о регистрации средства массовой информации от 17 июля 2013 г. ПИ № ФС 77-54734).

В Вестнике публикуются материалы научных исследований, а также статьи для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по следующим основным направлениям: **судовождение и безопасность на водном транспорте; судовые энергетические установки, системы и устройства; судостроение и судоремонт; морские и внутренние водные пути, гидротехнические сооружения и порты; логистика и транспортные технологии; экономика, организация, управление, планирование и прогнозирование на водном транспорте; экология и охрана окружающей среды; информационные технологии; международное морское право; разработка морских и шельфовых месторождений нефти и газа.**

Статьи публикуются на русском и английском языках.

Статьи тщательно отбираются по критериям новизны, актуальности, научно-практической значимости, возможности реального использования описанных в них новых технологий на водном транспорте. По содержанию статьи должны соответствовать названию журнала, его целям и задачам.

Статьи рецензируются независимыми экспертами.

Кроме того, в Вестнике публикуются обзорные материалы научных конференций, семинаров и совещаний; сообщения и статьи к юбилейным датам и знаменательным событиям университета и его ведущих ученых.

Вестник включен в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ.

Вестнику присвоен международный стандартный номер сериального периодического издания ISSN 2309-5180.

С 2009 года журнал включен в базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).

Индекс для подписки: 37276.



СОДЕРЖАНИЕ

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ 7

- Галанкин Л. Н., Буров В. В.* Значение психики при выборе инноваций в медицинском обеспечении на морских судах 7
- Маринич А. Н., Припотнюк А. В., Устинов Ю. М.* Три метода определения координат при мониторинге судов 21
- Ермаков С. В.* Метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации 26
- Наумов В. С., Кочнева И. Б.* Перспектива нормативно-правового регулирования безопасной утилизации судов 32
- Дорошенко В. И., Солнце Э. Л.* Особенности связи с глубоководными подвижными морскими аппаратами 38
- Дмитриев В. И., Соляков О. В., Турецкий Н. В.* Автоматизированное рабочее место судоводителя — настоящее и будущее 42
- Мойсеенко С. С., Скрыпник В. П., Фаустова О. Г.* Дифференциально-интегральный подход к моделированию процессов развития аварийных ситуаций в мореплавании и океаническом рыболовстве 47

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА 54

- Чертков А. А., Тормашев Д. С., Сабуров С. В.* Энергоэффективное управление судовой динамической системой на основе теории неравенств 54

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ 59

- Вихров Н. М., Голицын В. А.* Влияние проточного электролитического хромирования на предел выносливости стали 59
- Кузьмицкий М. Л., Ксенофонтов Н. М., Базавлук И. Н.* Исследование возможности и условий развития процесса усталостного разрушения элементов механических систем на этапе образования макротрещин 68
- Малько А. В.* Анализ перспектив развития судоремонтно-судостроительных предприятий в Республике Крым и г. Севастополе 74
- Барышников С. О., Сухотерин М. В., Аксенов Д. А.* Определение резонансных частот колебаний панелей обшивки судна при пульсирующей нагрузке 79
- Кукаленко Б. Д., Чулкин С. Г.* Расчет статических нагрузок баллонов с радиальным каркасом шинно-пневматических муфт 85

МОРСКИЕ И ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ 95

- Гапеев А. М., Подрешетникова А. В.* Анализ существующих теоретических исследований по определению размеров водопропускных отверстий, образованных элементами головных систем питания камер судоводных шлюзов 95

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-54734 от 17.07.2013 г.

Адрес редакции: 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7.

Подписной индекс в каталоге Роспечать — 37276.

Все материалы, поступившие в редакцию, рецензируются.

<i>Бойков И. М.</i> Гидродинамическое воздействие на судно, ожидающее шлюзования у причальной стенки нижнего подходного канала	101
<i>Коптев А. В.</i> Динамические реакции подводного трубопровода на морские течения	107
ЛОГИСТИКА И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	115
<i>Бобыр В. А.</i> Судовая эргатическая функция сокращения потерь нефти от испарения	115
ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	121
<i>Головань Т. В.</i> Исследование содержания концепции «риск» и формирование ее понятийной сущности применительно к деятельности морских брокерских компаний	121
<i>Грасс Е. Ю.</i> Оценка влияния факторинга и лизинга на показатели финансового состояния транспортных компаний	128
<i>Черный С. Г.</i> Применение технологии экспертного оценивания в задачах развития сценариев на примере транспортно-энергетической отрасли	139
<i>Арбузов К. Ю.</i> Методические подходы к оценке состояния и развития транспортной инфраструктуры	150
<i>Пантина Т. А., Савельева М. Н.</i> Проблемы и направления развития научной деятельности вузов водного транспорта	161
ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	169
<i>Мизгирев Д. С., Курников А. С., Почкалов О. Л.</i> Экспериментальные исследования современных судовых систем очистки сточных вод (СОСВ)	169
<i>Жмур В. Н., Леонов В. Е.</i> SQUAT-эффект и некоторые проблемы окружающей среды при эксплуатации судов	176
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	184
<i>Соколов С. С.</i> Построение информационного обеспечения безопасной эксплуатации судна при помощи автоматизации управления размещением груза и реагирования на внештатные ситуации	184
МЕЖДУНАРОДНОЕ МОРСКОЕ ПРАВО	191
<i>Клюева Е. Н.</i> Особенности государственной регистрации права собственности на морское судно	191
<i>Бразовская Я. Е.</i> Международно-правовое сотрудничество в борьбе с загрязнением моря нефтью	196
РАЗРАБОТКА МОРСКИХ И ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА	202
<i>Антонова О. Д., Лебедев Г. В., Румянцев Г. Е.</i> Арктический шельф — область геополитических и экономических интересов России	202

CONTENST

NAVIGATION AND SAFETY ON WATER TRANSPORT	7
<i>Galankin L. N., Burov V. V.</i> The value of mind in the selection of innovation in medical care on ships	7
<i>Marynitch A. N., Pripotnyuk A. V., Ustinov Y. M.</i> Three methods of determination of coordinates when monitoring vessels	21
<i>Ermakov S. V.</i> Method of formalized assessment of complexity of navigational situation	26
<i>Naumov V. S., Kochneva I. B.</i> The prospect of normative legal regulation of safe ship recycling	32
<i>Doroshenko V. I., Solntse E. L.</i> Features of communication with deep-sea mobile submersibles	38
<i>Dmitriev V. I., Soltyakov O. V., Turetskiy N. V.</i> The work's station of the navigator — the present and the future	42
<i>Moyseyenko S. S., Skrypnik V. P., Faustova O. G.</i> Differential-integral approach to the modeling of the development of emergency situations in shipping and oceanic fisheries	47
SHIP POWER PLANTS, SYSTEMS AND EQUIPMENT	54
<i>Chertkov A. A., Tormashev D. S., Saburov S. V.</i> Shipping dynamic system energoefficient control on the base of inequality theory	54
<i>Vikhrov N. M., Golitsyn V. A.</i> Effect of the chromium flow electroplating on the fatigue strength of the steel	59
<i>Kuzmitskiy M. L., Ksenofontov N. M., Bazavluk I. N.</i> Research opportunities and conditions for the development of the process of fatigue fracture elements of mechanical systems at the stage of education macrocracks	68
<i>Malko A. V.</i> Analysis of prospects of ship repair and shipbuilding enterprises in the Republic of Crimea and the city of Sevastopol	74
<i>Baryshnikov S. O., Sukhoterin M. V., Aksenov D. A.</i> Determination of the resonant frequencies of oscillations panels of the ship when pulsating loads	79
<i>Kukalenko B. D., Chulkin S. G.</i> Calculation of static loadings of balloons with a radial skeleton of bus-pneumatic muff	85
MARINE AND INLAND WATERWAYS, PORTS AND WATERWORKS	95
<i>Gapeev A. M., Podreshetnikova A. V.</i> Analysis of the existing theoretical researches to determine the dimensions of the culvert openings formed components of the head power systems of the shipping lock's chambers	95
<i>Boykov I. M.</i> Hydrodynamic impact on the vessel expecting locking at a mooring wall of the bottom approach channel	101
<i>Koptev A. V.</i> Dynamic response of an underwater pipeline on the sea currents	107

LOGISTICS AND TRANSPORT TECHNOLOGIES	115
<i>Bobyry V. A.</i> Ship ergative function crude oil loss reduction from evaporation	115
ECONOMICS, ORGANIZATION, MANAGEMENT, PLANNING AND FORECASTING IN WATER TRANSPORT	121
<i>Golovan' T. V.</i> The study of the concept's nature of "risk" and formation it's conceptual essence in respect to marine brokerage companies' activity	121
<i>Grass E. U.</i> Assessment of influence of factoring and leasing on financial ratio of transport companies	128
<i>Cherniy S. G.</i> Use of technology of expert estimation in tasks of development scenarios as transport and energy industry	139
<i>Arbuzov K. U.</i> Methodical approaches to the estimation of state and development of transport infrastructure	150
<i>Pantina T. A., Savelieva M. N.</i> Problems and directions of development of scientific activity of the universities of water transport	161
ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION	169
<i>Mizgirev D. S., Kurnikov A. S., Pochkalov O. L.</i> Experimental research of modern ship wastewater treatment systems (WWTS)	169
<i>Zhmur V. N., Leonov V. E.</i> The squat-effect and environmental problems at reduction ship's speed in shallow water and harmful emissions	176
INFORMATION TECHNOLOGY	184
<i>Sokolov S. S.</i> Creation of safe operation information support of a ship by means of automation management by cargo placement and response to non-staff situations	184
INTERNATIONAL LAW OF THE SEA	191
<i>Klyuyeva E. N.</i> Legal regime of maritime merchant ship as object of ownership: ship registration	191
<i>Brazovskaya Y. E.</i> International legal cooperation in combating pollution of the sea by oil	196
DEVELOPMENT OF MARINE AND OFFSHORE OIL AND GAS	202
<i>Antonova O. D., Lebedev G. V., Rummyantsev G. E.</i> The arctic shelf — area of geopolitical and economical interests of Russia	202

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 61:656.61

А. Н. Галанкин,
д-р мед. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

В. В. Буров,
академик РАЕН,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ЗНАЧЕНИЕ ПСИХИКИ ПРИ ВЫБОРЕ ИННОВАЦИЙ В МЕДИЦИНСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ НА МОРСКИХ СУДАХ

THE VALUE OF MIND IN THE SELECTION OF INNOVATION IN MEDICAL CARE ON SHIPS

Исследование показало, что проблема обучения курсантов морской медицине для оказания медицинской помощи на морских судах, не имеющих в штате экипажа врача, требует инноваций в морскую медицину. Обучение в морских вузах должно проводиться на научно-педагогических кафедрах морской медицины, а не практиком-инструктором «тренажерного центра».

The study showed that the problem of training of cadets of the Maritime medicine to medical care on ships, not staffed crew doctor, requires innovations in Maritime medicine equipment. Training in Universities should be done on a scientific and pedagogical departments of marine medicine Education in the Maritime Universities of using simulators should be done on a scientific and pedagogical departments, and not a practitioner-trainer in "training center".

*Ключевые слова: тренажер, морская медицина, инновации.
Key words: simulator, marine medicine, innovations.*



ПРОИСХОДЯЩИЕ в настоящее время международные изменения в области медицинского обеспечения безопасности для жизни и здоровья моряков порождают ряд трудно-разрешимых проблем, в том числе проблему прекращения оказывания врачом квалифицированной медицинской помощи на борту морского судна. Решение этой проблемы требует серьезных инноваций. Поэтому для морской медицины актуальной задачей является описание принципа современной, научно и практически перспективной оптимизации инноваций в большой комплекс мероприятий, которые могли бы поэтапно восстановить обеспечение безопасности мореплавания для жизни и здоровья для большого числа экипажей морских судов.

Важно отметить, что международные изменения в медицинском обеспечении моряков совпали с современными социальными потрясениями в России, которые привели морскую медицину к потерям клинических и научно-преподавательских структур, их отторжению от морского ведомства к иным ведомствам и лицам. Для авиационной, космической и морской медицины (шифр специальности ВАК РФ 14.00.32), являющейся системой научных (теоретических, прикладных, фундаментальных) и клинических (практических) знаний, эти потери затруднили функции медицинского обеспечения безопасности мореплавания и требуют поиска возможностей восстановления научных и клинических медицинских структур, научно-педагогических кадров, системы обучения лиц, оказывающих медицинскую помощь экипажам морских судов.

Важно, что особенности морского труда, склада психики, ритма жизни моряков резко выделяют отрасль морской медицины из множества медицинских дисциплин и даже из родственной

ей авиационной и космической медицины. Поэтому в настоящее время единственными гражданскими ведомствами, в полной мере заинтересованными в морской медицине, являются морские университеты и морские ведомственные структуры. Как показывает история России, попытки отказа от специализированной, «ведомственной медицины», замена ее другими ведомствами, оторванными от морской специфики, приводят к трудно заменимым или невозможным потерям в медицинском обеспечении моряков.

До изменений медицинского обеспечения моряков на морском судне в экипаже был штатный врач, оказывающий квалифицированную медицинскую помощь на борту морского судна, что являлось важнейшим условием для конкретизации в Приказе № 511 [1] тех особенностей здоровья моряка, которые позволяли КМОП (Комиссии медицинского освидетельствования плавсостава) допускать моряка в рейс под контроль судового врача. Это продлеvalo профессиональное долголетие у моряка и связанный непосредственно с опытом моряка рост его профессионального мастерства. Отсутствие судового врача в морском экипаже автоматически потребовало проведения разработки и внедрения иных границ в шкале годности здоровья моряка. Без выполнения этой работы в Приказе № 302н [2] оказалась потерянной прежняя четкость в определении годности моряка к работе в плавсоставе по состоянию здоровья. На практике это привело к резкому ужесточению требований к здоровью, главным критерием оказалось не только улучшение медицинского обслуживания моряка, не уточнение новых возможностей и достижений в поддержании здоровья моряка, а увеличение в два раза требований к моряку, чтобы гарантировать, что за это время моряк не заболеет или будет самостоятельно искать того, кто будет осуществлять квалифицированное медицинское обслуживание. Поэтому в настоящее время моряки оказываются брошенными на произвол судьбы, некоторые моряки незаслуженно теряют свое здоровье и из-за этого не могут в полной мере реализовать право на долголетнюю работу в море и связанный со стажем профессиональный рост.

Известно, что медицина переживает не первый упадок, связанный с социальными изменениями в устройстве жизни. Так, в Средневековье лечением и диагностикой стали заниматься не врачи, как в Древнем мире, а монахи, светские люди, колоритные представители народной медицины (бабка, шаман, ведун и т. п.), парикмахер-цирюльник и т. д. При этом деградация медицинской помощи обычно происходила очень быстро, а принесенные деградацией архаичные привычки и обычаи могли жить веками. Убежищем для медицинской науки в такие периоды упадка оставались только университеты [3].

Таким образом, в условиях международных изменений в медицинском обеспечении моряков и слома материально-технической базы морской медицины в России предстоит найти выход из проблемы прекращения врачебной помощи на большинстве морских судов с экипажем до 100 моряков, которым теперь медицинскую помощь на борту судна оказывают парамедики, и выбрать принцип подготовки медицинских кадров для судов без врача в экипаже. Конечно, медицинские университеты продолжают готовить военных морских врачей, врачей для пассажирских и водолазных судов, но именно поэтому медицинские вузы не могут взять на себя обязанность подготовки парамедиков. Поэтому возникла потребность в морской медицинской подготовке курсантов морских вузов, будущих морских офицеров, которым передаются функции судового врача, чтобы этой мерой постараться компенсировать требования к безопасности плавания моряка.

Актуальность анализа проблемы замещения врача на судне.

Все перечисленное делает актуальным анализ проблемы инноваций в безопасность морского судоходства в области оказания медицинской помощи моряков и подготовки из курсантов морских вузов тех кадров, которые обеспечивают медицинскую помощь на судне.

Большая часть аргументации и первого принципа (обучения на научно-педагогической кафедре морской медицины), и второго принципа (возврата от науки назад к кустарному обучению медицине) вытекает из положений, входящих в область одних и тех же международных конвенций. Поэтому необходимо провести анализ условий, которые позволяют осуществлять в вузах принцип отката на примитивный уровень обучения.

Задачей явилось аналитическое исследование и описание принципа современной, научно и практически перспективной оптимизации инноваций в комплекс поэтапных мероприятий по улучшению обеспечения безопасного мореплавания для жизни и здоровья членов экипажей морских судов, не имеющих штатного врача.

Используемые методы.

В работе использовался метод анализа и обобщения факторов и условий участвующих в конвенционных изменениях обеспечения безопасности для здоровья моряков на морских судах дальнего плавания.

Анализ особенностей кафедры, тренажеров, тренажерных центров, практика-инструктора.

В сложившейся ситуации, сделавшей морскую медицину дисциплиной, необходимой для дипломированного офицерского плавсостава, самая ожидаемая реакция морских университетов должна была бы вытекать из принципа создания в морском университете научной дисциплины по морской медицине для обучения курсантов. Результатом такого решения может быть создание научно-педагогической кафедры, представленной признанными научным медицинским обществом академиками, докторами и кандидатами наук, профессорами и доцентами, для преподавания курсантам морской медицины. Причины, почему этого не произошло, кроме как в государственной морской академии имени адмирала С. О. Макарова в 1999 г., предстоит исследовать в данной статье.

Кафедра в университете представляет собой отдельное подразделение, особенности которого вытекают из того, что ее профессорско-преподавательский состав в обязательном порядке признан сообществом научного мира, классическим доказательством чего является наличие ученых степеней у членов кафедры. Следующая особенность кафедры заключается в том, что она является относительно отдельным элементом в области научных знаний, обладает специальным научным оборудованием для современной научно-исследовательской и учебно-методической работы, формулирует учебный материал и преподает его по избранной научной дисциплине. Кафедра является элементарным звеном в международном научном мире, так как ведет научно-исследовательскую и научно-преподавательскую работу на передовом крае современной науки. Но самой важной особенностью кафедры является то, что в университетском международном научном мире она не просто борется за почетное место среди других кафедр, но и постоянно находится в состоянии напряженной конкурентной академической борьбы с ними. Эта борьба протекает на краю и за горизонтом существующих современных научных знаний, так как данная область как поле для конкурентной борьбы задана интересами ученого университетского сообщества и институализирована им с помощью академических механизмов, признающих ученую степень и изобретения только за их соответствие научной новизне. Благодаря этому ученые члены кафедры являются носителями самых современных знаний, а кафедра в целом представляет собой готового «бойца» в международной научной конкуренции. Поэтому университетская кафедра по научной дисциплине является знатоком и экспертом в своей отрасли знаний, а по ряду научных направлений и вопросов — непосредственным творцом этих знаний. Все это делает научную кафедру с профессорско-преподавательским составом равным звеном в мировой сети среди остальных академических научно-педагогических элементов. Поэтому научная университетская кафедра может самостоятельно осуществлять обучение курсантов вуза на международном уровне университетского высшего профессионального образования.

Аргументация в пользу создания в морском университете научно-педагогической кафедры по дисциплине морской медицины для подготовки кадров, осуществляющих медицинскую область безопасности морского рейса, слишком очевидна и ее детальное рассмотрение в статье можно опустить, чтобы пристальнее провести анализ необычного для высшей школы перехода на обучение ученика высшей школы не с помощью передачи научных знаний профессором, а с помощью передачи научных знаний неученым практиком-инструктором.

Существует и иной, противоположный принцип реагирования. Такая реакция основана на принципе создания не научно-педагогической кафедры морской медицины, а на принципе использования, казалось бы, самого простого, легкого и дешевого, но по сути архаичного способа, заключающегося в обучении методом передачи знаний от неученого практика-инструктора к ученику.

Вероятно, не требует доказательств вывод, что перевод обучения курсанта в высшем учебном заведении с научной кафедры с профессорско-преподавательским составом на обучение по той же самой научной дисциплине, но в руки неученого практика-инструктора есть скачок на более древний и примитивный уровень образования. Поскольку переход к примитивному уровню преподавания морской медицины является свершившимся фактом в ряде морских вузов, постольку необходимо вскрыть те механизмы, которые послужили выбору такого «опрошения» в обучении курсанта высшей профессиональной школы.

Как уже говорилось, отказ от обучения на научной кафедре в пользу обучения архаичным способом невозможен, если его не замаскировать каким-то способом, который бы микшировал примитивизм данной формы обучения. Наш анализ показывает, что во многом это достигается с помощью особого использования терминологии. Например, используются термины, не имеющие ни новизны, ни нового научного содержания, но по форме звучащие современно и звонко: «тренажер», «тренажерный центр», «программы», «практик-инструктор» и пр. Это заставляет предположить, что практик-инструктор в учреждении под вывеской «тренажерный центр» снабжен некими настолько ценными инструментами (тренажерами, программами, особыми способами организации преподавания), которые якобы недоступны научной кафедре и якобы с их помощью можно отстранить ученого преподавателя от обучения курсантов вуза. Во-первых, здесь тушируется или полностью игнорируется тот факт, что понятие «тренажеры» давно известно и для высшей, и для средней школы под общим названием «технические средства обучения». Во-вторых, способ введения упрощенных учебных программ тоже давно известен. Он широко использовался еще в Средневековье под названиями бревиарии, компендиумы, представляющие собой сокращения из научной литературы для обучения школяра. Самая простая форма изложения знаний в таких программах на современном сленге Интернета известна как шпаргалка. В третьих, если поставить вместе множество тренажеров, то их сумма не породит некое новое качество, которое превратит это собрание в институт высшего профессионального обучения.

Кроме того, надо различать кардинальные особенности тренажера, из которых вытекают его возможности, характеризующие их функционирование. Так, можно выделить простейшие тренажеры старого образца, которые раньше успешно использовал практик-инструктор. Однако под влиянием времени тренажеры качественно изменились. Современные тренажеры, как правило, имеют совершенно иное происхождение, структуру и внутреннюю динамику, чем простейшие тренажеры. Например, древнейший тренажер в виде простейшей швейной иглы не только служил для обучения портного, но и сам являлся реальным орудием труда, с помощью действительных свойств которого ученик мог освоить реальное шитье. Приложенная к тренажеру-игле коротенькая программа по освоению шитья иглой была вполне достаточна для того, чтобы практик-инструктор передал ученику приемы шитья, тождественные реальной жизни и практике.

В отличие от древнейших тренажеров, современный научный медицинский тренажер, как правило, является не списанным медицинским инструментом, отданным на волю студентам. Под современным тренажером, как правило, понимается макет, имитатор чего-то, но никак не сам реальный инструмент или явление. Например, акушерский тренажер представляет собой набор из изображения плода и родовых путей в натуральную величину, тем самым достоверно имитируя лишь несколько свойств роженицы (реальную величину плода, таза, их форму и пр.). Но совокупность всех остальных свойств, которые невозможно воссоздать в этом тренажере, дополняется научным мышлением и научным воображением, которое доносит до студента преподаватель, а затем оценивает, насколько научное воображение студента и имитация им действий с тренажером оказались соответствующими современным научным представлениям и знаниям. Поэтому тренажеры бывают плохими не потому, что дешевы. Старая швейная игла или списанный медицин-

ский инструмент очень дешевы, так как имеют цену металлолома. Но они несут в себе весь набор свойств реального рабочего инструмента. Современный тренажер может стоить фантастических по отношению к профессорской зарплате денег, но «родимое пятно» современного тренажера неотделимо от него и заключается в том, что этот макет никогда не был и не является настоящей реальностью, которую он призван изображать. Как ребенок достраивает воображением любую игрушку, так и голова студента должна достроить недостающие свойства к любому современному макету, мысленно воссоздав его до такой субъективной реальности, которая соответствует современным научным и практическим знаниям. Именно поэтому практик-инструктор, вооруженный короткой учебной программой к тренажеру, не может разобраться, насколько находящаяся в голове студента субъективно воссоздаваемая научная реальность соответствует современным научным и практическим объективным знаниям. Это может сделать только преподаватель.

Конечно, занявшись самоусовершенствованием своих знаний неученый практик-инструктор со временем может стать хорошим ученым. Хотя от практика-инструктора по его статусу этого никто, само собой разумеется, требовать не может. Но если он станет ученым, то для этого потребуется немало времени, и трудно предугадать, какие за это время можно понести потери.

Важно определить, насколько приложенная к тренажерам краткая программа может обучить медицине самого практика-инструктора. Опыт, как правило, позволяет вывести следующее положение, что чем сложнее становится тренажер, тем длиннее становится краткая программа. Следовательно, с усложнением тренажера и краткой программы увеличивается риск, что неученый практик-инструктор все в большей мере будет понимать удлинившуюся форму «краткой программы» просто механически. Подобно тому, как неестественность куклы Барби сужает кругозор для ребенка, по неопытности механистически верящего в жизненность пропорций куклы, так и механистически-поверхностный уровень «ученых» знаний у неученого практика-инструктора заставляет его механически верить в реальность, в тождественность соответствия тренажера с настоящим инструментом или явлением. Приданная к современному тренажеру в руки неученого практика-инструктора краткая программа по сложным вопросам медицины часто является для него слабым помощником в приобретении глубоких научных знаний, а нередко лишь служит ему горизонтом, за которым для него заканчивается наука и начинается область неведения, не дающая обратной связи, место, в котором закрепляются ошибки обучения.

Конечно, проведенный анализ, разделивший понятие «современного тренажера» на его объективную и субъективную составляющие, может показаться лишь кабинетным абстрагированием, далеким от практики. Но необходимость такого деления становится ясной, во-первых, тогда, когда термин «тренажер» просто будет заменен синонимами «симулятор», «модель», «муляж», то есть более или менее удачная «кукла» какого-то инструмента или явления, с вложенными инструкциями по использованию этой куклы. Тогда становится понятно, что современный, например акушерский, тренажер уже настолько оторвался от реальности и не тождествен действительности, насколько простейший тренажер, например в виде иглы портного, еще не оторвался от реальной портняжной иглы и тождествен реальному шитью иглой. Во-вторых, необходимость различения характера тренажера подтверждает повседневная практика, которая говорит, что профессионал настолько является профессионалом, насколько он может и должен отличить имитацию свойств инструмента, изображаемого в макете или симуляторе, от действительных свойств реального инструмента. Поэтому профессорско-преподавательский состав научной кафедры на современном научном уровне показывает условность симулятора, тренажера, чтобы у курсанта не появилась малообоснованная самоуверенность в достижении им профессионализма там, где профессионализма нет, а есть игровая обученность манипулирования с макетом. Без этих уроков рано или поздно сама жизнь преподает примеры реальной оценки обучения в тренажерных центрах. Для примера удобнее использовать свежие случаи, но не из морской медицины, а из авиационной, поскольку непосредственная близость примера способна оживлять эмоциональные реакции на лично или общественно значимые события в морском деле, тем самым вызывая аберрацию сознания. Так, существует мнение, что если бы экипаж самолета Як-42, погибший со всей хок-

кейной командой «Локомотив» г. Ярославля в 7 сентября 2011 года, и экипаж самолета «боинг», разбившийся в г. Казани в 2013 г., учились бы не в тренажерных центрах (причем эти тренажерные центры были разные, но суть и принцип их все равно одни и те же), а на кафедрах с профессорско-преподавательским составом, то аварий бы не произошло. Практик-инструктор, снабженный короткой программой тренажерного центра, часто может не подозревать о заблуждении, в которое он вводит курсанта, объявляя, что сделал его профессионалом. Как пилот в случае с Як-42, так и пилот в случае с «боингом», не освоили реальный прием вождения самолета, но тренажер виртуально убедил их, что они этими приемами якобы овладели.

Анализ международных конвенций.

Следующая часть исследования проблемы посвящена анализу вопроса о том, насколько выбор инноваций в мероприятия по обеспечению безопасности для здоровья моряков зависит от жесткости детерминации в международных конвенциях принципа обучения в вузе на научно-преподавательской кафедре или принципа передачи вузовского обучения в руки неученого практика-инструктора из тренажерного центра.

Известно, что качественное изменение безопасности мореплавания в структуре морского медицинского обеспечения плавсостава большей части судов коммерческого морского флота произошло после вступления в силу в 1991 г. международной Конвенции «О здравоохранении и медицинском обслуживании моряков» № 164 от 8 октября 1987 г. [4]. Вступление в силу данной Конвенции совпало с периодом больших разрушений науки в России, потери страной большей части морского флота, морских медицинских учреждений. Кустарные и полукустарные школы морской медицины стали подменять научно-педагогический принцип обучения в вузах. В «трудные годы» симуляторы для преподавания разных научных дисциплин стали выводиться из-под управления кафедрами. Но международная суть происходящего параллельно с этим коренного изменения структуры медицинского обеспечения на судах все больше сводилась к тому, что Конвенция № 164 ст. 8 освободила судовладельцев от необходимости содержать в экипаже численностью до 100 моряков штатного судового врача, который оказывал бы членам команды квалифицированную медицинскую помощь. Эта же Конвенция ст. 9 передала обязанности врача в руки морского офицера, поручив ему выполнять функцию врача как часть своих обычных обязанностей. Этой же статьей морскому офицеру была вменена обязанность одновременно с получением знаний по морской специальности дополнительно получить удовлетворительные медицинские знания по теоретической и практической подготовке в области медицины на специальных курсах, утвержденных компетентным органом.

Общеизвестно, что для международных законов одной из целей является выравнивание юридических требований и устранение противоречий между разноречивыми национальными законами. Международная Конвенция № 164 также очертила пределы как «дно» требований, выход за нижние пределы которых влечет наказание через национальное законодательство, так и юридически допустимый «потолок» требований, неоправданное завышение которых тоже будет подвергаться санкциям. Конечно, введение «потолка», запрета для медицинского обеспечения моряков, вступило бы в явное противоречие с духом научного прогресса медицины и медицинского гуманизма, вызвав осуждение на гуманитарном уровне. Вероятно, поэтому такой важнейший шаг регулирования, как освобождение судовладельца от необходимости содержать штатную должность судового врача, был совершен с помощью юридически значимого умолчания, особой юридической формулировки, где содержание статьи нормативно-правового акта не прямо указывает на введение отмены врачебной помощи в структуре медицинского обеспечения на морском судне. Для этого Конвенция № 164 обязала судовладельца содержать, а следовательно, и оплачивать работу штатного судового врача в экипаже свыше 100 моряков, но умолчала об экипажах коммерческих судов численностью до 100 моряков. Таким образом, в ст. 8 Конвенции № 164 запрета врачебной помощи на морском судне, находящемся в рейсе, формально нет. В результате, для судовой медицины как бы нет закона о запрете должности врача, но есть положение о замене врача на немедика.

Так, согласно ст. 9 Конвенции № 164 «медицинскую помощь» на судне может оказывать немедик. Надо иметь в виду, что такое положение противоречит, например, ст. 31 Закона РФ № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 г. «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» [5], где помощь немедика никак не может называться медицинской.

Конвенция № 164 по умолчанию допускает низкий, ниже даже трудно представить, уровень подготовки немедика, который заменит врача. Подготовку немедика, заменяющего судового врача, согласно п. в ст. 9 Конвенции № 164 может проводить человек вообще без высшего профессионального медицинского образования, что вытекает из формулировки: *«по мере возможности»* (курсив наш. — авт.) такая подготовка должна проводиться под контролем врача, обладающего глубокими знаниями и пониманием медицинских проблем моряков и обстоятельств, связанных с их профессией, включая специальные знания вопросов оказания медицинской помощи по радио или по спутниковой связи». При этом Конвенция № 164 возлагает ответственность за научно-педагогический уровень школы на «компетентный орган», который должен утвердить «курс теоретической и практической подготовки в области медицины», то есть это будут делать вполне конкретные люди. Мы встречали попытки немедиков (например, капитанов дальнего плавания) проводить обучение по медицине и выпускать учебники для обучающихся морской медицине.

Вероятно, не случайно Конвенцию № 164 ратифицировали всего 14 стран (Болгария, Бразилия, Венгрия, Германия, Испания, Италия, Мексика, Норвегия, Турция, Финляндия, Франция, Швеция, наконец, такие «морские» державы, как Словакия и Чехия). Но это не помешало провести основную идею Конвенции № 164 в других конвенциях международных организаций. Например, ИМО (Международная морская организация = International Maritime Organisation, ИМО) предоставила типовые курсы для подготовки кадров для судов, имеющих менее 100 членов экипажа [6; 7]. Основная идея Конвенции № 164 проведена также через Конвенцию Международной организации труда «О труде в морском судоходстве» от 23 февраля 2006 г. [8], ратифицированную Россией. Если в международной Конвенции о подготовке и дипломировании моряков 1978 г. (ПДНВ-78) ничего не говорится о медицинском обучении моряков, то в ПДНВ-78/95 [9] (ратифицирована 166 государствами) моряков обязывают получить медицинские знания согласно таблицам А-VI/1-3, А-VI/4-1, А-VI/4-2. А для подготовки по содержанию этих таблиц рекомендуют воспользоваться «соответствующими типовыми курсами ИМО».

Конечно, государство должно соблюдать международный юридический закон, если его ратифицировало. Так, согласно ст. 26, именуемой как “*Pacta sunt servanda*”, Венской конвенции «О праве международных договоров» от 23 мая 1969 г. [10] каждый действующий договор обязателен для его участников и должен ими добросовестно выполняться. В нашей стране внедрение международных конвенций происходит особым путем, то есть посредством толкования ч. 4 ст. 15 Конституции РФ, объявляющей общепризнанные принципы и нормы международного права и международные договоры РФ составной частью правовой системы Федерации. Это можно резюмировать как конституционное закрепление общефедеральной юридической силы за международными договорами. То есть Конвенцию № 164 России надо выполнять.

Освободив судовладельца от финансового содержания судового врача в экипаже до 100 человек, Конвенция № 164 в п. 3 ст. 5 взамен этого обязала «компетентный орган власти... при принятии или пересмотре национальных положений относительно состава аптек и медицинского оборудования на борту... принимать во внимание международные рекомендации в этой области», а также «прогресс в медицинских знаниях и апробированных методах лечения». Иначе говоря, освободив судовладельца от расходов на штатного врача, Конвенция № 164 обязала «компетентный орган власти» заставить судовладельца обеспечить судно аптечкой, медицинским оборудованием, медицинской литературой. Таким образом, структурные изменения немедленно потребовали инноваций для перестройки медицинского обеспечения на судне, контроль за которым Конвенция № 164 п. 3 ст. 5 возложила не на судовладельца, а на некий компетентный орган власти.

Из Конвенции № 164 вытекает, что вся конкретная работа по подготовке кадров, заменяющих врача в экипаже численностью до 100 моряков, возложена на тот курс (школу, центр и др.),

который берет на себя обязанность дипломирования моряков. А компетентный орган власти должен контролировать наличие в школе (курсе, центре и т. п.) *Международного руководства по медицинскому обслуживанию на судах, Руководства по оказанию первой медицинской помощи при несчастных случаях, связанных с опасными веществами, Инструкции Международного руководства по обучению моряков и контролировать обеспеченность школы медицинским разделом по Международному коду сигналов*. Так, п. 2 ст. 9 гласит: «Лица, ответственные за медицинское обслуживание на борту и не являющиеся врачами, должны получать удовлетворительные знания по завершении утвержденного компетентным органом курса теоретической и практической подготовки в области медицины». Следующий п. 3 ст. 9 говорит: «Курсы, указанные в настоящей статье, должны проводиться на основе (последнего издания) *Международного руководства по медицинскому обслуживанию на судах, Руководства по оказанию первой медицинской помощи при несчастных случаях, связанных с опасными веществами, Инструкции Международного руководства по обучению моряков, опубликованных Международной морской организацией, а также медицинского раздела Международного кода сигналов* и на основе аналогичных национальных руководств».

Проще говоря, Конвенция № 164 позволяет опуститься с уровня медицинской университетской профессуры по подготовке кадров для оказания медицинской помощи морякам до уровня самых архаичных и примитивных образований, которые имеют суда, плавают на них, но вынуждены привлекать неких практиков-инструкторов и, снабжая их типовой программой по медицине, поручить им дипломирование морских офицеров. Конечно, были древние времена и Средние века, когда суда совершали морские путешествия, а медицинских университетов и профессоров медицины не было. Но в настоящее время возвращение к подобному положению, вероятно, является пережитком.

Наряду с разрешением на примитивное обучение морской медицине Конвенция № 164 юридически ориентирует и на современные научные и клинические инновации для достижения самого высокого уровня структурного устройства медицинской науки и подготовки медицинского персонала в морской медицине. Так, в п. 1 ст. 13 говорится, что члены организации «сотрудничают друг с другом в деле развития охраны здоровья моряков и медицинского обслуживания на борту судов». Такое сотрудничество согласно п. 2 той же статьи может охватывать «усилия, направленные на создание центров здравоохранения для моряков с целью ведения научно-исследовательских работ по вопросам состояния здоровья, лечения и профилактики заболеваний среди моряков; подготовки медицинского персонала и персонала служб здравоохранения в области морской медицины...» и т. д.

Важно отметить тот факт, что авторам Конвенции № 164 и сторонам, даже не ратифицировавшим Конвенцию № 164, но фактически согласившимся с отменой штатной должности врача на морском судне с экипажем численностью до 100 моряков, нельзя отказать в логике, которая говорит о следующем. Происходит уменьшение численности экипажа, что закономерно приводит к уменьшению средней лечебно-диагностической нагрузки на судового врача. Снижается объем врачебной работы на судне, следовательно, снижается производительность труда у судового врача, что особенно заметно при сравнении с интенсивностью лечебно-диагностической работы у врача берегового здравоохранения. Возникают вопросы или о совмещении судовым врачом другой морской специальности, чтобы таким образом довести до некоторой нормы интенсивность рабочей нагрузки у врача, или об отказе в подготовке врача для каждого судна. Кроме того, для выпуска из института нового врача требуется 6 лет обучения универсальным медицинским знаниям и навыкам, затем не менее 1–3 лет его обучения узкой специализации, без чего он не имеет права практиковать, а далее последующие периодические стажировки и курсы обучения в высшем медицинском учебном заведении. Длительность подготовки врача диктуется многими факторами, одним из которых является необходимость двойного назначения специальности врача, чтобы в условиях военного времени его можно было бы мобилизовать для работы в условиях боевых поражений личного состава и населения.

Таким образом, можно полагать, что возвращению на судно врача в прежнем виде противоречит низкая профессиональная нагрузка в малочисленном экипаже, роста парка морских судов, который потребовал бы все большего выпуска судовых врачей. Поэтому восстановления положения, когда бы на морском судне обеспечивалось оказание квалифицированной медицинской помощи в экипажах численностью до 100 человек, вероятно, можно будет добиться, если вложить инновации в поиск технических и организационных способов по полноценной замене судового врача [11, с. 9–16]. Но вплоть до изобретения способа решения этой проблемы остается крайне актуальным выбор инноваций между принципом обучения курсантов вузе на научной кафедре морской медицины с профессорско-преподавательским составом и принципом передачи обучения курсантов в руки практиков-инструкторов.

Существенные изменения в медицинском обеспечении большой когорты морских экипажей, конечно, создали потребность в новых научных разработках, направленных на решение медицинских, учебно-методических, финансово-экономических задач.

Анализ связи постиндустриализма с формами обучения морской медицине.

По вопросам инноваций в обучение курсантов невозможно обойтись без анализа хотя бы самых общих положений теории постиндустриализма, так как в настоящее время через эту теорию преломляются идеи инноваций или по крайней мере в процессе выбора инноваций приходится сталкиваться с действиями лиц и организаций, исповедующих или реализующих идеи данной теории. Как известно, особо притягательной теорию постиндустриализма делает тезис о том, что в передовых обществах на первое место вышло производство новых знаний, образующих в продаваемой услуге нематериальный актив, ее информационную часть, за которую покупатель согласен платить высокую цену. Инновации в область производства новых знаний могут быть настолько выгодны, что возник венчурный бизнес, заключающийся в одновременном финансировании множества научных проектов, хотя из них удачными может оказаться лишь малая часть, но приносимая удачными изобретениями сверхприбыль покрывает убытки, понесенные на финансовых вложениях в неудачные научные разработки. Еще большую притягательность создает то, что доходность была во многом подтверждена практикой стран, служащих нам для подражания, где услуги по реализации новых знаний в международном глобальном масштабе сделались главным источником финансового дохода и главной движущей силой экономики. Так, услуги, связанные с производством, переработкой и накоплением знаний, внесли основной вклад во внутренний валовой продукт (ВВП) США и составили 80 % ВВП за 2002 г., в странах Евросоюза — 69,4 % за 2004 г., в Японии — 67,7 % за 2001 г. [12].

Однако по мере накопления опыта все доказательнее становится критика содержательной стороны постиндустриализма. Обнаружилось, что общество не следует предписанным теорией законам. Интеллектуалам, создающим новые знания, не передаются бразды правления финансами даже в университетах и исследовательских центрах. Тем более в руки интеллектуальной элиты не переходит власть в обществе (меритократия). Корпорации с финансовыми и материальными активами, не только не растворились в успешных научных учреждениях, но лишь укрепили свою социальную значимость в деле распоряжения инновациями. Там, где новое знание можно получить с легкостью и дешевизной копирования, сверхприбыль не концентрируется. Напротив, необходимо, чтобы юридические и психосоциальные технологии создали монополию для массовой продажи услуги и сконцентрировали сверхприбыль. Обнаружилось, что сверхприбыль могут дать услуги, вообще не несущие в себе новых знаний, если умело привлечь к ним потенциальных покупателей или подтолкнуть их к потреблению услуг. Таким образом финансовую выгоду можно получить, не только опираясь на законы постиндустриализма о производстве и продаже новых знаний. Извлечь финансовую выгоду помогают законы патентования, торговли услугами, юридического обеспечения в продвижении услуг, услуги дизайна, маркетинга и других психосоциальных технологий. Например, в XX столетии русский изобретатель пистолета-пулемета М. Т. Калашников не стал миллионером, потому что по юридическим законам и психосоциальным правилам ему не полага-

лось извлекать сверхприбыль, а американский изобретатель пулемета Х. С. Максим стал. Продажа в колонии услуг второго сорта как приносила, так и приносит монопольные сверхприбыли, хотя на дворе XXI в.

Чем меньше будет уровень нового блага, которое в себе заключает новое знание, тем меньше, казалось бы, от его использования можно получить финансовой выгоды. Но это оказывается не так, поскольку там, где заканчиваются законы творческой деятельности по производству нового знания и начинается практика реализации готовой услуги, начинается область смешения разнородных процессов (торговли, маркетинга и пр.). Борьба за овладение ресурсами и рынками для продажи новых услуг и знаний, за перераспределение благ подчиняется законам юридических, торговых, маркетинговых теорий и протекает по законам теории конфликтов, начиная от мягких, латентных конфликтов до жесткого диктата. Поэтому законы из иных теорий (торговли, маркетинга и пр.) могут оказать более значимое влияние на финансовые выгоды, чем законы теории постиндустриализма. Иначе говоря, для извлечения финансовой выгоды, кроме законов постиндустриализма по производству новых знаний, эффективно используется целая индустрия по формированию юридических законов (для монополизации знаний и создания массы потребителей услуги из монопольного источника), индустрия менеджмента (для привлечения потребителя), индустрия конкуренции за рынки (для борьбы по законам теории конфликта) и т. д. Каждая из индустрий в настоящее время настолько хорошо освоила сферу услуг в производстве и реализации нового научного знания, что может успешно вносить свою лепту в получение финансовой прибыли. Например, отточенные психосоциальные технологии позволяют так модифицировать дизайн у откровенно старых знаний, что юридически они начинают выглядеть как новые изобретения, хотя модификации не затрагивают функциональных свойств «новой» вещи. Грамотно осуществленная симуляция научно-технического прогресса может быть выгодно выдана за новшество. Хотя, в отличие от постиндустриализма, не было инновационных затрат на науку, не вкладывались новые знания в услугу, но полученные сверхдоходы также входят в статистику ВВП, как и доходы от услуг, действительно связанных с производством, переработкой, накоплением новых знаний.

Опираясь на проведенный анализ постиндустриализма, можно указать, что его теоретические положения о создании монополизма услуги и массового потребителя услуги обнаруживаются и в процессе конвенционной подготовки лиц, заменяющих врача на судне. Так, Конвенция № 164 и ПДНВ-78/95 в международном глобальном масштабе создают единую программу обучения морской медицине всех моряков, экипажи которых не имеют штатного врача, а также требуют, чтобы такие суда были обеспечены единым медицинским руководством только на английском языке. Это является важным условием для возникновения во всех странах массового потребителя услуг новых медицинских знаний и создает условия для возникновения монополии на новый источник медицинского знания. Хотя инновации в информационные услуги признаны постиндустриализмом основным источником доходов, потребители информационного материала по умолчанию, то есть добровольно, уступили носителям английского языка приоритет на такой важный инструмент в деле конкуренции за доходы на международном рынке, как языковая система, в которой излагаются, хранятся и главное продаются информационные услуги. Нет даже попыток уровнять хотя бы стартовые условия, например использовать международный язык эсперанто. При этом очевидно, что медицинские компендиумы для парамедиков на английском языке содержат идиоматические обороты, сленг английского языка, которые понятны носителю языка, но для остальных создают бессмысленные лакуны в тексте.

Следует отметить, что «новый» единый источник медицинских знаний базируется не на новых знаниях в морской медицине, а на монопольном модифицировании краткого изложения, брeвиария, компендиума старых медицинских знаний. Научные профессорско-преподавательские кафедры любых вузов и техникумов средней руки являются конкурентами в производстве и распространении подобных «новых» источников старых знаний, так как постоянно составляют подобные учебники-компендиумы. Конечно, бывают учебники, реально содержащие принципиаль-

но новое знание, создающее огромное новое благо, как, например, классическое учебное руководство «Основы химии» Д. И. Менделеева, где он первым изложил теорию периодической системы химических элементов. Но международное учебное пособие по обучению судовых парамедиков на английском языке к таковой категории отнести невозможно. Поэтому «кухню» финансовой выгоды от нового источника медицинских знаний готовят коммерческими руками, которые с помощью юридических технологий создают условия продажи нового компендиума старых знаний по морской медицине. Вероятно, было бы странным ожидать, чтобы коммерческие руки, при осуществлении услуг по реализации «новых» старых знаний, манкировали бы своими интересами ради чистоты законов теории постиндустриализма и никак не были бы заинтересованы в продвижении проектов по передаче обучения в руки практиков-инструкторов, способных быть лишь вечными потребителями. Хотя широко известны приемы менеджмента и маркетинга по «покупке» потребителя, привлечению его к «дешевой» услуге, по организации сети нужных связей, помогающих потребителю потреблять; по созданию «клубов потребителей», вплоть до помощи клиенту в укреплении его статуса в учреждении, закупающем услуги; но проводить лишь на основе аналогии анализ той части теории постиндустриализма, которая взаимно перекрывается с областями теорий менеджмента и маркетинга, целесообразно с привлечением методов экономического научного исследования.

Обобщение фактов, полученных с помощью проведенного анализа, позволяет говорить о том, что сторонники принципа университетского обучения в вузе и сторонники отказа от университетского обучения в вузе опираются на одни и те же юридические законы, материальные и экономические условия, на один и тот же уровень российской цивилизации и благ этой цивилизации.

То есть мотив выбора между принципом осуществления обучения в вузе на научно-преподавательской кафедре и принципом осуществления обучения в вузе на базе тренажерных центров силами неученых практиков-инструкторов следует искать внутри психики лица или коллектива, создающего тот компетентный орган, который осуществляет дипломирование моряков.

Часто под психическими характеристиками подразумевают только волевые качества, к тому же понимаемые как абортивный вариант волевого акта, когда дело доводится до конца, преодолевая все сопротивления без сомнений, без борьбы мотивов, бездумно, лишь нажимом силы воли или автоматизированного навыка. Но анализ не обнаруживает организованного волевого сопротивления выбору того или иного принципа. Напротив, существуют альтернативные пути выбора, любой из которых может быть выбран без угроз со стороны рассматриваемых юридических законов. Более того, путь отказа от университетского образования в вузе облегчен, подготовлен. Для перехода на него даны готовые рецепты и рекомендованы «краткие программы». Однако сказать что лицо или коллектив, создающий компетентный орган, осуществляющий дипломирование моряков, делают свой выбор между первым и вторым принципом без личного волевого акта, конечно, нельзя, потому что в ходе формирования волевого решения, волевого акта, кроме силы воли, участвует множество иных психических функций. Эти психические функции целесообразно разделить на рациональные и иррациональные. Хотя рациональные и иррациональные психические функции сильно различаются, все они созданы эволюцией для того, чтобы предсказывать события и с помощью этого как можно раньше принимать адаптивные меры.

Результаты рациональных психических функций в процессе своего формирования основываются на обязательном участии расчета, опирающегося на причинно-следственные связи, которые конкретный человек считает убедительными для принятия решения; имеют логику, сличаются с имеющимися в памяти знаниями. Поэтому аргументация рациональных решений логична, последовательно вытекает из текущих обстоятельств или выводится мышлением из общих закономерностей.

Конечные результаты, к которым приводят иррациональные, нерациональные психические функции, для своего формирования не требуют обязательного предварительного осмысле-

ния, осознания своих субъективных переживаний и мотивов, логического контроля за своими мотивами и своим решением. Иррациональные решения не имеют очевидной логической связи с объективными событиями или утрачивают наглядность такой связи. Поэтому обычные методы наблюдения за поведением человека, как правило, оказываются недостаточными, чтобы установить очевидную причинно-следственную связь иррационального решения с объективными событиями, обусловленность иррационального стремления конкретными реалиями. Но иррациональные решения и стремления могут выявляться с помощью специальных психических и физиологических исследований. Например, могут выявляться при исследовании кожно-гальванической реакции, используемой в методе так называемого детектора лжи. К иррациональным психическим функциям относятся влечения, эмоции, инстинкты. Но наиболее выраженной способностью к предвидению обладает иррациональная функция антиципации. Антиципация (от *лат.* *ante* — прежде, *сarere* — схватывать) — свойство предвидения или предвосхищения будущих событий, что позволяет делать предположение и вывод непосредственным, как раньше говорили, чувственным путем, а не путем вывода из других знаний. Свойство антиципации отличается как от ожидания, опирающегося на вероятностное умозаключение о будущем, так и от дедуктивного предсказания на основе известных знаний. Предполагается, что анатомо-физиологической основой антиципации является механизм акцептора действия, описанный П. К. Анохиным в теории функциональных систем [13]. Психологическое понятие антиципации ввел в 1880 г. В. М. Вундт как проявление возникновения в сознании верной схемы решения проблемы еще до того, как она будет реально решена [14]. Д. И. Писарев в 1864 г. об этом говорил проще: «Если бы человек был совершенно лишен способности мечтать, таким образом, если бы он не мог изредка забегать вперед и созерцать воображением своим в цельной и законченной красоте то самое творение, которое только что начинает складываться под его руками, — тогда я решительно не могу себе представить, какая побудительная причина заставляла бы человека предпринимать и доводить до конца обширные и утомительные работы в области искусства, науки и практической жизни» [15].

Нет психосоциальных проблем, которые решались бы сами по себе, без участия человека. Любая услуга, в том числе и услуга в теории постиндустриализма, осуществляется при обязательном взаимодействии потребителя. Поэтому постиндустриализм, как показывает анализ, не может устранить из жизни психосоциальные типы, которые по-разному участвуют в перераспределении богатств, например тип купца, стремящегося вложить меньше, получить быстрее, продавать дороже и дольше. Каждый типаж, осуществляющий услугу в той сфере, какую смог выбрать и освоить, делает свои расчеты на блага от научно-технического прогресса по велениям своего сердца (инстинктов и чувств) и движениям души (эмпатии, величия или низости морали), где пределом фантазируемых им планов являются лишь объективные естественно-научные законы и границы собственного воображения. Законы творческого производства новых знаний требуют один психосоциальный тип, но там, где начинают действовать законы торговли, дизайна и маркетинга, законы конкуренции и конфликта, вплоть до баталлий, требуются другие психосоциальные типы. Эти психосоциальные типы отличаются друг от друга тем, что каждый по-своему может зарабатывать моральные и материальные средства для сохранения и развития своей деятельности, но только в своей социальной сфере. Например, можно сравнить психосоциальный тип творческого человека, профессионально решающего научно-технические задачи, и психосоциальный тип манипулятора, который профессионально организует силу социального давления, использует социальные институты, социальные связи в деле перераспределения благ. Не случайно психосоциальный манипулятор для осуществления своей цели по перераспределению благ оставляет от постиндустриальной терминологии лишь ту ее словесную оболочку, в которую, как в пустышку, можно упаковать нужные ему аргументы, чтобы превратить их в собственный инструмент, необходимый для социальных действий.

Таким образом, выбор принципа университетского образования в вузе или принципа передачи в России университетского образования в руки неученых практиков-инструкторов в тре-

нажерных центрах, частично вооруженных тренажерами и краткими программами, зависит в большей мере от психологии лица или коллектива, создающего тот компетентный орган, который осуществляет дипломирование моряков. Без специального оборудования предсказать, какой выбор сделает конкретный человек, невозможно, если нет достоверных сведений о том, какова у этого человека мечта. Какова его мечта о будущем университетского образования в России, таков, вероятно, будет и его выбор.

Сводя мировоззрение до главного запредельного желания, при исполнении которого сбудутся все надежды, наступит полное удовлетворение от жизни, можно найти души, переполненные до краев мечтой, чтобы Россия была маленькой страной, от чего якобы им станет светло и ясно. Они верят, что понятие эффективности образования является синонимом самого дешевого образования, самого простого, не испорченного занудством профессора.

Но есть люди с убеждением, что только страна огромная преодолеет препятствия на пути научного прогресса. Такая мечта позволяет сохранить университетскую, академическую структуру и научно-педагогическую функцию морской медицины. Так, создание кафедры морской медицины на базе Морской академии и морской медико-санитарной части Академии позволило восстановить научную и преподавательскую деятельность в области морской медицины. Вне сетки часов ООП более десяти лет академический пробел преподавания морской медицины компенсировали высококвалифицированные ученые преподаватели кафедры морской медицинской подготовки (академик РАЕН, четыре доктора наук, семь кандидатов, доценты и профессора в области хирургии, анестезиологии и реаниматологии, внутренних болезней, нервных болезней, нейрохирургии, медицинской психологии и др.). Кафедра опубликовала более двух десятков монографий, учебных пособий, учебник, статьи, изобретения и т. д.

В заключение следует отметить, что авторы при анализе процесса выбора между принципом научно-профессорского образования в вузах и принципом передачи высшего образования в руки практиков-инструкторов тренажерных центров не учитывали фактор конституционных особенностей России. Важность этого фактора заключается в том, что согласно п. 4 ст. 15 Конституции любое национальное решение может быть отменено с помощью какого-либо подходящего международного юридического акта, даже если последний возник вне поля России и не был ею ратифицирован.

Выводы.

1. Выбор между профессорско-преподавательским обучением морской медицине и передачей обучения в вузе в руки практика-инструктора диктуется не международными конвенциями, а личной психической склонностью или к принципу полноценного кафедрального обучения, конкурентоспособного в университетском мире, или к принципу капитуляции в международной конкуренции за передовое образование.

2. Отказ от штатного врача на судне с экипажем численностью до 100 моряков следует считать обоснованным и поэтому необратимым решением, а выход из создавшегося положения следует искать в инновациях, разрабатываемых на основе научного прогресса.

3. Морская медицинская подготовка как обязательная дисциплина предусмотрена в международных конвенциях и поэтому не может изыматься из диплома о высшем образовании, который выдается курсантам, оканчивающим морской вуз.

4. В вузах тренажерные центры с практиками-инструкторами нельзя приравнивать к научным кафедрам по соответствующей научной дисциплине с профессорско-преподавательским составом.

5. Обучение на симуляторах должно проводиться профессорско-преподавательским составом научных кафедр по соответствующим дисциплинам высшего профессионального образования.

Список литературы

1. Об улучшении организации медико-санитарного обеспечения работников морского, речного флота и рыбного хозяйства: Приказ МЗ СССР от 6 сентября 1989 г. № 511.
2. Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда: Приказ МЗСР РФ от 12 апреля 2011 г. № 302н.
3. *Мультиановский М. П.* История медицины / М. П. Мультиановский; кафедра истории медицины Московского государственного медико-стоматологического университета им. А. И. Евдокимова [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.historymed.ru/training_aids/textbook/
4. Международная конвенция «О здравоохранении и медицинском обслуживании моряков» от 8 октября 1987 г. № 164.
5. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: федеральный закон Рос. Федерации от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ // Российская газета [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.rg.ru/2011/11/23/zdorovie-dok.html>
6. Medical Emergency First Aid Revised IMO (Model course 1.14 plus compendium) (2000 Edition).
7. Medical Care Revised IMO (Model course 1.15 plus compendium) (2000 Edition).
8. Конвенция Международной организации труда «О труде в морском судоходстве» от 23 февраля 2006 г.
9. Международная конвенция «О подготовке и дипломировании моряков и несении вахты» 1978 г. (ПДМНВ-78) с поправками (консолидированный текст): пер. с англ.: International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 (STCW 1978), as amended (consolidated text). — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. — 806 с.
10. Венская конвенция «О праве международных договоров» от 23 мая 1969 г. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/41195>.
11. *Галанкин Л. Н.* Инновационное развитие медицинского обеспечения на морском судне / Л. Н. Галанкин, В. В. Буров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — Вып. 2. — 172 с.
12. Постиндустриальная экономика и особенности ее функционирования [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://otherreferats.allbest.ru/economy/00207595_0.html
13. *Анохин П. К.* Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. — М., 1975. — 447 с.
14. *Вундт В. М.* Введение в психологию: пер. с нем. / В. М. Вундт; предисл. Н. Самсонова. — 3-е изд. — М.: КомКнига, 2007. — 168 с.
15. *Писарев Д. И.* Промахи незрелой мысли / Д. И. Писарев // Писарев Д. И. Литературная критика: в 3 т. — Л.: Худ. литература, 1981. — Т. 2: Статьи 1864–1865 гг. [Цит. по электрон. ресурсу: http://az.lib.ru/p/pisarew_d/text_0370.shtml].

УДК 621.396.933:527.8

А. Н. Маринич,
 канд. техн. наук, доцент,
 ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. В. Припотнюк,
 ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Ю. М. Устинов,
 д-р техн. наук, профессор,
 ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ТРИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРИ МОНИТОРИНГЕ СУДОВ

THREE METHODS OF DETERMINATION OF COORDINATES WHEN MONITORING VESSELS

Рассмотрены особенности применения трех методов определения координат при мониторинге судов. Features of application of three methods of determination of coordinates are considered when monitoring vessels.

Ключевые слова: мониторинг, определение места, доплеровский метод, точность, приемник ГНСС. Key words: monitoring, observation, Doppler method, accuracy, GNSS receiver.

В ЗАВИСИМОСТИ от аппаратуры, установленной на судах, для решения задач мониторинга могут использоваться три различных метода (рис. 1).

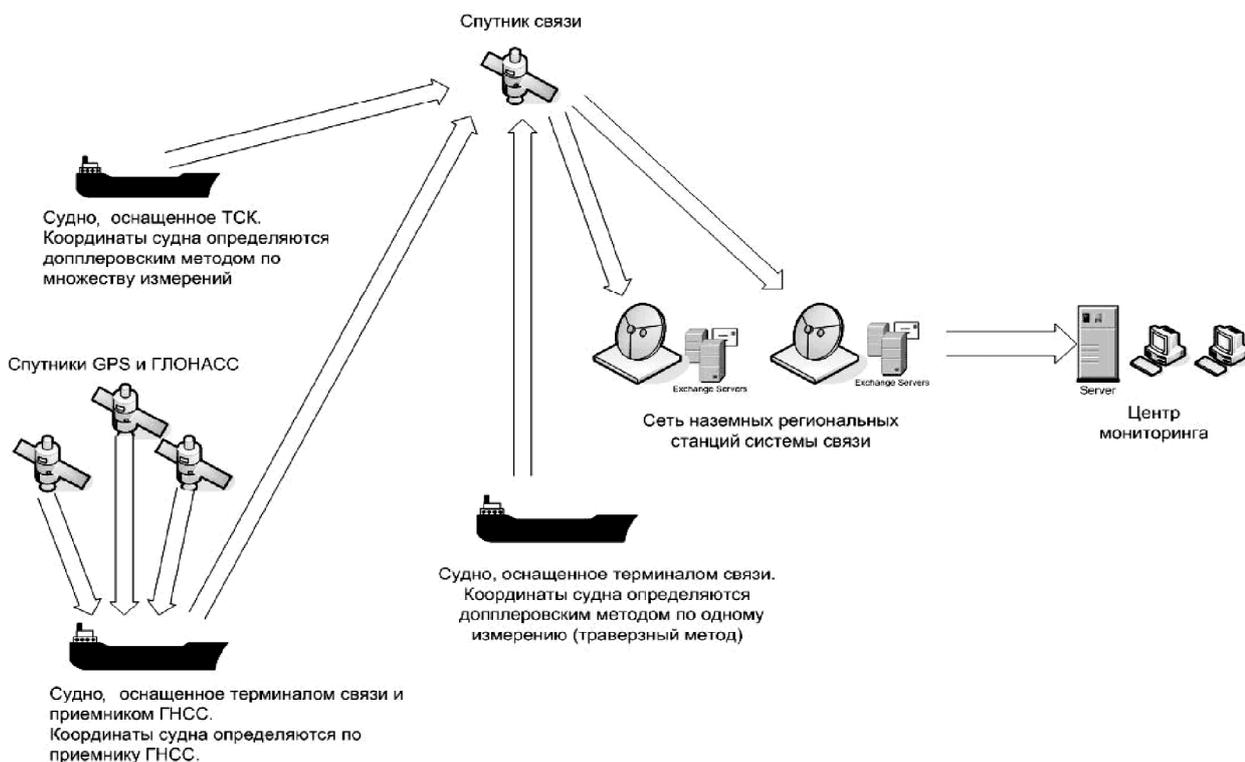


Рис. 1

При первом методе определение координат места судов производится с помощью приемника ГНСС.

При втором методе определение координат производится траверсным методом по одному измерению доплеровской частоты.

При третьем методе также используется доплеровский метод определения координат, но по множеству измерений.

Первый метод является самым распространенным. В настоящее время согласно международным требованиям на всех судах установлены приемники ГНСС (ГЛОНАСС + GPS). В дальнейшем в состав ГНСС войдет и система ГАЛИЛЕО. Определение координат места судна по сигналам ГНСС обеспечивает высокую надежность и точность. Современные приемники ГНСС работают по всем видимым спутникам (метод определения координат “All in View”) и используют автономный алгоритм RAIM отбраковки спутников, не соответствующих требованиям по точности.

На основе широко используемой в судовой аппаратуре интеграции в состав многих терминалов связи входят приемники ГНСС, поэтому не требуется устанавливать специальные устройства для мониторинга. Среднеквадратическая погрешность определения координат судна по приемникам ГНСС не превосходит 20 м.

При втором, траверсном методе определение координат судна производится на спутнике связи путем измерения доплеровской частоты в момент $t = t_0$, когда судно находится на траверзе относительно спутника.

Этот метод применяется для спутников, расположенных на полярных орбитах. Для таких орбит ось x совпадает с линией меридиана, а ось y — с линией широты. В момент времени $t = t_0$ значение доплеровской частоты $\Delta f_d = 0$ и доплеровская частота меняет знак (рис. 2, а).

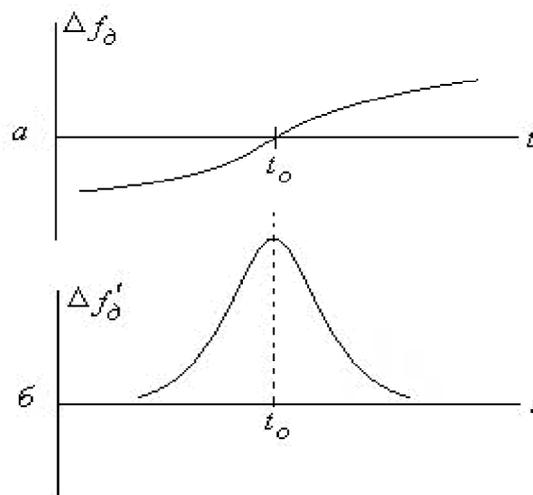


Рис. 2

В этот момент времени широта местонахождения судна равна широте спутника. Таким образом, для определения широты местонахождения судна необходимо определить время, соответствующее минимальному значению доплеровской частоты, измеряемой на спутнике. Так как эфемериды спутника известны, то широта судна легко определяется.

Для определения долготы местонахождения судна необходимо замерить на спутнике скорость изменения доплеровской частоты в момент времени $t = t_0$. На рис. 2, б приведен график величины $\Delta f'_d$ в зависимости от времени. Численное значение скорости изменения доплеровской частоты $\Delta f'_d$ в момент времени t_0 определяется выражением [1]

$$\Delta f'_d = \frac{v^2}{\lambda \sqrt{(y_{сп} - y_c)^2 + (z_{сп} - z_c)^2}},$$

где v — линейная скорость спутника;

λ — длина волны;

$y_{\text{сп}}, z_{\text{сп}}$ — прямоугольные координаты спутника;

y_c, z_c — прямоугольные координаты судна, где z_c известно.

В последнем уравнении $(z_{\text{сп}} - z_c)$ — разность по высоте положений спутника и судна, $(y_{\text{сп}} - y_c)$ — разность по долготе положений спутника и судна. По данным эфемерид спутника, координаты $y_{\text{сп}}, z_{\text{сп}}$ известны. Долгота судна y_c определяется путем решения приведенного выше уравнения.

За 10 с низкоорбитальный спутник перемещается по координате x на расстояние около 80 км. Если априорные координаты судна известны с погрешностью до 80 км, то по данным альманаха спутника можно примерно рассчитать время нахождения спутника на траверзе судна. Для определения координат судна траверзным методом длительность синусоидальной посылки, излучаемой терминалом пользователя, может не превышать 10 с. СКП определения координат судна траверзным методом составляет 1,5–2 км.

При третьем методе определения координат судна необходимо набрать несколько измерений доплеровской частоты за время пролета спутника над судном. На судне устанавливается специальная аппаратура — технические средства контроля (ТСК). ТСК представляет собой передатчик синусоидальных посылок длительностью около 1 с, которые следуют друг за другом с интервалом ~ 1 мин. На спутнике измеряются значения доплеровских частот для каждой принятой посылки за время радиоконтакта спутника с ТСК.

Определим максимальное время видимости спутника над судном. Для расчета максимального времени видимости спутника необходимо определить диаметр подспутниковой зоны видимости спутника и скорость движения спутника по круговой орбите.

Период обращения спутника по круговой орбите вокруг Земли [2]:

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}},$$

где r — радиус орбиты спутника; $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$ — гравитационная постоянная Земли; $M = 5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ — масса Земли.

С учетом этих постоянных получим

$$T = 3,14 \cdot 10^{-7} r \sqrt{r}.$$

Так как вместо радиуса r принято указывать высоту орбиты спутника h над поверхностью Земли, то $r = h + a$, где $a = 6378 \cdot 10^3$ — радиус Земли.

С учетом этого

$$T = 3,14 \cdot 10^{-7} (h + a) \sqrt{h + a}.$$

Линейная скорость спутника:

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}.$$

Для определения диаметра подспутниковой зоны видимости под углом места спутника β воспользуемся рис. 3.

Расстояние d до спутника (рис. 3) под углом места спутника β определится из выражения

$$d = \sqrt{(a + h) + a^2 \sin^2 \beta} - a \sin \beta.$$

Величина Θ , соответствующая краю подспутниковой зоны видимости спутника (рис. 3), на которой спутник виден под углом места β , имеет вид

$$\Theta = \arccos \left[\frac{a^2 + (a + h)^2 - d^2}{2a(a + h)} \right].$$

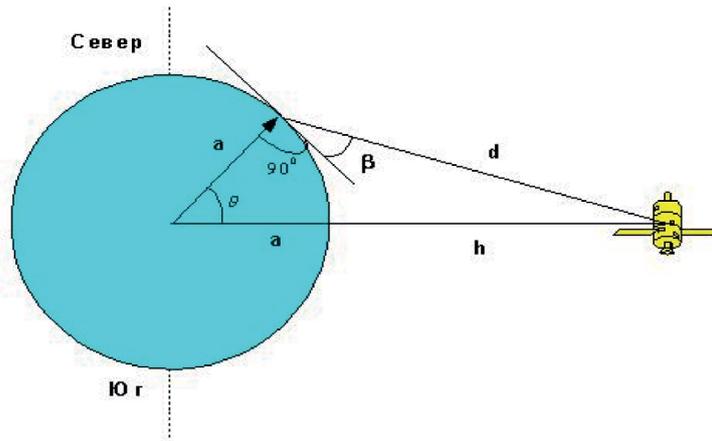


Рис. 3

Диаметр подспутниковой зоны видимости спутника на поверхности Земли:

$$D = a \cdot 2\Theta,$$

где Θ (рад).

Если диаметр подспутниковой зоны видимости D , скорость движения спутника v , то максимальное время видимости спутника:

$$T_{\text{вид}} = \frac{D}{v}.$$

С помощью приведенных выражений можно рассчитать максимальное время для сбора данных на спутнике для решения задачи мониторинга доплеровским методом по нескольким измерениям.

Так, если $h = 1100$ км, $D = 6223$ км, то $T_{\text{вид}} = 16$ мин, а число измерений ~ 16 .

При уменьшении высоты h максимальное время видимости спутника становится меньше, так как уменьшается диаметр D , а скорость движения спутника возрастает. Напротив, при увеличении h максимальное время видимости спутника больше 16 мин.

Максимальное время видимости спутника $T_{\text{вид}}$ соответствует случаю, когда судно находится в центре подспутниковой зоны, при этом максимальная величина $\beta = 90^\circ$. Подспутниковая зона — это круг, центр которого совпадает со следом траектории спутника на поверхности Земли. Если максимальная величина $\beta < 90^\circ$ во время движения спутника, то судно не находится в центральной точке подспутниковой зоны. В этом случае время видимости спутника будет меньше и определяется величиной:

$$T'_{\text{вид}} = T_{\text{вид}} \sin \beta.$$

При рассматриваемом третьем методе определения координат судна доплеровским методом по одному спутнику для уменьшения погрешности координат целесообразно, чтобы результаты измерения доплеровской частоты как можно больше были разнесены во времени. С увеличением разноса во времени возрастает пройденное спутником расстояние и, следовательно, база системы. Из теории навигации известно, что погрешности координат уменьшаются при увеличении базовых расстояний.

Для определения координат судна x_c, y_c доплеровским методом при известной координате z_c достаточно измерить три значения доплеровской частоты; в начале, когда спутник становится видимым в подспутниковой зоне, в середине и в конце, когда спутник выходит из подспутниковой зоны.

В результате трех измерений получаем три уравнения:

$$\begin{cases} \frac{(x_{сп1} - x_c)\dot{x}_{сп1} + (y_{сп1} - y_c)\dot{y}_{сп1} + (z_{сп1} - z_c)\dot{z}_{сп1}}{\sqrt{(x_{сп1} - x_c)^2 + (y_{сп1} - y_c)^2 + (z_{сп1} - z_c)^2}} = \lambda(\Delta f_{кд1} + \Delta f_{рас}); \\ \frac{(x_{сп2} - x_c)\dot{x}_{сп2} + (y_{сп2} - y_c)\dot{y}_{сп2} + (z_{сп2} - z_c)\dot{z}_{сп2}}{\sqrt{(x_{сп2} - x_c)^2 + (y_{сп2} - y_c)^2 + (z_{сп2} - z_c)^2}} = \lambda(\Delta f_{кд2} + \Delta f_{рас}); \\ \frac{(x_{сп3} - x_c)\dot{x}_{сп3} + (y_{сп3} - y_c)\dot{y}_{сп3} + (z_{сп3} - z_c)\dot{z}_{сп3}}{\sqrt{(x_{сп3} - x_c)^2 + (y_{сп3} - y_c)^2 + (z_{сп3} - z_c)^2}} = \lambda(\Delta f_{кд3} + \Delta f_{рас}), \end{cases}$$

где $x_{сп1}, y_{сп1}, z_{сп1}; x_{сп2}, y_{сп2}, z_{сп2}; x_{сп3}, y_{сп3}, z_{сп3}$ — прямоугольные координаты спутника в моменты первого, второго и третьего измерений; x_c, y_c, z_c — прямоугольные координаты судна, не имеющего хода (z_c известна); $\Delta f_{кд1}, \Delta f_{кд2}, \Delta f_{кд3}$ — результаты измерений доплеровской частоты в моменты первого, второго и третьего измерений; $\Delta f_{рас}$ — величина расстройки номиналов частоты генератора ТСК и генератора на спутнике. По результатам решения трех уравнений определяются $x_c, y_c, \Delta f_{рас}$.

Если за время пролета спутника над судном производится много измерений доплеровской частоты, то в результате сглаживания погрешности определения координат судна уменьшаются.

СКП определения координат судна доплеровским методом по множеству измерений доплеровской частоты лежит в пределах от 250 до 1500 м.

В результате сравнения трех методов определения координат судна при мониторинге первый метод определения координат с помощью приемников ГНСС является наиболее перспективным. Этот метод имеет наилучшую точность. При этом методе измеренные координаты становятся известными как на судне, так и в центре мониторинга.

Учитывая, что терминалы связи являются интегрированными (в состав терминалов входят приемники ГНСС), этот метод не требует дополнительного оборудования как на судне, так и на спутнике.

Второй и третий методы обеспечивают определение координат судна только в центре мониторинга. Чтобы получить координаты собственного судна, необходим запрос в центр мониторинга.

Заканчивая сравнение, отметим, что при первом методе возможно передавать в центр мониторинга фальсифицированные координаты судна. При доплеровском методе это невозможно. Поэтому независимые методы определения координат одновременно первым и третьим методами широко используются в центрах мониторинга рыбопромысловых судов, так как позволяют выявлять суда-браконьеры.

Заключение.

Независимые методы определения координат с помощью приемников ГНСС и по результатам доплеровских измерений позволяют исключить грубые промахи при решении задач мониторинга.

Список литературы

1. *Никитенко Ю. И.* Судовые радионавигационные системы: учебник для вузов / Ю. И. Никитенко, В. И. Быков, Ю. М. Устинов. — М.: Транспорт, 1992. — 336 с.
2. *Цифровые терминалы спутниковых систем связи: справ. изд. / А. А. Ильин [и др.]; под общ. ред. Ю. М. Устинова.* — СПб.: Деан, 2005. — 192 с.: с ил.

МЕТОД ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ

METHOD OF FORMALIZED ASSESSMENT OF COMPLEXITY OF NAVIGATIONAL SITUATION

Обоснован метод формализованной количественной оценки сложности навигационной ситуации как совокупности различных компонент. Описана область возможного применения метода.

Method of formalized quantitative assessment of complexity of navigational situation as a combination of different components was justified. The scope of possible application of the method was described.

Ключевые слова: навигационная ситуация, сложность, метод количественной оценки, сфера применения.

Key words: navigational situation, complexity, method of quantitative assessment, scope of application.

ПОНЯТИЕ «навигационная ситуация» часто встречается при расследовании происшествий на море, анализе безопасности плавания судна на определенной акватории, при оценивании работы судоводителя в различных условиях. Именно характер текущей навигационной ситуации во многом определяет навигационную безопасность судна в конкретный момент времени. Вместе с тем ни в практике, ни в теории не существует общепринятых унифицированных методов оценки сложности навигационной ситуации, что делает затруднительным как анализ навигационной безопасности плавания, так и сравнение сложности различных навигационных ситуаций.

В целях разработки такого метода в [1, с. 122–128; 2, с. 17–21] предложено строгое определение навигационной ситуации как совокупности 18 компонент, в числе которых вид акватории, глубина, скорости и направления ветра, течения и др. Идентифицировать каждую из компонент позволяют возможные конечные множества значений, принадлежность к которым можно определить как по качественному, так и по количественному описанию множества (например, к множеству «хорошая видимость» относится видимость от 5 до 10 миль). Каждой компоненте соответствует от двух до пяти множеств, при этом чем больше номер множества, к которому принадлежит текущее значение характеристики компоненты, тем сложнее навигационная ситуация (при прочих равных условиях).

Такая структура понятия позволила положить в основу метода оценки сложности навигационной ситуации следующий количественный критерий:

$$CNS = 1 - (1 - K_2) \cdot (1 - K_3) \cdot \dots \cdot (1 - K_{17}) \cdot (1 - K_{18}), \quad (1)$$

где $K_2, \dots, K_{17}, K_{18}$ — коэффициенты, определяющие состояние соответствующей (за исключением вида акватории) компоненты навигационной ситуации.

Таким образом, основной задачей, которую необходимо было решить при разработке метода, являлось определение трех наборов (для каждого вида акватории) значений коэффициентов $K_{2,1}, K_{2,2}, \dots, K_{17,1}, K_{17,2}, \dots, K_{18,1}, K_{18,2}, K_{18,3}$ (или при иной записи: $K_{i,j}$, где i — номер компоненты; j — номер множества этой компоненты), каждый из которых содержит 54 значения.

На первом этапе решения этой задачи в период с июля по сентябрь 2012 г. автором было проведено экспертное оценивание, описание процедуры и результаты которого представлены в [1]. В итоге были определены ранги $A_{i,j}$ значимости компонент навигационной ситуации для каждого вида акватории и ожидаемые (экспертные) значения CNS для 110 типовых навигационных ситуаций, сгруппированных по видам акватории.

Для определения искомых коэффициентов с использованием результатов экспертного оценивания сделаем допущение, что эти коэффициенты относятся друг к другу так, как представлено в таблице соотношения весов коэффициентов (табл. 1). Для большей наглядности в табл. 2 рассчитаны веса коэффициентов для зоны стесненного плавания.

Таблица 1

Соотношение весов коэффициентов

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	$A_{2,j}$	—	—	—
3	$A_{3,j}/2$	$A_{3,j}$	—	—
4	$A_{4,j}/2$	$A_{4,j}$	—	—
5	$A_{5,j}/4$	$A_{5,j}/2$	$3A_{5,j}/4$	$A_{5,j}$
6	$A_{6,j}/3$	$2A_{6,j}/3$	$A_{6,j}$	—
7	$A_{7,j}/4$	$A_{7,j}/2$	$3A_{7,j}/4$	$A_{7,j}$
8	$A_{8,j}/3$	$2A_{8,j}/3$	$A_{8,j}$	—
9	$A_{9,j}/4$	$A_{9,j}/2$	$3A_{9,j}/4$	$A_{9,j}$
10	$A_{10,j}/3$	$2A_{10,j}/3$	$A_{10,j}$	—
11	$A_{11,j}/4$	$A_{11,j}/2$	$3A_{11,j}/4$	$A_{11,j}$
12	$A_{12,j}/4$	$A_{12,j}/2$	$3A_{12,j}/4$	$A_{12,j}$
13	$A_{13,j}/3$	$2A_{13,j}/3$	$A_{13,j}$	—
14	$A_{14,j}/3$	$2A_{14,j}/3$	$A_{14,j}$	—
15	$A_{15,j}/3$	$2A_{15,j}/3$	$A_{15,j}$	—
16	$A_{16,j}/4$	$A_{16,j}/2$	$3A_{16,j}/4$	$A_{16,j}$
17	$A_{17,j}/4$	$A_{17,j}/2$	$3A_{17,j}/4$	$A_{17,j}$
18	$A_{18,j}/3$	$2A_{18,j}/3$	$A_{18,j}$	—

Таблица 2

Веса коэффициентов для зоны стесненного плавания

Номер компоненты	Номер множества			
	1	2	3	4
2	12,68	—	—	—
3	5,89	11,77	—	—
4	5,89	11,77	—	—
5	2,02	4,03	6,05	8,07
6	1,64	3,29	4,93	—
7	1,22	2,44	3,66	4,89
8	0,98	1,95	2,93	—
9	1,90	3,81	5,71	7,61
10	1,67	3,33	5,00	—
11	4,03	8,07	12,10	16,14
12	1,31	2,63	3,94	5,25
13	2,72	5,44	8,16	—
14	4,86	9,73	14,59	—
15	7,00	14,00	21,00	—
16	2,86	5,72	8,57	11,43
17	2,39	4,78	7,18	9,57
18	1,37	2,74	4,11	—

Окончательно вариацией значений коэффициентов (учитывая, что при изменении одного любого значения изменяются все остальные) были получены такие группы коэффициентов для каждого вида акватории, которые при расчете по выражению (1) сложности включенных в опросные листы навигационных ситуаций давали наименьшую СКП по отношению к ожидаемым (экспертным) значениям CNS, полученным по результатам экспертного оценивания. Все рассчитанные коэффициенты сведены в табл. 3. При этом СКП составили: для коэффициентов, подлежащих к использованию в зоне открытого моря, — 0,108; в зоне прибрежного плавания — 0,103; в зоне стесненного плавания — 0,139.

Таблица 3

Расчетные коэффициенты

Номер компоненты	Вид акватории	Номер множества			
		1	2	3	4
2	$j = 1$	0,019	—	—	—
	$j = 2$	0,156	—	—	—
	$j = 3$	0,231	—	—	—
3	$j = 1$	0,009	0,019	—	—
	$j = 2$	0,114	0,228	—	—
	$j = 3$	0,107	0,214	—	—
4	$j = 1$	0,041	0,082	—	—
	$j = 2$	0,085	0,170	—	—
	$j = 3$	0,107	0,214	—	—
5	$j = 1$	0,040	0,081	0,121	0,161
	$j = 2$	0,044	0,088	0,132	0,176
	$j = 3$	0,037	0,073	0,110	0,147
6	$j = 1$	0,045	0,091	0,136	—
	$j = 2$	0,036	0,073	0,109	—
	$j = 3$	0,030	0,060	0,090	—
7	$j = 1$	0,045	0,091	0,136	0,181
	$j = 2$	0,044	0,088	0,132	0,177
	$j = 3$	0,022	0,044	0,067	0,089
8	$j = 1$	0,050	0,100	0,150	—
	$j = 2$	0,032	0,065	0,097	—
	$j = 3$	0,018	0,036	0,053	—
9	$j = 1$	0,009	0,018	0,027	0,037
	$j = 2$	0,024	0,047	0,071	0,094
	$j = 3$	0,035	0,069	0,104	0,138
10	$j = 1$	0,010	0,020	0,029	—
	$j = 2$	0,035	0,069	0,104	—
	$j = 3$	0,030	0,061	0,091	—
11	$j = 1$	0,039	0,077	0,116	0,155
	$j = 2$	0,067	0,135	0,202	0,269
	$j = 3$	0,073	0,147	0,220	0,293
12	$j = 1$	0,028	0,056	0,084	0,112
	$j = 2$	0,043	0,086	0,128	0,171
	$j = 3$	0,024	0,048	0,072	0,095
13	$j = 1$	0,046	0,091	0,137	—
	$j = 2$	0,065	0,130	0,196	—
	$j = 3$	0,049	0,099	0,148	—
14	$j = 1$	0,030	0,060	0,091	—
	$j = 2$	0,078	0,157	0,235	—
	$j = 3$	0,088	0,177	0,265	—

Таблица 3
 (Окончание)

15	$j = 1$	0,023	0,047	0,070	—
	$j = 2$	0,068	0,136	0,204	—
	$j = 3$	0,085	0,170	0,255	—
16	$j = 1$	0,014	0,029	0,043	0,057
	$j = 2$	0,036	0,072	0,108	0,144
	$j = 3$	0,052	0,104	0,156	0,208
17	$j = 1$	0,016	0,032	0,049	0,065
	$j = 2$	0,016	0,032	0,048	0,065
	$j = 3$	0,043	0,087	0,130	0,174
18	$j = 1$	0,002	0,005	0,007	—
	$j = 2$	0,023	0,047	0,070	—
	$j = 3$	0,025	0,050	0,075	—

Рассчитанное по выражению (1) значение CNS позволяет получить еще одну, более удобную для использования в практических целях количественную характеристику навигационной ситуации — ранг ее сложности. В табл. 4 показано, как взаимосвязаны значения CNS, ранг сложности и дано лингвистическое наименование и общее качественное описание навигационных ситуаций рангов.

Покажем на примере использования метода при оценке сложности навигационных ситуаций, имевших место при двух столкновениях судов (табл. 5). Первое из них случилось 7 июня 2006 г. на р. Humber между судами “Samskip Courier” и “Scagern” [4]. Второе — между газовозом “Gas Monarch” и яхтой “Whispa” в Северном море 16 апреля 2007 г. [5, с. 191–208].

Что касается некоторых допущений, сделанных при обосновании метода (например, допущение об отношении весов коэффициентов), то необходимо отметить следующее. Во-первых, допущения в науке применялись неоднократно ранее и их роль известна и велика. Для примера можно привести два допущения, на которых до сих пор строится чуть ли не вся научная парадигма: допущения о трех измерениях и о причинности всех явлений. Многие допущения со временем находят свое обоснование — например гипотеза Пуанкаре. Во-вторых, субъективизм навигационной ситуации позволяет не вычислять некоторые определенные значения и условия (что, впрочем, и не представляется возможным), а задавать их априори, исходя из интуитивного понимания исследуемого феномена, в целях упрощения процедуры разработки метода и для дальнейшей его адекватности и практической применимости. Кроме того, сделанные допущения могут быть опровергнуты только фактами или обоснованными гипотезами, которые в настоящее время отсутствуют.

Таблица 4

Ранги сложности навигационной ситуации и их описание

CNS	Ранг сложности	Лингвистическое наименование рангов и общее описание навигационных ситуаций
от 0,95	10	Критически тяжелые навигационные ситуации. Плавание судна опасно и нежелательно. Велика вероятность гибели судна
от 0,85 до 0,95	9	Тяжелые навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная предельная концентрация внимания, максимальное проявление знаний, опыта и умения принимать нестандартные решения. Ошибка судоводителя, как правило, приводит к возникновению аварийной ситуации
от 0,75 до 0,85	8	Навигационные ситуации средней тяжести (умеренные).
от 0,65 до 0,75	7	Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная концентрация внимания, проявление знаний, опыта. Быстрые возвратные действия при совершении ошибки позволяют судоводителю не допустить возникновения аварийной ситуации
от 0,55 до 0,65	6	Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется постоянная концентрация внимания, проявление знаний, опыта. Быстрые возвратные действия при совершении ошибки позволяют судоводителю не допустить возникновения аварийной ситуации

Таблица 4
 (Окончание)

от 0,45 до 0,55	5	Нормальные навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания судоводителю достаточно действовать в соответствии с общепринятыми алгоритмами, знания о которых получены во время теоретической подготовки. У судоводителя существует достаточно времени для исправления своей ошибки
от 0,35 до 0,45	4	
от 0,25 до 0,35	3	Легкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя требуется минимум стандартных действий.
от 0,15 до 0,25	2	
до 0,15	1	Сверхлегкие навигационные ситуации. Для обеспечения безопасности плавания от судоводителя, кроме надлежащего наблюдения, каких-либо действий не требуется

Таблица 5

Примеры вычисления ранга сложности навигационной ситуации

<i>i</i>	“Samskip Courier”		“Scagern”		“Gas Monarch”		“Whispa”	
	Состояние компоненты (номер множества)	K_i						
1	зона стесненного плавания		зона стесненного плавания		зона прибрежного плавания		зона прибрежного плавания	
2	мелководье (1)	0,231	мелководье (1)	0,231	—	0,000	—	0,000
3	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
4	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
5	2 балла (1)	0,037	2 балла (1)	0,037	3 балла (2)	0,088	3 балла (2)	0,088
6	траверзный (3)	0,090	траверзный (3)	0,090	кормовой (2)	0,073	носовой (1)	0,109
7	штиль (0)	0,000	штиль (0)	0,000	2 балла (1)	0,044	2 балла (1)	0,044
8	—	0,000	—	0,000	кормовой (2)	0,065	носовой (1)	0,032
9	3 уз. (2)	0,069	3 уз. (2)	0,069	2 уз. (1)	0,024	2 уз. (1)	0,024
10	встречное (2)	0,069	встречное (2)	0,069	попутное (1)	0,035	встречное (2)	0,069
11	0,2 мили (4)	0,293	0,2 мили (4)	0,293	0,1 мили (4)	0,293	0,1 мили (4)	0,293
12	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
13	—	0,000	—	0,000	—	0,000	—	0,000
14	(1)	0,088	(1)	0,088	(0)	0,000	(0)	0,000
15	(1)	0,085	(1)	0,085	(1)	0,068	(1)	0,068
16	11,5 уз. (3)	0,156	10 уз. (2)	0,104	14,3 уз. (3)	0,108	4,5 уз. (1)	0,036
17	140,59 м (3)	0,130	106 м (3)	0,130	99 м (2)	0,032	15 м (1)	0,016
18	(2)	0,050	(2)	0,050	—	0,000	—	0,000
CNS		0,757		0,743		0,581		0,523
Ранг		8		7		6		5

Представленный метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации в первую очередь предназначен для оценки влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна посредством матрицы экстремальности, концепция которой предложена в [5, с. 191–208]. Кроме того, метод может быть использован в расчете риска различных операций, связанных с судовождением, при расследовании морских аварий и инцидентов, а в учебных целях — для более глубокого понимания обучающимися сущности понятия «навигационная ситуация». В перспективе возможно включение текущего значения CNS в число данных, необходимых вахтенному помощнику для обеспечения навигационной безопасности плавания судна, с отображением этого значения на специальном индикаторе и с записью динамики изменения CNS в течение рейса в приборе регистрации данных. Реализация подобной перспективы во многом зависит от автоматизации метода, возможность которой очевидна из самой его структуры. При этом автоматизация может быть двух уровней: автоматизация расчета CNS по выражению (1) с ручным вводом всех исходных значений и полная автоматизация, основанная на специальном программном обеспечении, связанном с навигационными, гидрометеорологическими и другими датчиками — источниками необходимой для расчетов информации (лагом, САРП и т. д.).

Список литературы

1. *Ермаков С. В.* Экспертное оценивание как основа построения метода формализованной оценки сложности навигационной ситуации / С. В. Ермаков // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. — № 2 (18).
2. *Ермаков С. В.* Формализация и содержание понятия «навигационная ситуация» / С. В. Ермаков // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 4 (70).
3. Report on the investigation 6/2007 of the collision between “Skagern” and “Samskip Courier” in the Humber Estuary 7 June 2006. — Southampton: Marine Accident Investigation Branch, 2007. — 65 p.
4. Report on the investigation 25/2007 of the collision between “Gas Monarch” and “Whispa” 6 miles ESE of Lowestoft during the evening of 16 April 2007. — Southampton: Marine Accident Investigation Branch, 2007. — 46 p.
5. *Ермаков С. В.* Концепция матрицы экстремальности / С. В. Ермаков // В мире научных открытий. — 2012. — № 5.2 (29).

В. С. Наумов,
д-р техн. наук, профессор,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

И. Б. Кочнева,
канд. техн. наук,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ПЕРСПЕКТИВА НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ

THE PROSPECT OF NORMATIVE LEGAL REGULATION OF SAFE SHIP RECYCLING

В статье рассмотрены существующие в настоящее время требования для обеспечения безопасной утилизации судов и представлены основные положения Правил безопасной утилизации судов, которые могут быть применены к судам, поднадзорным Российскому речному регистру.

In the article the existing requirements to ensure safe ship recycling and presents developed the basis of the Regulation of safe ship recycling, which can be applied to the ships, supervisor of the Russian river register.

*Ключевые слова: утилизация судов, экологическая безопасность.
Key words: recycling of ships, ecological safety.*

ПРОБЛЕМА безопасной утилизации судов становится достаточно актуальной, поскольку заканчивается установленный срок эксплуатации судов, не отвечающих новым международным конвенционным требованиям [1]. Большое значение в решении этой проблемы будет иметь нормативно-правовое обеспечение процессов утилизации судов, чем в настоящее время активно занимаются Международная морская организация (ИМО) и Международная организация труда (МОТ). Усилия международного сообщества по решению проблем демонтажа судов привели к принятию 15 мая 2009 г. Гонконгской международной конвенции о безопасной и экологически рациональной утилизации судов (далее — Конвенция) [2]. Конвенция включает в себя основные правовые механизмы для стран-участниц, а также правила для судов и предприятий по утилизации.

Кроме того, в настоящее время ИМО разработан комплекс добровольных руководящих принципов, дающих разъяснения, толкования, а также единые правила для технических вопросов, вытекающих из положений Конвенции:

— Руководство по разработке Учетной записи опасных материалов, принятое Резолюцией МЕРС. 197 (62), 2011 г.;

— Руководство по разработке плана утилизации судна, принятое Резолюцией МЕРС. 196 (62), 2011 г.;

— Руководство по безопасной и экологически рациональной утилизации судов, принятое Резолюцией МЕРС. 210 (63), 2012 г.;

— Руководство по предоставлению полномочий предприятиям по утилизации судов, принятое Резолюцией МЕРС. 211 (63), 2012 г.;

— Руководство по освидетельствованию и выдаче свидетельств судам под Гонконгской конвенцией, принятое Резолюцией МЕРС. 222 (64), 2012 г.

Основными элементами, лежащими в основе механизмов Конвенции, являются учетная запись опасных материалов (УЗОМ), международный сертификат на УЗОМ, план предприятия по

утилизации, разрешительный документ на проведение утилизации судна, план утилизации судна, международный сертификат о готовности к переработке.

Цели УЗОМ состоят в том, чтобы предоставить для судна определенную информацию о фактических опасных материалах на борту, чтобы защитить здоровье и обеспечить безопасность и предотвратить экологическое загрязнение на предприятиях по утилизации судов. Эта информация будет использоваться на предприятии по утилизации, чтобы решить, как управлять типами и количеством материалов, идентифицированных в УЗОМ.

Суда, которые будут отправлены на переработку, будут обязаны иметь УЗОМ, которая будет определенной для каждого судна. Приложение к Конвенции содержит также список опасных материалов, установка и использование которых запрещены или ограничены в верфях, судоремонтных заводах и судах государств, подписавших Конвенцию. Суда будут обязаны пройти начальный осмотр, чтобы проверить УЗОМ, дополнительные осмотры во время эксплуатации судна и конечный осмотр до утилизации.

Страны-участники Конвенции обязаны обеспечивать, чтобы действующие под их юрисдикцией предприятия по утилизации судов имели разрешение в соответствии с положениями приложения к Конвенции (ст. 6).

Суда могут быть демонтированы только на предприятиях по утилизации судов, которые:

а) имеют разрешение в соответствии с Конвенцией;

б) полностью уполномочены осуществлять все виды деятельности по утилизации судов, указанные в плане утилизации судна.

Направляемое на утилизацию судно должно быть сертифицировано как готовое к утилизации компетентным органом государства флага, прежде чем может проводиться какая-либо деятельность по утилизации (положение 8.6).

Имеющие разрешения на утилизацию судов предприятия обязаны подготовить план предприятия по утилизации судна (положение 18) и принять и осуществлять соответствующие процедуры и планы по предупреждению таких опасных ситуаций, как взрывы и пожары или аварии, разливы и выбросы, которые могут причинить ущерб здоровью людей и/или окружающей среде (положение 19). Эти положения также распространяются на безопасное и экологически рациональное использование опасных материалов (положение 20); обеспечение готовности к чрезвычайным ситуациям и реагирования на них (положение 21); обеспечение безопасности и профессиональной подготовки работников (положение 22); отчетность о несчастных случаях, авариях, профессиональных заболеваниях и хронических последствиях работ по утилизации судов (положение 23).

Прежде чем осуществлять любые работы по утилизации, предприятия по утилизации судов должны подготовить план утилизации для соответствующего судна (положение 9.1), который должен содержать информацию, в частности, о создании безопасных условий для прибытия судна на предприятие и выполнения работ при горячей обработке, характере и количестве материалов, указанных в перечне опасных материалов, которые соответствующее предприятие может переработать безопасным для окружающей среды образом, а также о том, как будет производиться утилизация.

Конвенция вступит в силу через 24 месяца после того, как 15 государств, представляющих собой 40 % мирового торгового флота по валовой вместимости, либо подпишут ее без оговорок в отношении ратификации, принятия или одобрения, либо передадут Генеральному секретарю документы о ратификации, принятии, одобрении или присоединении. Общий максимальный годовой объем утилизации судов этих государств должен в течение десяти предшествующих лет составлять не менее 3 % от общей валовой вместимости их торговых флотов (ст. 17).

С 1 января 2014 г. начали действовать новые правила Европейского Союза (ЕС) по утилизации судов. Требования правил в основном приведены в соответствии с Гонконгской конвенцией ИМО по утилизации судов.

Согласно новым правилам на борту судна должна быть УЗОМ и сертификат на нее, а также будет составлен лист предприятий, на которых владельцы европейских судов смогут проводить утилизацию судов. В свою очередь судовладельцы должны будут заранее предоставлять списки

судов, отправляемых на переработку, с тем, чтобы сделать более легким процесс выявления нелегальной утилизации.

Анализ других источников, касающихся проблемы утилизации судов, показал, что на сегодняшний день требования к судовым конструкциям, механизмам, устройствам и системам, обеспечивающие безопасность разделки судов, в правилах российских и иностранных классификационных обществ отсутствуют или находятся в стадии разработки.

Отсутствие таких требований и разработанных на их основе правил, равно как проектирование и постройка судов без учета необходимости их утилизации в дальнейшем и связанных с этим процедур, создают дополнительные технические сложности, а также риски для окружающей среды и производственного персонала.

В соответствии с рекомендациями Резолюции А.962(23) «Руководство ИМО по разделке судов» и Гонконгской международной конвенции о безопасной и экологически рациональной утилизации судов государства, в которых производится утилизация судов, должны определить компетентные органы, которые будут выполнять функцию по наблюдению и контролю в области безопасной утилизации судов. В Российской Федерации для достижения целей безопасной утилизации судов внутреннего и смешанного (река–море) плавания таким компетентным органом может являться Российский речной регистр (далее — РРР). При выполнении этой функции РРР в результате освидетельствования новых и эксплуатирующихся судов может выдавать судовладельцам документ, подтверждающий безопасность утилизации судна, предъявлять требования при подготовке к утилизации судна, при этом предприятие по утилизации должно иметь Свидетельство о признании РРР на выполнение этих работ.

Таким образом, для сведения к минимуму негативного воздействия на человека и окружающую среду процесса утилизации судна в Правила РРР могут быть включены Правила безопасной утилизации судов.

Правила безопасной утилизации судов (далее — Правила), по нашему мнению, должны включать:

— конкретные указания и требования к судовым конструкциям, механизмам, устройствам и системам, выполнение которых в проектах новых судов будет способствовать безопасной для окружающей среды и производственного персонала разделке этих судов в будущем, после их списания из состава флота;

— указания по оформлению и ведению УЗОМ;

— указания по разработке проекта утилизации судна и подготовки его к утилизации;

— требования к предприятиям по разделке судов;

— приложения, содержащие рекомендуемую форму «Учетной записи опасных материалов», «Элементы, которые должны быть перечислены в учетной записи опасных материалов», «Рекомендации по безопасному входу в закрытые помещения на разделяемых судах», рекомендуемую форму разрешения на вход в закрытое помещение на судах, декларации материалов, образец титульной страницы плана утилизации судна и «Принципы проведения огневых работ на разделяемых судах всех типов».

Правила распространяются на проектируемые и строящиеся суда и исключают или сводят к минимуму негативное воздействие на человека и окружающую среду процесса разделки судна после выработки им ресурса и исключения из списков флота.

Правила в полном объеме должны распространяться на новые и существующие модернизируемые и переоборудуемые суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания с классом Речного регистра.

Для достижения целей сведения к минимуму негативного воздействия на человека и окружающую среду процесса разделки судна после выработки им ресурса и исключения из списков флота ключевое значение имеет УЗОМ.

На судне должна быть УЗОМ, содержащая информацию о вредных материалах, имеющихся на судне. Для новых судов УЗОМ должна разрабатываться на стадии проектирования и строи-

тельства. Для существующих судов — судовладельцем (с привлечением организации, имеющей свидетельство о признании Регистра на такого рода деятельность).

УЗОМ должна сопровождать судно в течение всего срока эксплуатации и предоставляться вместе с судном на предприятие по разделке.

УЗОМ судна должна содержать следующие данные:

1) сведения о судне:

- название государства, под флагом которого оно имеет право плавания;
- дата регистрации судна в этом государстве;
- дата прекращения регистрации в этом государстве;
- опознавательный номер судна;
- номер корпуса при поставке построенного корпуса;
- название и тип судна;
- порт регистрации;
- судовладелец и его юридический адрес;
- все классификационные общества, выдавшие свидетельства на класс;
- главные размерения судна (длина наибольшая, ширина и высота борта, масса порожнем);
- название завода-строителя и его адрес.

2) УЗОМ с указанием местоположения и приблизительного количества (объема) каждого материала на судне, классифицированных по следующим признакам:

- Часть I: Опасные материалы, содержащиеся в конструкции и оборудовании судна;
- Часть II: Отходы, произведенные в ходе эксплуатации;
- Часть III: Судовые запасы.
- Часть I разрабатывается:

- а) для новых судов — на стадии проектирования и строительства и передается судовладельцу;
- б) для существующих судов — судовладельцем.

Части II и III заполняются судовладельцем до перехода судна на предприятие по разделке.

УЗОМ на судне разрабатывается в соответствии с типовой формой.

Кроме УЗОМ, важным документом, обеспечивающим безопасность утилизации судна, является План утилизации, который должен быть разработан и согласован с Речным регистром.

План утилизации должен разрабатываться с учетом потенциальных опасностей, которые могут возникнуть в ходе разделки и требований действующего законодательства и международных конвенций по обращению с потенциально вредными материалами и отходами, образующимися в процессе разделки судов.

План утилизации должен составляться с учетом УЗОМ, сведений о судовом оборудовании, количестве и относительной опасности потенциальных загрязнителей окружающей среды, а также действующих требований по обеспечению безопасности производственного персонала.

План утилизации должен предусматривать:

- оформление документации на передачу судна от судовладельца предприятию по разделке;
- разработку документации по судну, связанной с обеспечением его плавучести и устойчивости (при необходимости) для выполнения ремонтно-восстановительных работ, необходимых для транспортировки судна к месту разделки и т. д.;
- разработку проекта полигона по разделке (с учетом индивидуальных особенностей разделяемого судна);
- разработку проектов работ по изготовлению склизов, мест для обсушки, устройства коммуникаций и т. д. (с учетом индивидуальных особенностей разделяемого судна);
- разработку мероприятий по обеспечению экологической безопасности и безопасности для персонала при выполнении работ по разделке судна, в том числе в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;
- разработку принципиального технологического процесса разделки судна, в том числе схемы разбивки корпуса и надстроек на разделяемые элементы;

- разработку маршрутной и операционной документации разделки или типовых технологических процессов разделки;
- определение видов и расчет объемов материалов, потенциально пригодных для переработки, а также не утилизируемых материалов (сепарация);
- разработку маршрутной и операционной документации на захоронение не утилизируемых отходов.

До подписания контракта на разделку должно быть оценено техническое состояние судна (при необходимости с привлечением компетентных органов). При обнаружении состояния, угрожающего безопасности и здоровью персонала на предприятии по разделке, такое состояние должно быть либо исправлено судовладельцем, насколько это возможно, либо о таком состоянии судна судовладелец должен сообщить на предприятие по разделке для принятия соответствующих мер безопасности.

Имеющиеся на судне потенциально вредные материалы, которые не могут быть безопасно удалены с судна и переработаны предприятием по разделке, судовладелец удаляет самостоятельно, с соблюдением действующего законодательства и международных конвенций или сводит к минимуму по количеству и местам расположения и информирует предприятие по разделке для принятия необходимых мер безопасности.

До начала постройки нового судна Речному регистру представляется на рассмотрение проектная документация (чертеж разбивки корпуса на разделяемые элементы, план второго дна, схемы осушки корпуса и трубопроводов общесудовых систем, схемы маркировки кабелей и др.) и УЗОМ.

До начала разделки существующего судна Речному регистру представляется на рассмотрение следующая документация:

- акт внеочередного освидетельствования судна на разовый переход до предприятия по разделке;
- документ согласования с предприятием по разделке докового веса предназначенного к разделке судна;
- УЗОМ;
- удостоверение о взрывобезопасности судовых помещений;
- проектная документация (план утилизации судна, теоретический чертеж, конструктивный чертеж, чертежи продольного и поперечного сечений, чертеж разбивки корпуса на секции и блоки, чертеж разбивки корпуса на разделяемые элементы, план второго дна, схемы осушки корпуса и трубопроводов судовых систем, схемы маркировки кабелей и др.);
- гарантийные обязательства по обеспечению плавучести с указанием срока обеспечения плавучести;
- акты анализа проб воздуха в топливных танках и других судовых помещениях.

Для обеспечения безопасности при утилизации судна на предприятии по разделке должны предусматриваться меры по контролю таких предприятий (по рекомендации международных документов).

Данную функцию может взять на себя РРР, установив необходимость получать свидетельство о признании организаций, занимающихся утилизацией судов.

Для получения Свидетельства о признании РРР предприятие по разделке должно располагать всеми возможностями для безопасной утилизации судов в соответствии с действующим законодательством и международными конвенциями.

Свидетельство о признании РРР подтверждает полномочия предприятия по безопасной разделке судов определенных типов, классов и размеров. При этом предприятие по разделке должно:

- располагать возможностями для самостоятельной или с привлечением проектных организаций разработки проекта разделки судов, удаления с них и надлежащей переработки любых потенциально вредных материалов;

- иметь возможности для разделки судов разными методами;
- обеспечить возможность контроля за разделкой судов со стороны компетентных органов.

Для подтверждения соответствия судна Правилам безопасной утилизации судов РРР необходимо выдавать подтверждающий документ — Свидетельство о соответствии Правилам безопасной утилизации судов при первоначальном, классификационном и внеочередном освидетельствовании при снятии с учета судов, имеющих действующие документы Речного регистра (рис. 1).

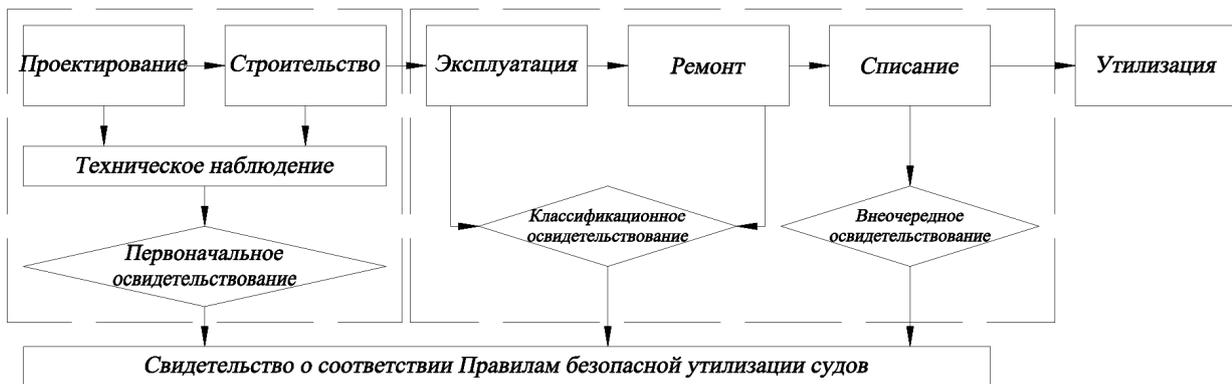


Рис. 1. Виды освидетельствований судов

Очевидно, что введение Правил безопасной утилизации судов в состав Правил РРР потребует определенных усилий от владельцев судов и производственных предприятий водного транспорта. Но в настоящее время уже назрела необходимость принятия норм, регулирующих вопросы безопасной утилизации судов. Наличие УЗОМ на каждом судне и подготовка Плана утилизации судна — главные правила, которые судовладельцы должны будут обязательно соблюдать.

Список литературы

1. Руководство ИМО по разделке судов: Резолюция А.962(23) ИМО. — СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2004. — 136 с.
2. Гредасова И. Б. Анализ требований безопасности при утилизации судов / И. Б. Гредасова // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2012. — Вып. 3.

ОСОБЕННОСТИ СВЯЗИ С ГЛУБОКОВОДНЫМИ ПОДВИЖНЫМИ МОРСКИМИ АППАРАТАМИ

FEATURES OF COMMUNICATION WITH DEEP-SEA MOBILE SUBMERSIBLES

Рассмотрены вопросы связи с глубоководными морскими подвижными аппаратами. Отмечено, что связь с ними может осуществляться с использованием низкочастотной электросвязи или гидроакустической связи. Показано, что с точки зрения электромагнитной экологии телекоммуникации с подвижными глубоководными аппаратами более целесообразно осуществлять с применением гидроакустических колебаний.

Questions of communication with deep-sea maritime mobile submersibles are considered. It is noted that communication with them can be carried out with use of low-frequency telecommunication or hydroacoustic communication. It is shown that from the point of view of electromagnetic ecology of telecommunication with mobile deep-sea maritime mobile submersibles it is more expedient to carry out with application of hydroacoustic fluctuations.

*Ключевые слова: глубоководные подвижные морские аппараты, гидроакустическая связь.
Key words: deep-sea maritime mobile submersibles, hydroacoustic communication.*

Т АЙНЫ глубин морей и океанов издревле привлекают умы всего человечества [1]. Глубоководные исследования неразрывно связаны с необходимостью обеспечения связи с обитаемыми и необитаемыми подвижными и буксируемыми глубоководными аппаратами [2; 3, с. 12–18]. В последнее время в качестве подводных аппаратов используются так называемые глайдеры (Underwater glider), подводные планеры или автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА). В отличие от других типов АНПА, глайдеры не имеют винтов или иных внешних движителей. Источником движения является изменение плавучести за счет теплового расширения и сжатия специальных резервуаров и перемещение центра тяжести за счет смещений внутренних частей. Вертикальный импульс всплытия или погружения преобразуется в горизонтальный за счет рулей направления движения. Указанный принцип движения позволяет резко сократить расход энергии, что, в свою очередь, позволяет принципиально увеличить дальность плавания, хотя и с меньшей скоростью. В начале XXI в. были созданы планеры с дальностью автономного плавания в тысячи километров. Аппараты “Spray” и “Seaglider”, использующие данный способ движения, были созданы в США. Аппарат “Seaglider” в 2009 г. проработал в Тихом океане вблизи побережья Аляски в течение 9 месяцев и 5 дней (имея вес 52 кг и энергию аккумуляторной батареи всего 2,78 кВт·ч). За это время аппарат смог преодолеть более 4900 км [4]. Данные передавались через спутник. Для этого аппарат периодически всплывал на поверхность, передавал данные и получал команды с помощью встроенного спутникового телефона. Океанографический институт Скриппса и Калифорнийский университет в Сан-Диего продемонстрировали первый подводный аппарат, который получает энергию только за счет разницы температур в океанских глубинах. Именно поэтому Sounding Oceanographic Lagrangian Observer Thermal RECharging (SOLO-TREC) может выполнять работы по исследованию дна и наблюдению за морской жизнью непрерывно в течение нескольких месяцев, если не лет [5]. В Российской Федерации также ведутся работы по созданию подобных аппаратов. Так, в Самарском государственном университете создан подводный планер,

парящий в водной среде за счет изменения плавучести корпуса. Размах крыльев планера — 1,3 м, глубина погружения — до 1 тыс. м, скорость — до 0,5 м/с [6]. Область применения АНПА довольно широкая. Встает задача обеспечения связи с аппаратами, желательно без всплытия на поверхность.

Многолетние многочисленные исследования показали сложность решения проблемы связи с глубоководными мобильными (подвижными) аппаратами [1–3]. Особенно остро необходимость решения этой задачи в России встала в связи с широким использованием морского шельфа с его залежами полезных ископаемых. Освоение огромных просторов Мирового океана связано не только с проблемами экономического плана, но и с вопросами международных юридических отношений и территориальной целостности государств. Все более интенсивное использование районов Северного морского пути (СМП) от Мурманска до Владивостока, пролегающего по морям Северного Ледовитого океана (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и Беринговом море, потребовало принятия мер по обеспечению безопасности мореплавания в этих районах [7]. Поскольку Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССББ), использующая для решения задач безопасности мореплавания возможности связи геостационарных спутников ИНМАРСАТ, обеспечивает надежную связь не во всех районах СМП, возникла необходимость заключения дополнительных международных соглашений по организации новых районов Всемирной службы навигационных предупреждений (ВСНП) — НАВАРЕА. Был организован ряд новых районов НАВАРЕА. Российская Федерация наряду с XIII районом НАВАРЕА приняла на себя ответственность за обеспечение безопасности мореплавания во вновь организованных XX и XXI районах НАВАРЕА. Это районы СМП от Берингова пролива на востоке до мыса Нордкап на западе СМП.

В ВСНП входит служба НАВТЕКС — международная служба, обеспечивающая передачу на суда навигационных и метеорологических предупреждений и другой срочной информации, связанной с безопасностью мореплавания и относящейся к прибрежным водам в радиусе до 400 миль от берега. Морской шельф этих районов богат полезными ископаемыми и за него идет борьба между различными государствами, включая Россию, Норвегию, Канаду и США. В процессе перехода к рыночным отношениям произошла трансформация звеньев СМП и хозяйствующих субъектов в различные формы собственности. Морские пароходства акционированы (за исключением Арктического пароходства). Соответственно транспортный флот стал собственностью этих акционерных обществ, а ледокольный, аварийно-спасательный и гидрографический флот, ледово-информационная система «Север», портовые сооружения, средства навигации, связи, гидрографии, гидрометеорологии и спасения закреплены в федеральной собственности. Арктические порты находятся в ведении субъектов Российской Федерации хозяйствующих субъектов (за исключением акционированного порта «Певек»).

Районы СМП охватывают как внутренние территориальные воды, так и районы морской экономической зоны России. Основными пользователями СМП в России являются такие крупные компании, как Газпром, «Росшельф», «Норильский никель» и др. Но если Газпром интересуется в основном уникальное Штокмановское месторождение углеводородов нефти и газа, то североонежские бокситы, шельфовые залежи различных минералов, полиметаллов и марганца на архипелаге Новая Земля и в других более удаленных районах Севера России привлекают различные крупные российские и зарубежные компании (ОАО «Ямал СПГ» и др.). Добыча и транспортировка углеводородов и других полезных природных ископаемых на морском шельфе в условиях Крайнего Севера связаны со сложными метеорологическими условиями в этих районах. Одним из вариантов приспособления к этим условиям является применение стационарных и подвижных автономных глубоководных обитаемых и необитаемых аппаратов.

Связь с буксируемыми и стационарными подводными аппаратами может быть осуществлена с использованием электросвязи по медным электрическим кабелям или по волоконно-оптическим кабелям. Для связи с подвижными аппаратами приходится прибегать к помощи электромагнитных колебаний (ЭМК) низких частот или в качестве переносчика сигналов использовать гидроакустические колебания звуковых и ультразвуковых частот. При этом необходимо учитывать, что

в морской воде и электрические, и гидроакустические колебания с повышением частоты нелинейно ослабевают и, как следствие, с увеличением глубины погружения подводного аппарата резко затухают. Поэтому для связи с глубоководными аппаратами стремятся использовать как можно более низкий диапазон частот. К сожалению, очень низкие электромагнитные колебания большой мощности, необходимой для осуществления радиосвязи с глубоко погруженным аппаратом, создают вредную для человека электромагнитную экологию.

В табл. 1 приведена классификация диапазонов частот спектра ЭМК в диапазонах от 0,3 мГц (миллигерц) до 30 000 Гц. ЭМК на инфразвуковых и гипернизких частотах для связи практически не используются.

В настоящее время делаются попытки использовать ЭМК крайне низких частот для связи с подвижными и стационарными подводными объектами (батискафами, подводными лодками и т. п.). Следует отметить, что с точки зрения электромагнитной экологии электромагнитные колебания на инфразвуковых и гипернизких частотах относятся к числу вредных частот и ритмов, так как они совпадают с разными ритмами мозга человека и нарушают ритмичную работу мозга. ЭМК на частоте 1–3 Гц влияют на δ -ритм мозга, 5–7 Гц — на θ -ритм, 8–12 Гц — на α -ритм, 12–31 Гц — на β -ритм [8; 9]. В табл. 2 кратко изложено влияние крайне низких частот на организм человека.

Таблица 1

Классификация диапазонов частот спектра электромагнитных колебаний (ЭМК) в диапазонах от 0,3 мГц (миллигерц) до 30 000 Гц

№ диапазона	Частоты — F , исключая нижний (F_n) и включая верхний (F_v) пределы	Наименование частот		Длина волны — λ , исключая верхний (λ_v) и включая нижний (λ_n) пределы	Наименование волн	
		Полное	Сокращенное рус./лат		Полное	Сокращенное
—	Менее 0,3, менее 300 мГц	Инфразвуковые	ИЗЧ/ UVF	Более 10^9 м, более 10^3 Мм		
0	0,3–3 Гц	Гипернизкие	ГНЧ/ HLF	10^9 – 10^8 м, 10^3 – 10^2 Мм	Гектомега- метровые	ГМГМВ
1	3–30 Гц	Крайне- низкие	КНЧ/ ELF	10^8 – 10^7 м, 10^2 – 10 Мм	Киломириа- метровые	КМИМВ
2	30–300 Гц	Сверх- низкие	СНЧ/ SLF	10^7 – 10^6 м, 10 – 1 Мм	Гектомириа- метровые	ГМИМВ
3	300–3000 Гц	Ультра- низкие	УНЧ/ ULF	10^6 – 10^5 м, 10^3 – 10^2 Мм	Декамириа- метровые	ДМИМВ
4	3000–30 000 Гц	Очень низкие	ОНЧ/ VLF	10^5 – 10^4 м, 10^2 – 10 км	Мириа- метровые, сверхдлинные	МИМВ СДВ

В табл. 1 приняты следующие обозначения и сокращения:

F — частота; мГц — миллигерцы; λ — длина волны; Мм — мегаметры.

Исследование возможностей глобальных телекоммуникаций в диапазоне инфразвуковых и звуковых радиочастот с помощью биотехнических систем показало, что диапазон радиоволн сверхнизкочастотного (СНЧ) спектра мало освоен для технического применения [9]. В этой области частота длины волны ЭМК часто соизмерима с радиусом Земли, а частота колебаний совпадает с собственной частотой резонатора, образованного сферической полостью между Землей и ионосферой. Вследствие этого наблюдаются глобальные резонансы. В. О. Шуман отметил влияние грозных разрядов на возникновение глобальных резонансов на частотах порядка 10,6; 13,3; 25,9; 33,5 и 41 Гц [10, р. 149–154]. Эти резонансы были названы шумановскими резонансами. Шуманов-

ский фон в резонаторе Земля–ионосфера существует постоянно и является откликом на совокупность грозных разрядов, возникающих все время на земном шаре с частотой около 100 гроз в секунду. Наиболее часто резонансные пики шума проявляются на частотах порядка 8, 14, 20, 26 Гц [11]. Они отрицательно влияют на возможности радиосвязи на этих частотах [12, с. 5–29].

Таблица 2

Влияние крайне низких частот на организм человека

№ п/п	Частота	Эффект, производимый крайне низкими частотами на человека
1	0,02	Увеличение времени реакции на возбуждение
2	0,6	Стойкое психическое торможение
3	1–3 δ-ритм мозга	Стресс
4	5–7 θ-ритм мозга	Умственное утомление. Стресс. Отрицательное эмоциональное возбуждение
5	8–12 α-ритм мозга	Влияет на реактивность и эмоциональное возбуждение вплоть до судорожной активности
6	12–31 β-ритм мозга	Умственное утомление. Усиление стресса
7	40–70	При высокой напряженности поля ухудшение обменных процессов. Индивидуальные физиологические изменения, беспокойство

Плохая электромагнитная экология колебаний на инфразвуковых, гипернизких, крайне низких и сверхнизких частотах вынуждает искать средства связи с погруженными объектами, менее опасные для человека. Более традиционным родом связи с погруженным аппаратом является гидроакустическая связь. Поэтому в качестве переносчика сигнала в телекоммуникациях с погруженными подводными аппаратами целесообразно применять гидроакустические колебания (ГАК). С точки зрения дальности связи они обладают рядом недостатков, однако более безопасны для человека и способны проникать на большую глубину [1; 13]. Например, В. В. Путин, будучи на глубоководном аппарате «Мир-1» на дне озера Байкал, с глубины свыше тысячи метров общался с журналистами на барже по гидрофону [14].

На основании изложенного могут быть сделаны следующие выводы и предложения.

1. Северной морской путь — это не только транспортная артерия России, но и путь к шельфовым природным богатствам Севера России.

2. Освоение и использование природных богатств Крайнего Севера потребует не только рабочих рук, но и перспективных подводных механизмов и роботов в виде автономных обитаемых аппаратов. Выполненные исследования показали, что в этом направлении ведутся интенсивные поиски создания и оптимизации таких аппаратов. Одной из сложнейших задач продолжает оставаться разработка и создание надежного канала телеуправления такими аппаратами. При этом одновременно приходится решать задачу непричинения вреда экологии водной среды.

3. Для телеуправления этими автономными глубоководными обитаемыми аппаратами необходима надежная связь с ними. В качестве такой связи целесообразно использовать гидроакустическую связь как наиболее экологичный род связи с глубоководными аппаратами.

Список литературы

1. *Сергеев А. Н.* Радиозлектроника под водой / А. Н. Сергеев. — Л.: Энергия, 1971. — 146 с.
 2. Автономные обитаемые подводные аппараты / под общ. ред. М. Д. Агеева. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — 272 с.

3. Бочаров Л. Ю. О некоторых тенденциях в развитии автономных необитаемых подводных аппаратов / Л. Ю. Бочаров // Технические проблемы освоения Мирового океана: материалы V Всероссий. науч.-техн. конф., Владивосток, 30 сентября — 4 октября 2013 г. — Владивосток, 2013.
4. <http://www.metodolog.ru/node/1626/>
5. <http://compulenta.computerra.ru/archive/robotics>
6. <http://itar-tass.com/spb-ntws/1012355>
7. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море, 1974 г. — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2002.
8. Конторов Д. С. Радиоинформатика / Д. С. Конторов, М. Д. Конторов, В. К. Слока. — М.: Радио и связь, 1993. — 294 с.
9. Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века / под ред. Р. М. Юсупова, Р. И. Полонникова; С.-Петерб. ин-т информатики и автоматизации РАН. — СПб.: ТОО «Анатолия», 1998. — 488 с.
10. Schuman W. Uber die Stralungslosen Eigenschwingungen eine leite rugeldie von Luftschicht und einer Ionospharen umgeben ist / W. Schuman. — Z. Naturforsch, 1952.
11. Блюх П. В. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля–ионосфера / П. В. Блюх, А. П. Николаенко, Ю. Ф. Филиппов. — Киев: Наук. думка, 1977. — 200 с.
12. Дальняя связь на крайне низких частотах // ТИИЭР. — 1974. — № 3 (62).
13. Урик Р. Дж. Основы гидроакустики: пер. с англ. / Р. Дж. Урик. — Л.: Судостроение, 1978. — 448 с.
14. <http://www.3vium.ru/forums>

УДК 629.12

В. И. Дмитриев,
заведующий кафедрой судовождения, канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

О. В. Соляков,
доцент кафедры судовождения, канд. техн. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Н. В. Турецкий,
третий помощник капитана,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО СУДОВОДИТЕЛЯ — НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

THE WORK'S STATION OF THE NAVIGATOR — THE PRESENT AND THE FUTURE

В настоящей статье определяется круг задач проектирования и использования автоматизированных рабочих мест на морских судах. Эффективность автоматизированных рабочих мест (АРМ) судоводителя, степень их надежности, устойчивости, системности и гибкости подвергаются все более жестким требованиям с развитием технологий и расширением объема выполняемых операций морскими судами. Правильное и корректное использование всех составляющих АРМ позволяет существенно снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, случаев загрязнения окружающей среды, а также повысить уровень безопасности на судне. В связи с этим содержание статьи является актуальной базой для дальнейшего изучения данной темы, поисков новых путей развития и применения АРМ судоводителей на морских судах.

In the present article defines the range of tasks of designing and using of automated work stations (AWS) on the vessels. With development of technologies and enlarging of operations that carried out by vessels, efficiency, level of reliability, stability, systematic and agility of work stations are subject to the more strict requirements. The proper use of all parts of AWS can significantly decrease the probability of emergency situations occurrence, marine pollution and also to increase the security and safety level onboard. In connection with it the content of the article is the actual base for the further study of this question, searching of the new ways of development and using of AWS onboard the vessels.

*Ключевые слова: водный транспорт, информационные системы в судовождении.
 Key words: water transport, information systems in navigation.*

В НАСТОЯЩЕЕ время управление морскими судами немислимо без применения современного навигационного оборудования, ориентированного на широкое использование цифровой обработки информации. Через 10 лет ходовые мостики судов могут представлять собой то, что мы видим в научно-фантастических фильмах и романах — технологии, адаптированные под каждого конкретного оператора [1].

Бурное развитие компьютерных технологий остро поставило вопрос об интеграции программного обеспечения персональных компьютеров и технических средств с информационными ресурсами компьютерных сетей и создания на этой основе автоматизированных рабочих мест (АРМ) для различных специальностей, в том числе и для судовождения.

АРМ или в зарубежной терминологии «рабочая станция» (working station) представляет собой совокупность (комплекс) математического, программного, информационного, аппаратного и методического обеспечения, предназначенного для автоматизации решения задач инженером на его рабочем месте.

Все основные свойства, которым должно отвечать АРМ, могут менять свои значения и показатели в процессе использования, поэтому на судне должна быть подготовлена база, как теоретическая, так и материальная, для возможных изменений, настроек и перераспределения функций АРМ (рис. 1).

Сегодня на многих морских судах устанавливаются АРМ, но зачастую они не являются полностью адаптированными под данный конкретный тип судна, выполняемые ими задачи и, что также является чрезвычайно важным фактором их эффективности, задачи, которые ежедневно решает каждый вахтенный помощник в процессе ходовой навигационной вахты, вахты на якоре, во время стоянки в порту или во время грузовых операций [2].



Рис. 1. Основные компоненты автоматизированного рабочего места судоводителя

Избыточное количество аппаратуры и приборов, их неправильное или неэргономичное расположение и установка, различная степень надежности предоставляемых данных, сложность в использовании и обслуживании — все эти факторы в совокупности могут привести к тому, что установленное на морском судне АРМ не является эффективным, а его использование затрудняет решение различных задач или даже может привести к аварийным ситуациям. Не стоит забывать и о чрезвычайно высокой стоимости разработки и установки аппаратуры, входящей в состав АРМ. В качестве примера можно привести следующую цифру: на сухогрузном судне 2006 г. постройки ориентировочная стоимость всех компонентов АРМ судоводителя, входящего в состав «Интегрированной навигационной системы» (ИНС) ходового мостика, составляет, по приблизительным подсчетам, около 90 тыс. долл. США при условии, что аппаратура и приборы не являются самыми современными.

Из всего этого можно сделать вывод — процесс разработки и установки АРМ судоводителя на морских судах должен происходить при непосредственном участии операторов — судоводителей, которые будут работать или имеют опыт практической работы на данном типе судов и ознакомлены с основными задачами, проблемами и трудностями, с которыми может столкнуться судоводитель в процессе его эксплуатации.

Другим немаловажным фактором, обеспечивающим повышение эффективности каждого АРМ, является повышение надежности как всего комплекса в целом, так и каждой отдельной его составляющей.

Наличие соответствующего оборудования и инструментов для проведения диагностики и ремонта аппаратуры на борту судна, возможность связи с установщиком или производителем оборудования, входящего в состав АРМ, регулярный сервис и обслуживание силами квалифицированного и сертифицированного берегового персонала — все это позволяет своевременного выявлять и устранять неисправности, а также то, что является неотъемлемой частью морской практики — отсутствие замечаний и нареканий со стороны портовых властей, классификационных обществ и других проверяющих органов.

В настоящее время в мире существует множество научных проектов, основной целью которых является теоретическое обоснование, проектирование и разработка таких АРМ судоводителя, которые являлись бы уникальными для каждого судна, и выполняемых ими функций, а также обеспечивали бы безопасность и эффективность выполнения различных операций и предоставляли бы каждому судоводителю ту или иную информацию, которая может обеспечить наиболее правильное и рациональное решение в процессе его деятельности [3].

Среди большого количества подобных научных проектов можно выделить проект CASCAD (рис. 2). В нем принимают участие исследовательские институты, организации и лаборатории из семи стран, и основной их задачей является разработка и развитие адаптированной системы ходового мостика, которая способна распознавать, предупреждать и предотвращать ошибки, вызванные человеческим фактором, благодаря улучшению взаимодействия вахтенного помощника и оборудования ходового мостика.

Их разработки будут построены на изучении предыдущих исследований, которые показывают, что увеличивающийся объем технологий, с которыми сталкиваются вахтенные помощники, а также множество интерфейсов, программного обеспечения и информации ведут к ошибкам оператора.

Одной из основных задач, которую ставят перед собой участники и руководители этого проекта, является повышение уровня эффективности использования систем электронной картографии судоводителями в процессе эксплуатации АРМ и всех его составляющих.

В связи с этим участники проекта CASCAD и его руководитель, доктор Гарри Рэндалл, ставят своей целью не увеличение количества аппаратуры на ходовом мостике судна, а грамотный подбор и выявление наиболее эффективных составляющих АРМ судоводителя, которые будут использоваться на судне с учетом его эксплуатационно-технических характеристик, конструктивных особенностей и характера выполняемых им задач в процессе эксплуатации.



Рис. 2. Автоматизированное рабочее место судоводителя, разработанное в рамках проекта CASCAD

Наиболее многообещающим научным проектом, ведущим свою деятельность в настоящий момент, можно назвать проект Situmar, запущенный в феврале 2012 г. компанией “Kongsberg Maritime” (рис. 3).

Эти два проекта во многом схожи между собой, однако, в отличие от проекта CASCAD, работы исследователей компании “Kongsberg Maritime” нацелены на ходовые мостики судов офшорного флота.

В настоящее время результаты работы научного проекта Situmar можно встретить в различных учебных центрах для моряков по всему миру. Тренажеры, разработанные участниками проекта, применяются для подготовки и повышения квалификации судоводителей, работающих на судах офшорного флота, выполняющих различные операции: от обслуживания нефтяных платформ до обеспечения безопасности в зонах морских нефтегазовых разработок.



Рис. 3. Kongsberg Maritime Dynamic Positioning System Simulator

АРМ, разработанные и спроектированные на базе исследований участников проекта Situmar, активно устанавливаются на современных судах, отвечают всем международным требованиям и обеспечивают эффективное использование судоводителями аппаратуры и ресурсов ходового мостика, повышение уровня безопасности судовождения и снижение риска загрязнения окружающей среды.

Причиной появления ошибок человека могут быть отсутствие или недостаточность **интеллектуальной поддержки**. Особенно остро эта проблема проявляется в экстремальных ситуациях и в условиях дефицита времени на принятие решения [4].

Большие надежды возлагаются на создание интеллектуальных (экспертных) систем принятия решений по обеспечению безопасности мореплавания. Такие системы должны предоставлять судоводителю уникальные данные, которые не могут быть получены в реальном масштабе времени на основе имеющейся на судне технической документации. Система производит анализ ситуации, осуществляет оценку и прогноз динамики внешней среды и выдает практические рекомендации по управлению судном в сложной обстановке или обеспечению его мореходных качеств в неповрежденном и поврежденном состоянии.

Технической основой интеллектуальной системы являются бортовая ЭВМ стандартной конфигурации и измерительная система, обеспечивающая контроль характеристик состояния судна. Компьютерные программы интеллектуальных систем должны отличаться гибкостью и надежностью. Понятие гибкости позволяет легко вносить в систему добавления и изменения, обеспечивая ей способность к восприятию новых знаний и методов обработки информации. Реализация принципа надежности позволяет в случае выхода из строя части системы или невозможности контроля отдельных параметров управляемого объекта или внешней среды функционировать и выдавать практические рекомендации.

Общение с компьютером интеллектуальной системы осуществляется на естественном языке. Выводимая информация должна отражать результаты контроля состояния судна, анализа ситуации, объяснение логики анализа и прогноза развития ситуации. Практические рекомендации представляются на экране монитора в виде текстовых и речевых сообщений, графических образов. На практике это может происходить так. Предположим, что судно отклонилось от планового маршрута (линии пути) и оказалось на границе зоны безопасного движения. Срабатывает звуковая и световая сигнализация, на ходовом мостике по динамику звучит речевое сообщение: «Судно отклонилось от линии пути вправо (влево) и вышло к границе зоны безопасности. Необходимо скорректировать курс влево (вправо) на ... градусов и следовать этим курсом в течение ... минут, после чего ложиться на прежний курс ... градусов». Аналогичный текст высвечивается на экране специального дисплея. Это речевое сообщение повторяется через короткие промежутки времени до тех пор, пока не произошло нужное изменение курса судна. Непосредственно перед выходом судна на линию пути следует речевое и текстовое сообщения о необходимости ложиться на нужный курс, чтобы следовать по запланированной линии пути [5].

Наличие подобных научных проектов, их разработка и полученные результаты показывают нам, что вопрос размещения и использования АРМ на морских судах является важной и неотъемлемой составляющей судовождения на всех этапах, начиная с проектирования и постройки судна и заканчивая его эксплуатацией.

Совершенно очевидно, что будущее торгового флота неразрывно связано с использованием и применением АРМ на судах. Уже сейчас они являются важной и неотъемлемой составляющей эксплуатации судна и обеспечивают надежность и эффективность многих аспектов судовой деятельности и выполняемых операций. Процесс внедрения подобных технологий связан с разрешением множества сложных задач и вопросов, которые при квалифицированном рассмотрении помогут значительно облегчить и упростить рабочую деятельность судоводителя.

Все те задачи, которые ставят перед собой разработчики и создатели АРМ, налагают дополнительную ответственность на всех операторов и пользователей, так как только при доскональном

знании возможностей и свойств аппаратуры и приборов, входящих в состав АРМ, их характеристик и областей применения возможно максимальное использование заложенных в них ресурсов и потенциала.

Список литературы

1. *Радионов А. И.* Автоматизация судовождения / А. И. Радионов, А. Е. Сазонов. — М.: Транспорт, 1992. — 192 с.
2. *Кантарь И. Л.* Автоматизированные рабочие места управленческого аппарата / И. Л. Кантарь. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 428 с.
3. *Пономарев Я.* Адаптивная к требованиям судов различного класса технология формирования рабочих мест судоводителей в составе интегрированных мостиковых систем: тез. / Я. Пономарев. — СПб.: ЗАО «Транзас», 2013. — 60 с.
4. *Дмитриев В. И.* Информационные технологии обеспечения безопасности судоходства и их комплексное использование (e-NAVIGATION): учеб. пособие / В. И. Дмитриев. — М.: Моркнига, 2013. — 176 с.
5. *Фадюшин С. Г.* Компьютерные технологии в судовождении: учеб. пособие / С. Г. Фадюшин. — Владивосток: Морской гос. ун-т, 2004. — 83 с.

УДК 656.085

С. С. Мойсеенко,

д-р пед. наук, канд. техн. наук,
Балтийская государственная академия
рыбопромышленного флота;

В. П. Скрыпник

канд. пед. наук,
Балтийская государственная академия
рыбопромышленного флота;

О. Г. Фаустова,

аспирант,
Балтийская государственная академия
рыбопромышленного флота

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В МОРЕПЛАВАНИИ И ОКЕАНИЧЕСКОМ РЫБОЛОВСТВЕ

DIFFERENTIAL-INTEGRAL APPROACH TO THE MODELING OF THE DEVELOPMENT OF EMERGENCY SITUATIONS IN SHIPPING AND OCEANIC FISHERIES

Статья посвящена актуальным вопросам разработки и внедрения системы оценки и управления рисками в промышленном (океаническом) рыболовстве. В статье рассмотрен сценарный план (основные этапы) рейса рыболовного судна в контексте «источники аварий–причины–риски–возможные последствия», который является наглядным примером развития аварийной ситуации на судне. Представленная

модель/сценарий возникновения и развития аварийной ситуации морских судов является эффективным средством, которое помогает проанализировать возможные пути развития различных видов аварий, определить проблемы «узких мест» и снизить возможные последствия аварий, тем самым снизив уровень аварийности на транспорте.

The article is devoted to actual questions of development and introduction of the system of risk assessment and management in industrial (oceanic) fishing. The article considers the scenario plan (basic stages) of the trip of the fishing vessel in the context of the “sources accidents—causes—risks—potential consequences”, which is a good example of development of an emergency on board. The presented model/scenario of the origin and development of emergency ships is an effective tool that helps to analyze possible ways of development of different types of accidents, determine the problems of bottlenecks and reduce the possible consequences of accidents, thereby reducing the level of accidents on transport.

Ключевые слова: аварийная ситуация (АС), сценарий развития аварийной ситуации, рыбопромысловые суда, человеческий фактор, риск подмочки и порчи груза, дифференциация причин ЧС, пожар, разлив топлива, гибель судна.

Key words: emergency, the scenario of emergency, fishing vessels, the human factor, the risk of damage and spoilage of cargo, differentiation of the reasons of emergencies, fire, spillage of fuel, the loss of the vessel.



АКТУАЛЬНОСТЬ разработки и внедрения системы оценки и управления рисками в промышленном (океаническом) рыболовстве и транспортировке сырья (биоресурсы, минералы) обусловлена необходимостью снижения уровня аварийности и повышения надежности работы рыбопромыслового флота и транспортировки сырья [1; 2]. Особенности промысловых аварий и инцидентов определяются спецификой и условиями работы рыболовного флота [1], а также транспортного обслуживания судов в районах промысла. В отличие от обычных навигационных аварий, рыболовные суда, как правило, ведут промысел на ограниченных акваториях при большом скоплении судов. Сам факт большого скопления судов при ограниченности акваторий является источником, «провоцирующим» возникновение причин промысловых аварий (столкновение судов, сцепление орудий лова, потеря орудий лова и др.). Вероятность возникновения АС и аварий с рыболовными судами выше, чем вероятность возникновения ЧС/аварийных ситуаций/аварий с транспортными судами. Это обусловлено тем, что рейс рыболовного судна включает этапы/фазы — промысел, погрузо-разгрузочные и бункеровочные работы непосредственно в море, а также доставка рыбы в трюмах «наливом» или на палубе на береговые рыбоперерабатывающие предприятия, а также на плавзагоды. Так возникают дополнительные источники причин аварий, которые рассматриваются ниже.

Дифференциация источников, причин и последствий наступления ЧС на рыбопромысловом и транспортном флоте.

Источники, порождающие причины аварий, можно объединить в три основные группы: 1-я группа — человеческий фактор; 2-я группа — технико-технологические (техногенные); 3-я группа — природные. Каждая группа включает множество источников, отражающих основные признаки, присущие этой группе. Такой подход представляется наиболее продуктивным, поскольку позволяет осуществлять дифференциацию источников до такой степени малости, которая необходима для решения научно-практических задач в контексте оценки и управления рисками. Предлагается следующая дифференциация источников причин возникновения ЧС/аварийных ситуаций и аварий.

1. *Человеческий фактор* как источник, порождающий причины аварий, характеризуется:

1.1) уровнем квалификации членов экипажа судов и берегового персонала судоходных компаний;

1.2) уровнем квалификации лоцманов, операторов центров управления движением судов на рейдах, в каналах, акваториях портов;

1.3) уровнем профессиональной подготовки специалистов сервисных центров (ремонт и обслуживание судовых технических средств, электрорадионавигационной аппаратуры, противопожарного инвентаря и аппаратуры и т. д.);

- 1.4) уровнем психофизиологической устойчивости и состояния здоровья специалистов;
 1.5) общечеловеческими ценностями и ответственностью.

2. *Техногенные факторы* характеризуются:

- 2.1) техническим состоянием судна (корпус, люковые закрытия, герметичность дверей, иллюминаторов и др.);
 2.2) состоянием судовых систем (балластной и осушительной, спасательной и др.);
 2.3) техническими характеристиками и состоянием промышленного оборудования и гидрокустических систем;
 2.4) техническими характеристиками и состоянием навигационного оборудования, локационных станций, систем спутниковой связи и др.;
 2.5) техническими характеристиками и состоянием судовой противопожарной системы и инвентаря.

3. *Природные факторы* (гидрометеорологические и океанологические, тектонические условия) характеризуются:

- 3.1) штормовой погодой, ураганами, тайфунами;
 3.2) штормовой погодой и обледенением;
 3.3) стационарными течениями, сгонно-нагонными течениями;
 3.4) подводными землетрясениями;
 3.5) непреодолимыми силами природы — ураганами, тайфунами, цунами, противостоять которым практически невозможно.

Поскольку основная задача нашего исследования включает оценку и управление рисками при освоении биологических ресурсов Мирового океана и транспортировки сырья, рассмотрим сценарный план работы рыболовного судна. Этот план включает следующие этапы: порт — подготовка к работе на промысле; переход судна на промысел; промысел, включая поиск рыбных скоплений; погрузоразгрузочные работы и бункеровка судов в море; промысел; переход в порт. В табл. 1 представлены основные этапы (сценарный план) рейса рыболовного судна в контексте «источники аварий—причины—риски—возможные последствия».

Таблица 1

Основные этапы (сценарный план) рейса рыболовного судна, источники и последствия аварийных ситуаций/аварий

Этапы рейса. Характеристика источника	Причины	Вид и характер риска	Возможные последствия
1-й этап — порт			
1.1. Неадекватное техническое состояние судна.	1.1.1. Появление течи корпуса. Неплотность люковых закрытий. 1.1.2. Отказ балластно-осушительной системы. 1.1.3. Повреждение электропроводки, низкая изоляция электромоторов, протечки ГСМ. 1.1.4. Дефекты или недокомплект противопожарной системы/средств тушения пожаров.	Поступление воды в отсек/отсеки. Затопление отсека. Возгорание ГСМ или других материалов. Снижение возможности тушения очага пожара.	Затопление отсека/судна. Подмочка груза. Пожар. Выгорание помещений. Выгорание помещений.
1.2. Гидрометеорологические условия.	1.2.1. Обрыв швартовых концов, срыв с якорей. 1.2.2. Повреждение люковых закрытий.	Навал на другие объекты, посадка на мель. Нарушение герметичности.	Повреждение корпуса. Подмочка груза.
1.3. Квалификация/уровень профессионализма экипажа/руководства компании	1.3.1. Ошибки при комплектовании экипажей судов. 1.3.2. Ошибки в расчетах остойчивости и посадки судна при подготовке к погрузке/выгрузке. 1.3.3. Ошибки при маневрировании в порту, на рейде	Ошибочная оценка ситуации, неправильные решения. Возникновение избыточных изгибающих моментов. Появление отрицательной начальной остойчивости. Навал, столкновение, посадка на мель	Ущерб (по ситуации). Повреждение корпуса судна. Опрокидывание судна. Повреждение судов, посадка на грунт

Таблица 1
(Окончание)

<p>2-й этап — переход на промысел/в порт</p> <p>2.1. Техническое состояние судна (скрытые дефекты).</p> <p>2.2. Гидрометеорологические условия.</p> <p>2.3. Квалификация/уровень профессионализма экипажа/руководства компании</p>	<p>2.1.1. Появление течи корпуса.</p> <p>2.1.2. Неплотность люковых закрытий.</p> <p>2.1.3. Повреждение электропроводки, кабелей, низкая изоляция электромоторов.</p> <p>2.1.4. Отказы/дефекты систем пожаротушения и оповещения.</p> <p>2.1.5. Отказы: — главного двигателя, рулевого управления; — радионавигационной аппаратуры и радиолокационной станции.</p> <p>2.2.1. Повреждение рулевого управления.</p> <p>2.2.2. Частичное разрушение судовых конструкций.</p> <p>2.2.3. Повреждение средств связи (антенны).</p> <p>2.2.4. Повреждение люковых закрытий.</p> <p>2.2.5. Повреждение/разрушение герметичного корпуса.</p> <p>2.3.1. Ошибки выбора маршрута перехода.</p> <p>2.3.2. Ошибки в оценке остойчивости.</p> <p>2.3.3. Неверный выбор маневра при расхождении судов.</p> <p>2.3.4. Неверный выбор маневра в штормовую погоду</p> <p>2.3.5. Ошибки в числении пути судна.</p> <p>2.3.6. Невыполнение требований противопожарной безопасности</p>	<p>Поступление воды в отсек/отсеки.</p> <p>Возгорание ГСМ или других материалов.</p> <p>Снижение возможности тушения очага пожара.</p> <p>Неуправляемость судна.</p> <p>Снижение уровня информационного обеспечения судовождения.</p> <p>Нарушение герметичности и прочности судна.</p> <p>Нарушение герметичности и прочности судна.</p> <p>Риск попасть в тяжелые условия плавания.</p> <p>Риск подмочки груза, потери остойчивости судна.</p> <p>Риск затопления отсеков.</p> <p>Риск посадки судна на мель/скалы.</p> <p>Риск опрокидывания судна, Риск столкновения судов.</p> <p>Риск потери остойчивости на попутном волнении.</p> <p>Риск посадки на рифы/мель.</p> <p>Риск возникновения пожара</p>	<p>Затопление отсека/судна.</p> <p>Порча груза.</p> <p>Пожар.</p> <p>«Развитие» пожара.</p> <p>Столкновение с судами, посадка на мель.</p> <p>Столкновение с судами, посадка на мель.</p> <p>Критическое состояние судна и экипажа.</p> <p>Информационный «коллапс».</p> <p>Порча груза.</p> <p>Гибель судна.</p> <p>Повреждение, гибель судна.</p> <p>Гибель судна.</p> <p>Конструктивные разрушения. Гибель судна</p> <p>Опрокидывание судна.</p> <p>Кораблекрушение.</p> <p>Пожар, гибель судна</p>
<p>3-й этап — промысел</p> <p>3.1. Техническое состояние судна (скрытые дефекты).</p> <p>3.2. Техническое состояние радионавигационной аппаратуры, эхолотов, гидроакустических станций.</p> <p>3.3. Организация и управление процессами лова и поиска.</p> <p>3.4. Организация и технологии погрузо-разгрузочных операций в море.</p> <p>3.5. Организация буксировки судов в море.</p> <p>3.6. Организация и технологии производства ремонтных работ в море</p>	<p>3.1.1. Появление микротрещин, трещин, свищей.</p> <p>3.1.2. Отказы: главного двигателя, рулевого управления.</p> <p>3.1.3. Неплотность люковых закрытий.</p> <p>3.1.4. Повреждение электропроводки, низкая изоляция электромоторов.</p> <p>3.2.1. Отказ радионавигационной аппаратуры и радиолокационной станции эхолотов.</p> <p>3.2.2. Отказ эхолотов, гидроакустических станций.</p> <p>3.3.1. Ошибки выбора района лова.</p> <p>3.3.2. Ошибки маневрирования в группе судов, ведущих лов.</p> <p>3.4.1. Ошибки выбора маневра при выполнении швартовых операций.</p> <p>3.4.2. Отказ системы дистанционного управления главным двигателем при швартовке.</p> <p>3.4.3. Обрыв швартовых в процессе погрузо-разгрузочных работ</p> <p>3.4.4. Ошибки в управлении грузовыми кранами.</p> <p>3.5.1. Ошибки выбора маневра при постановке на бакштов.</p> <p>3.5.2. Ошибки выбора интенсивности перекачки топлива.</p> <p>3.6.1. Нарушение правил выполнения сварочных работ.</p> <p>3.6.2. Нарушение правил проведения водолазных работ</p>	<p>Появление течи.</p> <p>Снижение прочности судна.</p> <p>Неуправляемость судна.</p> <p>Проникновение воды в отсеки.</p> <p>Появление искр. Возгорание.</p> <p>Трудности с определением места судна.</p> <p>Ограничения получения информации об обстановке на театре.</p> <p>Потеря информации о промысловом объекте, состоянии грунта. Риски потери орудий лова, сцепления орудий лова.</p> <p>Риск необнаружения объекта лова.</p> <p>Риски намотки снастей на винт и сцепления орудий лова, навала судов.</p> <p>Риск навала и столкновения судов.</p> <p>Риски навалов, ударов подводными частями корпусов.</p> <p>Риск навала судов.</p> <p>Риски повреждения комингсов трюмов, повреждения такелажа кранов, груза.</p> <p>Риск навала на судно.</p> <p>Риск разрыва шланга.</p> <p>Риск загазованности отсека, возгорания, взрыва.</p> <p>Риск причинения вреда здоровью водолаза, риск гибели водолаза</p>	<p>Подмочка груза. Затопление отсеков.</p> <p>Навалы. Столкновения.</p> <p>Подмочка груза.</p> <p>Пожар.</p> <p>Угроза посадки на скалы, мель.</p> <p>Потеря орудий лова.</p> <p>Потеря улова.</p> <p>Потеря улова.</p> <p>Повреждение или потеря орудий лова.</p> <p>Повреждение винторулевой группы.</p> <p>Повреждение судов.</p> <p>Повреждение корпуса и судовых кранов.</p> <p>Повреждение судовых конструкций.</p> <p>Повреждение судов.</p> <p>Разлив топлива.</p> <p>Взрыв. Пожар. Гибель людей.</p> <p>Причинение вреда здоровью водолаза.</p> <p>Гибель водолаза</p>

Моделирование процессов развития ЧС по видам и причинам аварий

В основу разработки сценариев развития ЧС/аварийных ситуаций легли результаты анализа аварий на рыбопромысловых и транспортных судах, работающих под флагом разных стран. К рассмотрению были приняты следующие виды аварий: 1) возникновение течи, поступление забортной воды в судовые отсеки; 2) возникновение возгорания и развитие пожара на судне; 3) потеря устойчивости и опрокидывание судна на попутном волнении; 4) разлив топлива при бункеровке судна; 5) возникновение аварийных ситуаций в процессе лова при большом скоплении судов; 6) аварийные ситуации при выполнении погрузоразгрузочных операций в море [3].

Первый сценарий представляет последовательное развитие затопления отсека/отсеков судна при возникновении течи корпуса судна. При этом нами рассматривается вариант с наихудшим исходом — гибелью судна, что возможно при отягощающих сопутствующих событиях (отказ балластно-осушительной системы, наличие дефектов судовых конструкций и т. п.). Выбор такого подхода объясняется тем, что вариативность сценария позволяет рассматривать различные варианты развития аварийной ситуации и является ориентиром для выбора упреждающих мероприятий, позволяющих минимизировать ущерб/потери.

В нашем сценарии процесс затопления включает следующие стадии:

- первая — возникновение течи корпуса (трещины, пробоины, свищи в сварочных швах и т. п.);
- вторая — прогрессирующее затопление отсека (например, балластного танка двойного дна);
- третья — поступление воды в трюм (например, через поврежденные замерные трубы, которые могут быть подорваны при погрузке круглого леса или других крупногабаритных грузов);
- четвертая — затопление трюма;
- пятая — проникновение воды в соседние отсеки/трюмы в случае нарушения герметичности водонепроницаемых переборок (что нередко случается на судах старше 20 лет);
- шестая — потеря устойчивости/плавучести судна и его гибель.

Модель первого вариативного сценария «возникновение течи, поступление забортной воды в судовые отсеки» приведена на рис. 1.

Второй сценарий — «возникновение возгорания и развитие пожара на судне» включает следующие уровни развития аварийной ситуации:

- первый уровень характеризуется возникновением возгорания с переходом в пожар в одном из отсеков судна (например, в машинном отделении);
- второй уровень характеризуется повышением температуры судовых переборок и распространением пожара на бытовые помещения на главной палубе и повышением температуры водонепроницаемой перегородки между машинным отделением и трюмом;
- третий уровень — распространение пожара на жилые помещения и трюм/трюмы [3; 4, с. 63–82].

При описании возможных вариантов развития пожара нами рассматриваются наиболее критические ситуации, то есть что может случиться, если не принять упреждающих мероприятий.

Третий сценарий — «потеря устойчивости и опрокидывание судна» включает два варианта:

- первый вариант — характеризуется появлением отрицательной начальной устойчивости и при определенных условиях опрокидывание судна. Такая ситуация может случиться как в порту при выполнении погрузоразгрузочных работ (например, случай опрокидывания плавзавода «Обухов» в 1982 г.), так и на переходе морем (случай опрокидывания пассажирского судна «Булгария» в 2011 г.);
- второй вариант — потеря устойчивости и опрокидывание рыболовных судов на попутном волнении, характеризуется совокупностью условий, «провоцирующих» потерю устойчивости.

Четвертый сценарий — «разлив топлива при бункеровке судна».

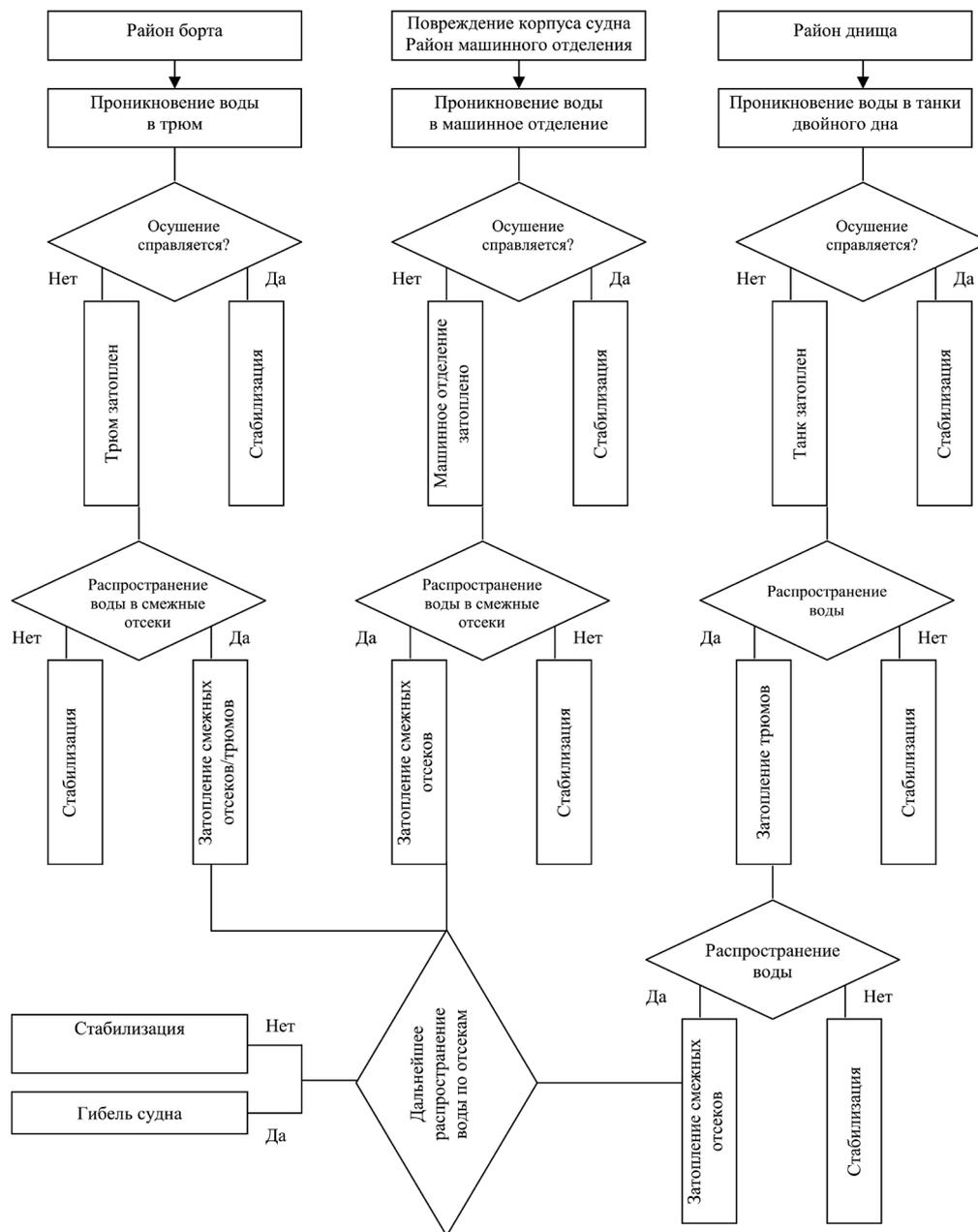


Рис. 1. Сценарий № 1. Угроза затопления отсеков судна

Формирование обобщенной модели сценария развития ЧС/аварийных ситуаций

Анализ представленных сценариев позволяет определить наиболее общие их характеристики, которые можно представить как последовательность процессов и условий:

- 1) предпосылки появления источника, порождающего те или иные причины появления признаков развития аварийной ситуации (АС);
- 2) появление источника, порождающего причины (АС);
- 3) возникновение предпосылок возникновения АС;
- 4) начальная стадия возникновения АС (например, проникновение забортной воды в отсек, или возгорание в МО);
- 5) развитие АС (например, увеличение интенсивности течи или распространение огня);
- 6) затопление отсека. Пожар в отсеке;
- 7) проникновение воды в смежные отсеки (или, например, распространение пожара в смежные отсеки);

8) угроза гибели судна или гибель судна (в зависимости от внутренних и внешних условий).

В качестве предпосылок появления источника причин возникновения АС следует рассмотреть:

- гидрометеорологические и океанографические условия;
- износ корпуса судна, усталость металла;
- коррозия, электрокоррозия металла — появление свищей в сварочных швах, в районе днища, пояса переменных ватерлиний и т. д.;
- низкий уровень профессионализма — ошибки судовождения: касание грунта, появление трещины или пробоины;
- низкий уровень профессионализма — ошибки судовождения: столкновение, пробоина корпуса;
- отказ оборудования, судовых устройств — столкновение, посадка на мель/рифы — пробоина корпуса, катастрофа;
- ледовые условия — повреждение корпуса;
- повышение температуры в массе груза — самовозгорание;
- короткое замыкание — возгорание;
- разрыв топливной трубки — попадание топлива на раскаленную поверхность двигателя — воспламенение;
- искры — возгорание в подпоршневом пространстве главного двигателя;
- низкий уровень профессионализма — ошибки при маневрировании с орудиями лова: сцепление орудий лова, потеря орудий лова, столкновения/навал с другими судами и т. д.

Таким образом, совокупность процессов и условий с набором логических связей между ними представляют обобщенную модель/сценарий возникновения и развития аварийных ситуаций и катастроф морских транспортных и рыболовных судов.

Следовательно, метод сценариев развития аварийных ситуаций при освоении биоресурсов Мирового океана и транспортировке сырья является эффективным средством:

- анализа возможных путей развития различных видов аварий и определения проблем «узких мест»;
- определения задач, которые необходимо решить для упреждения ЧС или снижения возможных последствий аварий;
- определения факторов риска, описания качественных характеристик риска, возможности расчета вероятностных оценок риска;
- постановки имитационных экспериментов с целью изучения эффективности различных организационно-технических мероприятий, разрабатываемых для снижения уровня риска возникновения ЧС.

Список литературы

1. *Мойсеенко С. С.* Безопасность морских грузоперевозок: моногр. / С. С. Мойсеенко, Л. Е. Мейлер. — Калининград: Изд-во БГАРФ, 2011. — 398 с.
2. *Топалов В. П.* Риски в судоходстве / В. П. Топалов, В. Г. Торский. — Одесса: Астропринт, 2007. — 368 с.
3. *Абчук В. А.* Теория риска в морской практике / В. А. Абчук. — Л.: Судостроение, 1983. — 152 с.
4. *Мартынюк И. В.* Снижение рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера — стратегическое научно-техническое направление на железнодорожном транспорте / И. В. Мартынюк, О. Н. Попов, Н. С. Флегонтов // Сб. докл. VIII Всерос. науч.-практ. конф. МЧС России. — М., 2003.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

УДК 658.4:350.5 (432.28)

А. А. Чертков,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Д. С. Тормашев,
канд. техн. наук, ст. преподаватель,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет
морского флота имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»;

С. В. Сабуров,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СУДОВОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕРАВЕНСТВ

SHIPPING DYNAMIC SYSTEM ENERGOEFFICIENT CONTROL ON THE BASE OF INEQUALITY THEORY

Статья посвящена оптимальному управлению судовой динамической системой по критерию расхода энергии. Вектор управления, обеспечивающий повышение энергоэффективности системы, синтезирован на основе теории неравенств. Приведен пример, количественно подтверждающий энергетическую эффективность оптимального режима.

The article is devoted to ship's dynamic optimal control system used energy consumption goal. Control vector system's energy efficient synthesized by inequality theory is risen. The example energy efficient quantitative acknowledge by optimal control is devoted.

Ключевые слова: теория неравенств, неравенства Гёльдера и Коши–Шварца, энергетическая эффективность, оптимизация, управление расходом энергии.

Key words: inequality theory, Hölder and Cauchy–Schwarz inequalities, energy efficiency, optimization, energy consumption control.

ТРЕБОВАНИЯ, предъявляемые на водном транспорте к повышению энергоэффективности динамических объектов и систем, решение проблемы энергосбережения на качественно новом уровне должны выполняться с использованием методов и средств современной теории оптимизации, математического моделирования и алгоритмизации принятия решений [3]. Оптимизационные процессы являются наукоемкими; их применение для управления сложными технологическими комплексами с нелинейной динамикой связано с известными трудностями аналитической формализации, не единственностью решения и обеспечением устойчивости. Поэтому решения выполняются, как правило, численными методами, с использованием функций математического программирования и их применением в различных вычислительных средах. Однако в отдельных случаях для класса динамических объектов невысокой размерности возможны аналитические решения, вытекающие непосредственно из известных результатов научных исследований, полученных в области теории неравенств. Эффективность таких аналитических решений, ясность и технологическая «прозрачность», определяющие простоту достижения конечного результата, безусловно, представляют интерес для их практических приложений в соответствующей предметной области [2, с. 11–17]. В частности, для класса объектов с подводом

энергии на управление по схеме «включено–выключено» можно получить энергоэффективное управление, оптимизировать параметры системы и выбрать периодичность включений с учетом динамики. К таким объектам можно отнести судовые системы, содержащие в структуре отопительные котлы серии КОАВ; системы электропитания буев и различных устройств судоводной обстановки с автономными источниками электроэнергии; системы световой сигнализации, используемые при расхождении судов на внутренних водных путях, и др.

Предположим, что судовой объект управления описывается нелинейным дифференциальным уравнением:

$$x(t) = f(x, u, t) \quad (1)$$

с вектором состояния $x \in R^n$ и входом $u(t) \in R^m$.

Введем критерий качества системы управления:

$$J(t_0) = \Phi(x(T), T) + \int_{t_0}^T L(x(t), u(t), t) dt, \quad (2)$$

где (t_0, T) — временной рабочий интервал. Видно, что весовая функция $\Phi(x(T), T)$ зависит от конечного состояния и времени T . Подынтегральная функция $L(x(t), u(t), t)$, как следует из уравнения (2), изменяется в зависимости от состояния, управления и текущего времени t в промежутке (t_0, T) .

Задача оптимального управления состоит в определении таких значений вектора $u^*(t)$ на временном рабочем интервале, которые переводят объект (1) по траектории $x^*(t)$ из начального в конечное состояние при минимизации критерия качества (2). Для определения вектора оптимального управления нелинейной системой (1) можно применить различные методы оптимизации.

Если используют принцип максимума Л. С. Понтрягина, то учитывают особенности функционирования объекта во всех допустимых технологических режимах, адекватность математического описания реальному процессу, выбирают наиболее подходящий способ управления или комбинацию способов, рассматривают возможности упрощения моделей и понижения их размерностей и др.

Если применяют алгоритм расчета непрерывного во времени оптимального управления системой с фиксированным значением функции в конечном состоянии, то учитывают следующие составляющие: динамику объекта (1), критерий качества (2), значения вектора выхода (состояния) на левой и правой границах.

Согласно алгоритму выполняют также расчет оптимального регулятора. Для оценки параметров регулятора в свою очередь требуется: составить гамильтониан с введением множителей Лагранжа, получить в терминах гамильтониана уравнения состояния и сопряженного состояния (называемого также косостоянием), проверить условия стационарности и определить граничные условия. Этот непростой процесс преобразований для задач высокой размерности часто должен выполняться на компьютерах, с использованием аппарата символьной математики, специальных вычислительных сред (например, MAPLE), существенно сокращающих объем рутинных операций.

Если появляется возможность известные положения теории неравенств применить к решению конкретной технической задачи, то это может значительно упростить процедуру оптимизации как на этапе проектирования, так и технической реализации системы управления [1]. Рассмотрим решение задачи оптимизации динамического объекта с заданной передаточной функцией с помощью неравенств Гёльдера и Коши–Шварца.

Интегральный вариант неравенства Коши–Шварца можно представить следующим образом. Пусть $f(x)$ и $g(x)$ являются функциями аргумента x , определенными на некоторой области R . Для двух неубывающих функций $f(x)$ и $g(x)$ справедливо соотношение

$$\left| \int_a^b f(x)g(x)dx \right| \leq \left[\int_a^b |f(x)|^p dx \right]^{1/P} \left[\int_a^b |g(x)|^{P/(P-1)} dx \right]^{(P-1)/P}, \quad (3)$$

представляющее собой неравенство Гёльдера, где $(1 < P < \infty)$, $[*]$. При $P = \frac{P}{P-1} = 2$ неравенство

Гёльдера преобразуется в неравенство Коши–Шварца следующего вида:

$$\left| \int_a^b f(x)g(x)dx \right| \leq \left[\int_a^b |f(x)|^2 dx \right]^{1/2} \left[\int_a^b |g(x)|^2 dx \right]^{1/2}. \quad (4)$$

Рассмотрим применение неравенств к решению задачи регулирования температуры в судовых помещениях при условии минимизации энергии, требуемой для ее поддержания. Предположим, что температура внешней среды θ_a на рабочем временном интервале регулирования изменяется несущественно. Управлением $u(t)$ является поток тепла, подводимого к объекту. Уравнение динамики системы:

$$\dot{\theta}(t) = -a(\theta(t) - \theta_a) + bu(t), \quad (5)$$

где a и b — постоянные, зависящие от тепловой изоляции помещений, их размеров и условий вентиляции. Определим состояние системы как разность температур:

$$x(t) = \theta(t) - \theta_a.$$

Тогда можно получить простую модель отопительной судовой системы:

$$\dot{x}(t) = -ax(t) + bu(t). \quad (6)$$

Для управления температурным режимом на фиксированном временном интервале $[0, T]$ с возможно меньшим расходом энергии необходимо воздействовать на систему таким образом, чтобы обеспечивался минимум критерия качества:

$$J(0) = \frac{1}{2} \int_0^T u^2(t) dt. \quad (7)$$

Заметим, что импульсная переходная функция системы (6) представляет собой

$$\frac{dh(t)}{dt} = \exp(-a \cdot t),$$

где $h(t)$ — реакция на единичный скачок. Определим с помощью интеграла свертки конечное значение переменной состояния при воздействии произвольного входа $u(t)$:

$$x(T) = \int_0^T h'(T - \tau)u(\tau) d\tau. \quad (8)$$

Если ввести обозначение $f(x) = h'(T - \tau)$ и $g(x) = u(\tau)$, то неравенство Коши–Шварца (4) преобразуется к виду

$$x(T) = \int_0^T h'(T - \tau)u(\tau) d\tau \leq \left[\int_0^T (h'(T - \tau))^2 d\tau \right]^{1/2} \left[\int_0^T u^2(\tau) d\tau \right]^{1/2}. \quad (9)$$

Заметим, что в выражении (9) интеграл квадрата входного сигнала представляет собой критерий качества (7). Поэтому справедливо неравенство

$$x(T) \leq \left[\int_0^T (h'(T - \tau))^2 d\tau \right]^{1/2} [2J]^{1/2}. \quad (10)$$

Возведем в квадрат левую и правую части (10). Тогда

$$x^2(T) \leq \left[\int_0^T (h'(T - \tau))^2 d\tau \right] 2J. \quad (11)$$

Из (11) следует, что критерием качества J будет наименьшее значение лишь при соблюдении знака равенства. В результате

$$J_{\text{opt}} = \frac{x^2(T)}{2 \int_0^T (h'(T - \tau))^2 d\tau}. \quad (12)$$

Интеграл в знаменателе (12) при подстановке импульсной переходной функции системы равен

$$\int_0^T (h'(T-\tau))^2 d\tau = \int_0^T b^2 \exp(-2a(T-\tau)) d\tau = \frac{b^2}{ae^{aT}} sh(aT),$$

и критерий качества при оптимальном расходе энергии на управление:

$$J_{\text{opt}} = \frac{x^2(T)ae^{aT}}{2b^2 sh(aT)} = \frac{x^2(T)a}{b^2(1-e^{-2aT})}. \quad (13)$$

Нетрудно видеть, что для получения (13) оптимальное управление $u^*(t)$ должно удовлетворять условию

$$u^*(t) = Dh'(T-t), \quad (14)$$

где D — постоянный коэффициент. Определим его значение из соотношения (8). Согласно (9) левая часть неравенства

$$x(T) = \int_0^T D[h'(T-\tau)]^2 d\tau = D \int_0^T b^2 e^{-2a(T-\tau)} d\tau = D \frac{b^2}{2a} (1 - e^{-2aT}).$$

Отсюда следует, что коэффициент D можно представить в терминах параметров системы и ее конечного состояния:

$$D = \frac{2ax(T)}{b^2(1-e^{-2aT})} = \frac{ax(T)e^{aT}}{b^2 sh(aT)}. \quad (15)$$

Оптимальное управление $u^*(t)$ получаем с помощью (14) и (15):

$$u^*(t) = \frac{a \cdot x(T)}{b \cdot sh(aT)} \exp(at). \quad (16)$$

Эффективность оптимального управления можно оценить путем сравнения (16) с любым другим законом управления, также обеспечивающим переход системы из состояния $x(0)$ в состояние $x(T)$ за время T . Предположим, что на вход системы (6) подается сигнал управления, изменяющийся в виде прямоугольного импульса. Амплитуда импульса находится из следующего условия. Если $u_p(t) = U_p = \text{const}$, то при нулевых начальных условиях переходный процесс:

$$x(t) = \frac{b}{a} U_p (1 - e^{-at}), \quad (17)$$

и чтобы в момент $t = T$ вектор состояния был равен $x(T)$, амплитуда U_p должна быть равна

$$U_p = \frac{ax(T)}{b(1-e^{-aT})}. \quad (18)$$

Величину критерия при $U_p = \text{const}$ определим с помощью интеграла:

$$J_{\text{rec}} = \frac{1}{2} \int_0^T U_p^2 dt = \frac{a^2 x(T)^2 T}{2b^2 (1 - \exp(-aT))^2}. \quad (19)$$

Для определенности выберем следующие значения коэффициентов передачи в уравнении (6): $a = 0,005$ и $b = 0,05$. После подстановки значений параметров и $x(T) = 10$ критерии качества (13) и (19) принимают вид:

$$J_{\text{opt}} = \frac{200}{1 - \exp(-2aT)}, \quad (20)$$

$$J_{\text{rec}} = \frac{T}{2(1 - \exp(-aT))^2}. \quad (21)$$

Теперь, располагая уравнениями (20) и (21), мы можем путем вариации T оценить критерии и произвести необходимые графические построения. На рис. 1 приведены графики J_{opt} и J_{rec} как функции заданного времени переходного процесса T .

Нетрудно видеть, что в диапазоне малых T , не превышающих для рассматриваемой динамической системы значений 100 с, эффект оптимизации проявляется слабо, поскольку $J_{\text{opt}} \approx J_{\text{rec}}$. Однако с увеличением T оптимальное управление позволяет получить существенную экономию энергии.

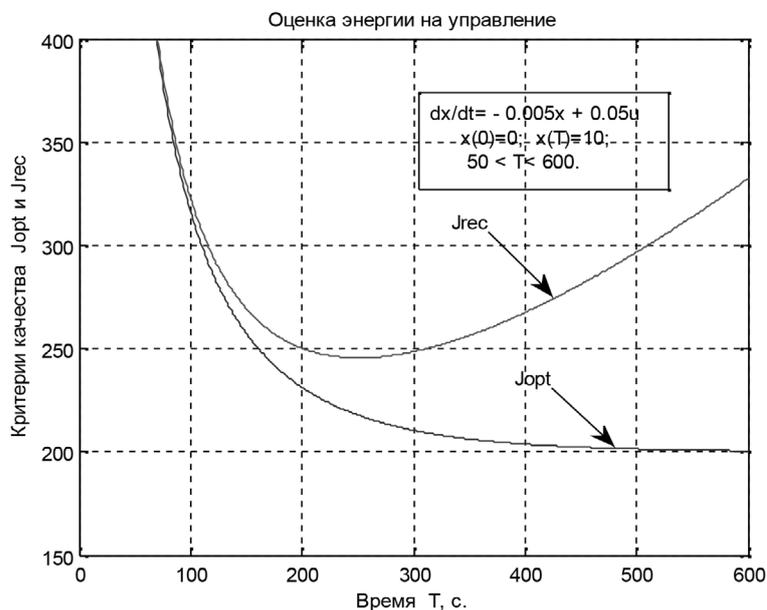


Рис. 1. Энергия на управление при оптимальной и прямоугольной формах входного сигнала

Так, если $T = 500$ с, то критерий при оптимальном управлении по закону (20) составляет $J_{\text{opt}} = 201,3567$, а в случае приложения ко входу ступенчатой функции с амплитудой U_p энергетические потери оцениваются $J_{\text{rec}} = 296,7120$.

В заключение отметим, что при управлении рассматриваемой судовой системой по критерию минимума расхода энергии на управление мы пришли к классическому результату: оптимальным является управление, пропорциональное импульсной переходной функции в инверсном времени.

При наличии ограничений, с увеличением размерности системы и повышением сложности модели теплообменных процессов в теплоемких конструкциях, объектах с распределенными параметрами, техническая реализация процессов экономии топлива и энергии должна базироваться, как правило, на численных методах оптимизации.

Простые модели энергоэффективного управления, базирующиеся на теории неравенств, могут найти применение в предиктивных системах управления подогревом нефти и нефтепродуктов перед началом грузовых операций в нефтеналивных портах. Процесс подогрева обладает большой энергоемкостью, а сам объект — танки с нефтепродуктами — высокими инерционными свойствами. Результаты моделирования показывают, что в сравнении с традиционными методами подогрева применение оптимального управления может дополнительно обеспечить экономию энергии, расходуемой на подогрев, в среднем от 3 до 7 %.

Список литературы

1. Глуценко В. В. Моделирование динамических систем и электрических цепей в среде MATLAB: учеб. пособие / В. В. Глуценко, В. В. Сахаров, Ю. В. Сумеркин. — СПб.: СПГУВК, 1998. — 293 с.
2. Пустошный А. В. Energy efficiency design index — новая реальность от IMO / А. В. Пустошный // Судостроение. — 2012. — № 1.
3. Resolution MERC. 214 (63). 2012 guidelines on survey and certification of the energy efficiency design index (EEDI).

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

УМК 620.193.16.004.624

Н. М. Вихров,
д-р техн. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

В. А. Голицын,
канд. техн. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ВЛИЯНИЕ ПРОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ХРОМИРОВАНИЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ СТАЛИ

EFFECT OF THE CHROMIUM FLOW ELECTROPLATING ON THE FATIGUE STRENGTH OF THE STEEL

В статье обсуждается вопрос влияния вынужденной конвекции электролита при электроосаждении хрома на предел выносливости стали.

In the article are discussing the question of the influence of forced convection of the electrolyte in the electrodeposition of chromium on the fatigue strength of steel.

Ключевые слова: электроосаждение, хромирование, вынужденная конвекция, усталостная прочность.

Key words: electrolytic chrome plating, forced convection of the electrolyte, fatigue strength.

В ОПРОСУ влияния хромовых покрытий на предел выносливости металлов посвящено достаточно много работ [1–10]. Однако многие стороны этой проблемы остаются невыясненными, а многочисленные экспериментальные данные получают самую различную интерпретацию.

Все исследователи в большей или меньшей степени приходят к согласию, что хромирование в зависимости от состава электролита, режимов электролиза, толщины покрытия снижает предел выносливости стали на 20–70 % по сравнению с пределом выносливости стали без покрытия. В связи с тем, что при определении влияния хрома на предел выносливости деталей не всегда учитываются такие важные факторы, как структура, физико-механические свойства хромовых покрытий, состояние поверхности основного металла и покрытия, методы обработки деталей перед нанесением покрытия и после хромирования, объяснение указанного снижения усталостной прочности принимает различные субъективные трактовки.

К неясным аспектам вопроса можно отнести: влияние принудительной циркуляции электролита, наводороживания, внутренних напряжений, структуры хромовых покрытий и других свойств на предел выносливости.

Привыкли считать, что если твердое хромирование значительно увеличивает сопротивление изнашиванию стальных деталей, однако в некоторых случаях оно может вызвать их поломку. Какой бы ни была природа поломки (повреждения), обычно принято считать, что повреждение вызвано тем, что осадок хрома поглощает водород, и поведением основного металла в процессе электролитических операций. Для предотвращения разрушения детали часто подвергаются корректировочной обработке (дегазации) и вообще термической обработке в тех случаях, когда опасаются возможности преждевременной поломки в необычных условиях применения. Такое общепринятое мнение отражает лишь приблизительно ту совокупность явлений, которые в действительности являются опасными и применение которых может привести к ошибкам. Опыт показывает, что

необходимо четко различать следующие явления: хрупкость электролитического осадка хрома и поведение хромированной стали при постоянных нагрузках (водородная хрупкость); поведение хромированной стали при переменных нагрузках (предел выносливости).

Современные представления о причинах снижения усталостной прочности металлов после нанесения гальванических покрытий базируются на следующем механизме [1]. Если усталостная прочность электроосажденного металла ниже усталостной прочности стали, то в условиях растягивающего циклического напряжения в покрытии может возникнуть усталостная трещина при напряжении ниже предела выносливости стали. Такая трещина будет действовать подобно надрезу, в результате чего на поверхности основного металла будет создаваться высокая концентрация напряжений. Как только уровень локальных растягивающих напряжений превысит предел усталости стали, трещина начнет распространяться в основной металл и вызовет усталостное разрушение. Данные многих исследователей подтверждают действенность рассмотренного выше механизма, поскольку предел усталости большинства конструкционных сталей значительно превышает значения, полученные для электролитического хрома. В связи с этим следует различать влияние микроскопических трещин в покрытии, образующихся в процессе электроосаждения хрома, от влияния трещин, которые образуются в покрытии при циклических нагрузках вследствие низкой усталостной прочности и пластичности хрома. Микроскопическая сетка трещин, имеющаяся в хромовом покрытии как в исходном состоянии, так и после термической обработки, сама по себе не может служить причиной снижения усталостной прочности основного металла, так как наличие очень большого их количества, примерно одинаковых размеров, приводит к значительному разгружающему действию этих трещин и резкому снижению отрицательного действия их как концентраторов. Трещины же в хромовом покрытии, возникающие в результате приложения циклических нагрузок, действуют как концентраторы напряжения и определяют снижение выносливости хромированной стали.

Поэтому все факторы, влияющие на механическую прочность и пластичность хрома при прочих равных условиях, будут влиять на образование трещин в хrome. К этим факторам следует отнести в первую очередь внутренние напряжения в хромовом покрытии и наводороживание, которые, в свою очередь, зависят от состава электролита, режима электролиза, вынужденной конвекции и формы тока. Структура хромовых осадков будет определяться всеми этими факторами.

Режим хромирования оказывает влияние на предел выносливости стали, при этом определяющее влияние на выносливость оказывает температура электролиза.

Очевидно, что любые внутренние растягивающие напряжения, создающиеся в покрытии, будут складываться с приложенными растягивающими напряжениями и приводить к уменьшению действительной усталостной прочности покрытия, способствуя тем самым преждевременному разрушению основного металла.

Из изложенного следует, что наиболее важными факторами, определяющими усталостную прочность деталей с гальваническими покрытиями, следует считать:

- соотношение между усталостной прочностью покрытия и основного металла;
- величину и знак внутренних напряжений, создающихся в покрытии;
- наводороживание основного металла и осадка хрома.

Кроме этих факторов, немаловажную роль играют: последующая за нанесением покрытия термическая обработка (особенно в случае хромового покрытия), толщина покрытия.

Исходя из современного уровня исследований, два параметра структуры хромовых осадков представляются наиболее характерными с точки зрения противодействия усталости — трещины и внутренние напряжения.

Систематические исследования ряда авторов [4; 8–10] убедительно показали отношения между границей предела выносливости покрытий хрома и их структурой, определяемой трещинами и внутренними напряжениями. Осуществляя электроосаждение хрома в ваннах с разным составом электролита и проведя опыты в различных температурных условиях и при различных

плотностях тока, эти авторы получили широкий ряд структур, охарактеризованных ими с точки зрения трещиноватости и внутренних напряжений.

Измеряя пределы выносливости образцов с такими покрытиями, они установили следующие зависимости: отложения с большим количеством трещин (3500 на 25,4 мм) обладают почти таким же пределом выносливости, как и нехромированная сталь; сопротивляемость усталости покрытий, имеющих 20–40 трещин на 25,4 мм, на 70–80 % меньше, чем в предыдущем случае. В классическом случае (400 трещин на 25,4 мм) это снижение будет равно 30–40 %.

Установлено, что трещиноватость осадков хрома дает хорошее представление об остаточных внутренних напряжениях. Чем больше трещиноватость покрытия, тем меньше напряжения, то есть существует линейная зависимость между остаточными внутренними напряжениями и пределом выносливости [10]. Таким образом, мы можем на основании вышеизложенного сделать заключение, что основной параметр, влияющий на предел выносливости хромированных сталей, заключается во внутренних напряжениях хромовых покрытий.

Однако противоположные результаты исследований были установлены между структурой хрома, пределом выносливости и термической обработкой хромированной стали.

Осадки хрома с большим числом трещин (предел выносливости непрокаленной стали близок к пределу выносливости нехромированной стали) после термической обработки 200 °С резко снижают предел выносливости образцов стали. Термическая обработка при 400 °С повышает предел выносливости.

Для осадков хрома со средним числом трещин (предел усталости непрокаленной стали на 20–30 % ниже предела усталости нехромированной стали) термическая обработка при 400 °С дает повышение на 10–20 %.

Для осадков хрома, почти не имеющих трещин (значительные напряжения, предел выносливости около 30 % от предела выносливости нехромированной стали) термическая обработка при 200 °С дает резкое повышение предела выносливости, значения которого сохраняются в той или иной степени при термической обработке при 300 °С.

Из исследований [3; 6] из-за отсутствия микроструктуры получаемых осадков хрома невозможно проследить вышеизложенные закономерности в зависимости от применяемых параметров режима электроосаждения и сопоставить настоящие данные.

Оценивая сущность влияния остаточных напряжений на предел выносливости стали, следует особо отметить, что отрицательная роль поверхностных остаточных напряжений, связанных с электроосаждением хрома, проявляется благодаря чувствительности металла к величине и знаку среднего нормального цикла. Увеличение среднего напряжения цикла при наличии растягивающих остаточных напряжений в основном материале при хромировании сопровождается понижением предела выносливости. Согласно С. Ф. Медведеву [7], остаточные напряжения накладываются на циклические напряжения от внешних изгибающих сил, в результате симметричный цикл напряжений превращается в асимметричный, причем величина асимметрии тем больше, чем больше по величине остаточные напряжения. При этом растягивающие остаточные напряжения должны понижать предел усталости при изгибе, а сжимающие — повышать. Очевидно, что испытания на выносливость эталонных и хромированных образцов необходимо выполнять при равенстве напряжений с учетом остаточных напряжений в основном металле после хромирования и эталонном образце.

В настоящем исследовании влияние принудительной циркуляции электролита на предел выносливости было изучено на образцах из стали 20Х ГОСТ 4543-71. Электроосаждение хромового покрытия анодно-струйным способом выполнялось стационарной в ванне универсального типа (состав, в кг/м³: хромовый ангидрид — 250, серная кислота — 2,5; CrO₃ < 5), при плотности тока 6 кА/м² и температуре электролита 328 К. Расход электролита задавался на двух уровнях — 1·10⁻⁴ и 7,2·10⁻⁴ м³/с. С целью проверки влияния на предел усталости стали 20Х, повышения плотности тока и толщины хромового покрытия были испытаны две серии образцов, хромированных анодно-струйным способом при плотности тока 10 кА/м² и температуре 328 К на толщину 50 и 100 мкм.

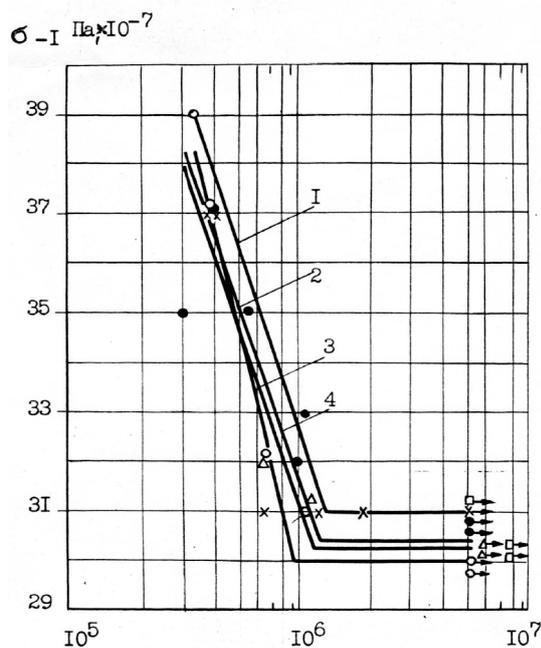


Рис. 1. Предел выносливости стали 20X, хромированной при плотности тока 6 кА/м² и температуре электролита 328 К в стационарной ванне и анодно-струйным способом.
1 — без хромового покрытия;
2 — стационарная ванна;
3, 4 — анодно-струйный способ соответственно при $Q = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ и $Q = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$

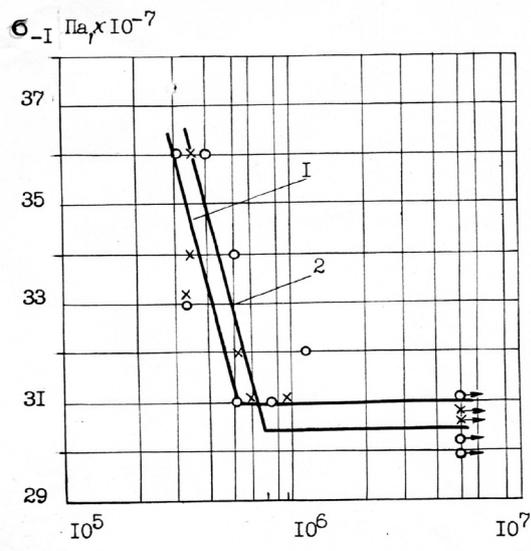


Рис. 2. Предел выносливости стали 20X, хромированной анодно-струйным способом, при плотности тока 10 А/м² и температуре 328 К:
1 и 2 — толщина осадка хрома 50 и 100 мкм соответственно

Испытания на усталость производились на машине типа НУ. Машина работает по схеме — изгиб при вращении консольных круглых образцов диаметром 12 мм с рабочей шейкой диаметром $5 \pm 0,01$ мм из нормализованной стали 20X при частоте вращения 50 с^{-1} . Расчет напряжения образца производился по стандартной формуле. В основу расчета определения напряжений при изгибе положено сечение образца без покрытия. База испытания для определения сопротивления усталости принята $5 \cdot 10^6$ циклов, что обусловлено сравнительным характером испытаний. Испытания были выполнены в соответствии с требованиями стандарта.

Результаты испытаний на сопротивление усталости стали 20X в нормализованном состоянии и хромированных на толщину 50 мкм при плотности тока 6 кА/м² и температуре электролита 328 К в стационарной ванне и анодно-струйным способом при расходе электролита $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ и $7,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ представлены на рис. 1.

Пределы выносливости стали 20X, хромированной при температуре 328 К и плотности тока 6 кА/м², в зависимости от толщины осадка хрома (50 и 100 мкм) представлены на рис. 2.

Полученные данные показывают, что хромирование анодно-струйным способом стали 20X в нормализованном состоянии не оказывает отрицательного влияния на предел выносливости по сравнению с гальванической обработкой ее хромированием в стационарной ванне. Влияние увеличения плотности тока и толщины осадка хрома также не превышает ошибки эксперимента.

Весьма важным для последующих рассуждений являются сведения, которые могут быть получены при обследовании сетки трещин в хромовом осадке. На рис. 3 и 4 представлены микрофотографии поперечного сечения образцов, хромированных на указанных режимах.

Имеющиеся данные [3; 5–8] о влиянии электроосажденного хрома в условиях вынужденной конвекции на усталостную прочность стали в различных электролитах по составу показывают в общем положительное влияние хромирования в проточном электролите на предел выносливости стали. Это объясняется не столько эффектом вынужденной конвекции, сколько частным характером выявленных закономерностей и не учетом влияния параметров режима хромирования на структуру хромовых покрытий.

Микроструктура осадков хрома, электроосажденного анодно-струйным способом, имеет более частую сетку трещин по сравнению с покрытием, полученным стационарным методом.

a

б



Рис. 3. Микрофотографии (х300) микроструктуры осадков хрома в поперечном сечении, электроосажденных в стационарной ванне (*a*) и анодно-струйным способом (*б*), при плотности тока 6 кА/м^2 и температуре 328 К

a

б



Рис. 4. Микроструктура поперечного сечения хромового осадка (х300), электроосажденного при температуре 328 К и плотности тока 10 кА/м^2 : *a* — стационарная ванна; *б* — анодно-струйный способ

a

б

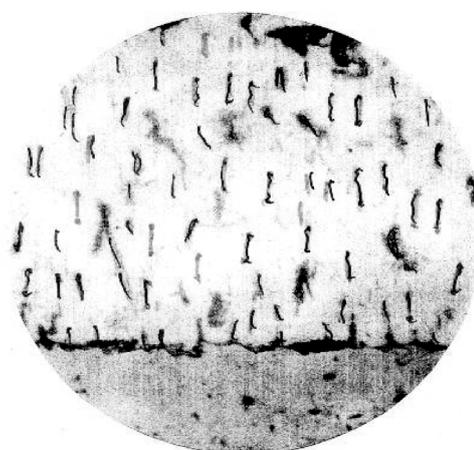
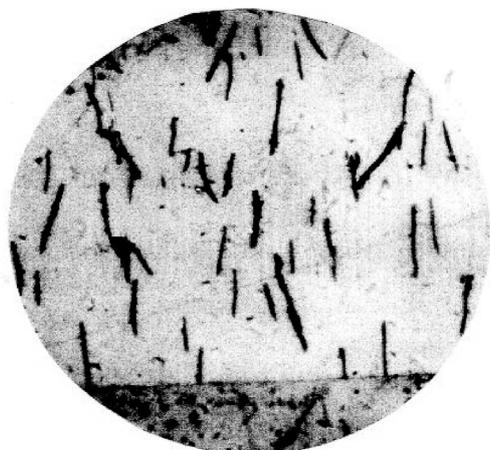


Рис. 5. Микроструктура поперечного сечения осадков хрома (х600), электроосажденных из стационарной универсальной сульфатной ванны (*a*) и в саморегулирующейся сульфатно-кремнефторидной ванне (*б*), при температуре 328 К и плотности тока 6 кА/м^2 [4]

На рис. 5 для сравнения представлены микрофотографии структуры осадков хрома в поперечном сечении образцов при увеличении $\times 600$, полученные в универсальном сульфатном и саморегулирующемся сульфатно-кремнефторидном электролитах при плотности тока 6 кА/м^2 и температуре 328 К [4]. Сравнение структур осадков хрома показывает, что саморегулирующая сульфатно-кремнефторидная ванна дает осадки с большим количеством включений (трещин), чем из универсальной ванны. Включения меньше по длине и ширине. Данные испытаний предела выносливости стали 45, полученные в работах [4; 8], не установили значимого различия пределов выносливости для образцов, хромированных в универсальном сульфатном электролите и в саморегулирующемся сульфатно-кремнефторидном электролите.

Таким образом, изменение структуры осадков хрома применением вынужденной циркуляции электролита и другого состава электролита при электроосаждении хрома на образцы из стали разного состава (сталь 20Х и 45) при испытании на машинах разного типа и частотах вращения показали одинаковые результаты. То есть более частая сетка трещин в осадках хрома не изменила предел выносливости стали. Однако результаты ряда других исследователей показали противоположные результаты [7]. Отсутствие данных о структуре хромовых покрытий в этих исследованиях не позволяет дать какую-либо оценку влияния трещиноватости хромовых покрытий на предел выносливости.

В работе В. И. Барановского [3] были выполнены исследования предела выносливости стали 45 (нормализованной) в широком диапазоне изменения плотности тока и температуры электролита. Хромирование осуществлялось в стандартном сульфатном электролите с использованием разных по конструкции устройств, обеспечивающих циркуляцию электролита в межэлектродном зазоре. Электроосаждение было выполнено на толщину хрома от $0,05$ до $0,2 \text{ мм}$ при плотности тока $4,0\text{--}12 \text{ кА/м}^2$, температуре $323\text{--}343 \text{ К}$, скорости прокачки электролита $1,2 \text{ м/с}$. Предел выносливости стали 45 (эталон $\sigma_{-1} = 285 \text{ МПа}$). В упомянутой работе были выполнены в сопоставимых условиях исследования предела выносливости стали 45 с хромовыми покрытиями, полученными в спокойном электролите, в проточном электролите, анодно-струйным, возвратно-струйным, воздушнo-струйным и эжекторным способами [3]. Режимы нанесения покрытий при всех перечисленных способах хромирования с принудительной циркуляцией электролита, по мнению автора, были строго идентичными и составляли: температура электролита — 333 К , плотность тока — 12 кА/м^2 , скорость истечения электролита — $1,2 \text{ м/с}$. Хромирование в стационарном электролите осуществлялось при температуре электролита 328 К и плотности тока 5 кА/м^2 . Толщина слоя хрома была принята во всех сериях равной $0,2 \text{ мм}$ на сторону.

Результаты исследования показали, что предел выносливости образцов, хромированных приведенными технологическими приемами, практически незначительно различается между собой и в среднем на 25% выше, чем у образцов с покрытиями в спокойном электролите.

Предел выносливости стали 45, хромированной при температуре 325 К и плотности тока $4,0; 6,0; 8,0; 12,0 \text{ кА/м}^2$ на толщину хрома $0,1 \text{ мм}$, изменялся от 275 до 285 МПа . То есть эти результаты исследования показали также слабое влияние толщины хрома и плотности тока на предел выносливости стали 45. Таким образом, данные исследования согласуются с результатами наших исследований о влиянии вынужденной циркуляции электролита на предел выносливости стали.

В исследовании В. П. Манаенко [5] установлено, что каждому значению температуры электролита соответствует определенная плотность тока, при которой можно получить максимальное значение предела выносливости. В общем, высокое значение предела выносливости смещается в область более низких температур электролита и плотности тока. Так, при значениях температура электролита 323 К , плотность тока 6 кА/м^2 предел выносливости соответствовал $277,5 \text{ МПа}$; при 328 К и 10 кА/м^2 — 270 МПа и 333 К и 12 кА/м^2 — 270 МПа .

С целью установления связи между пределом выносливости стали, режимными параметрами электроосаждения и микроструктурой осадков хрома нами были получены микрофотографии при увеличении $\times 300$ поперечного сечения осадка хрома в диапазоне температур от 318 до 338 К и плотности тока от 3 до 20 кА/м^2 (табл. 1). Микрошлифы были электролитически обработаны в 10% -ном растворе NaOH при напряжении 3 В в течение 20 с . Сопоставляя структуру осадков хро-

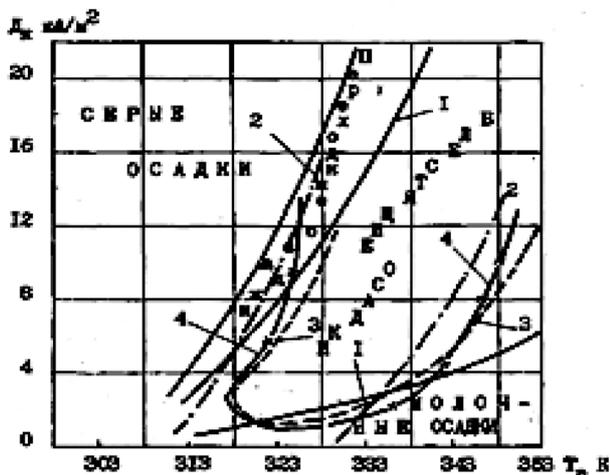


Рис. 6. Диаграмма расположения осадков хрома различного типа в зависимости от режима электроосаждения:
 1 — в универсальной ванне анодно-струйным способом;
 2 — в универсальной ванне стационарным способом;
 3 — в саморегулирующейся сульфатно-кремнефторидной ванне стационарным способом;
 4 — в саморегулирующейся сульфатно-кремнефторидной ванне с добавкой бихромата калия стационарным способом

ма, полученную при одной и той же плотности тока и при различных температурах, можно проследить характер ее изменения (см. рис. 6 и табл. 1).

Осадки серого цвета имеют однородную структуру с единичными трещинами и пронизывают весь слой хромового покрытия (табл. 1).

Осадки блестящего цвета имеют единичные и многочисленные трещины, увеличивающие свою плотность с уменьшением температуры. Трещины с понижением температуры уменьшают свою длину и ширину (табл. 1).

Осадки молочного вида, получаемые при температурах выше 338 К и низких плотностях тока, характеризуются большим количеством коротких и широких включений (рис. 6).

Покрyтия хрома, получаемые в переходной зоне от серых к блестящим осадкам, характеризуются дендритным формированием осадка и многочисленными трещинами разной ориентации (табл. 1).

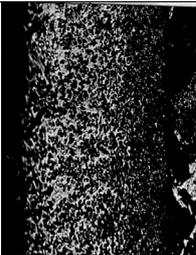
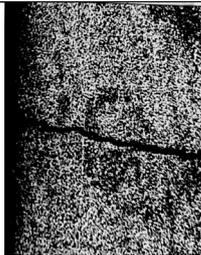
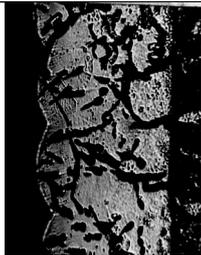
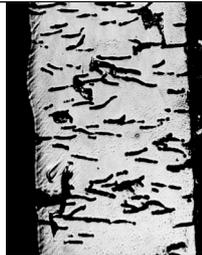
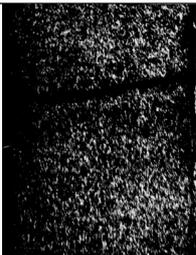
Систематические исследования [3; 5] предела выносливости хромовых покрытий в широком диапазоне режимов осаждения позволяют качественно связать режимы осаждения со структурой хромовых покрытий, полученных в наших исследованиях.

Таблица 1

Микроструктура поперечного сечения осадков хрома при увеличении x300

3 A/M^2 — 318 К	323 К	328 К	333 К	338 К
5 A/M^2 — 318 К	323 К	328 К	333 К	338 К

Таблица 1
(Окончание)

				
8 кА/м ² — 318 К	323 К	328 К	333 К	338 К
				
11 кА/м ² — 318 К	323 К	328 К	333 К	338 К
				
15 кА/м ² — 318 К	323 К	328 К	333 К	338 К
				
20 кА/м ² — 318 К	323 К	328 К	333 К	338 К

Структуры осадков хрома, полученных на режимах: 323 К и 5 кА/м²; 328 К и 8 кА/м²; 338 К и 15 кА/м² и на режимах [5]: 323 К и 6 кА/м²; 328 К и 10 кА/м²; 333 К и 12 кА/м², имеют качественное сходство, что и определило получение одинаковых значений пределов выносливости усталостных образцов из стали 45.

В процессе электролиза при хромировании происходит выделение значительного количества газообразного водорода и нагрев детали током. Увеличение расхода электролита снижает газонаполнение межэлектродного зазора и снижает температуру прикатодного слоя за счет интенсивного тепло- и массообмена. При скорости электролита выше 0,8 м/с происходит стабилизация температуры электролита в межэлектродном зазоре и, как следует из представленных в работах [3; 5] данных, предел выносливости не изменяется. Наибольшее влияние на предел выносливости оказывает температура электролита, особенно выше 333 К. Даже колебание температуры электро-

лита ± 276 К [9] оказывает такое же действие на предел выносливости, как увеличение температуры на 283 К. Качество поверхности покрытий так же изменяется с их толщиной, плотностью тока и температурой. Этот параметр, как правило, не фиксируется при исследованиях предела выносливости хромированных образцов. Все эти факторы вносят свои изменения в структуру осадков хрома.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Исследования, выполненные с использованием различных технологических приемов, разных составов электролитов, методов обработки до и после электроосаждения хрома, разных форм тока, различных толщин осадков хрома, без демонстрации их микроструктуры не позволяют должным образом оценить влияние режимов получения покрытий на предел выносливости материала детали и сопоставить результаты различных исследований.

Для получения качественных результатов исследований предела выносливости гальванически обработанных металлов необходима единая методика проведения исследования.

Список литературы

1. *Бронз Л. Д.* Технология и обеспечение ресурса самолетов / Л. Д. Бронз. — М.: Машиностроение. 1986. — 184 с.: ил.
2. *Безносков А. Е.* К вопросу о причинах снижения усталостной прочности хромированной стали 45 / А. Е. Безносков // Тр. — Кишинев: Кишиневский с/х ин-т им. М. В. Фрунзе, 1970. — Т. 75. — С. 68–72.
3. *Барановский В. И.* Исследование возможности уменьшения потерь усталостной прочности электролитически хромированной стали применительно к восстановлению и упрочнению деталей автомобилей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. И. Барановский. — Одесса: ОПРИ. — 28 с.
4. *Вороницын И. С.* Исследования механических свойств хромовых покрытий, применяемых для упрочнения и восстановления деталей машин / И. С. Вороницын. — Л.: ЛАТТ, 1963. — 210 с.
5. *Манаенко В. П.* Исследование электролитического возвратно-струйного хромирования применительно к восстановлению и упрочнению автотракторных деталей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. П. Манаенко. — Кишинев: КСХИ, 1973. — 20 с.
6. *Медведев С. Ф.* Циклическая прочность металлов / С. Ф. Медведев. — М.: Машгиз, 1961. — 304 с.
7. *Молчанов В. Ф.* Эффективность и качество хромирования / В. Ф. Молчанов. — Киев: Техника, 1979. — 229 с.
8. *Шлугер М. А.* Ускорение и усовершенствование хромирования деталей машин / М. А. Шлугер. — М.: Машгиз, 1961. — 140 с.
9. *Morisset P.* Chromage dur et decorative / P. Morisset. — P., 1961.
10. *Wiegand H.* Uber das Duer festigkeitsverhal ten tines in zwei verschiedenen / H. Wiegand, H. R. Kaiser.

М. А. Кузьмицкий,
д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Н. М. Ксенофонтов,
инженер-исследователь, аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

И. Н. Базавлук,
конструктор 1-й категории,
ОАО ЦКБ МТ «Рубин»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССА УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ ОБРАЗОВАНИЯ МАКРОТРЕЩИН

RESEARCH OPPORTUNITIES AND CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF FATIGUE FRACTURE ELEMENTS OF MACHANICAL SYSTEMS AT THE STAGE OF EDUCATION MACROCRACKS

В статье представлены результаты анализа разработанных критериев условий развития трещин и проведенных расчетных исследований зависимости величины напряжений у вершины трещины от ее глубины, выполненные на примере грузового зубчатого колеса механизма, с целью установления предельно допустимых значений дефекта при эксплуатационном контроле.

The article presents the results of the analysis criteria developed conditions for the development of cracks and conducted computational studies of the dependence of the stress at the crack tip on its depth, made an example of cargo gear mechanism, in order to establish the maximum permissible values of the defect at the operational control.

Ключевые слова: механическая система, макротрещина, фактическая усталостная долговечность, вершина трещины, напряженно-деформированное состояние, расчетные исследования, конечно-элементная модель.

Key words: mechanical system, macrofissure, the actual fatigue life, the crack tip stress-strain state, computational studies, finite element model.



СТАЛОСТНЫЕ повреждения элементов механических систем во многих случаях ограничивают их надежность, что подтверждает актуальность работ в этом направлении. В работе [1, с. 55–63] представлены результаты исследований полей номинальных напряжений при рабочих нагрузках в зубчатых колесах механизмов привода подъемно-опускных ворот, установленных на шлюзах № 1–7 ФБУ «Администрация “Волго-Балт”». В результате проведенных исследований установлены участки с повышенным уровнем номинальных напряжений, на которых наиболее вероятно образование и развитие усталостных трещин во время эксплуатации. Факт наличия усталостных трещин на них подтвержден результатами выполненных натурных обследований.

В соответствии с нормативными документами наличие трещин в ответственных элементах не допускается, так как прогнозирование скорости и направления их развития затруднительно. Однако на практике установлены случаи остановки развития усталостных трещин. В технической литературе [2–6] имеется информация о возможности и условиях нераспространения усталостных трещин. Например, в работах [2; 3] высказано предположение, что нераспространяющиеся усталостные трещины возникают тогда, когда переменное напряжение, необходимое для образования трещины, меньше напряжения, необходимого для ее развития.

Целью настоящих исследований является установление возможности и условий безопасной эксплуатации зубчатых колес привода подъемно-опускных ворот при наличии усталостных трещин на участках элементов с повышенным уровнем номинальных напряжений до их замены.

Для оценки фактической усталостной долговечности элементов, имеющих дефекты типа трещин, принципиально могут использоваться:

- критерии нераспространения усталостных трещин, рассмотренные в работах [2–6];
- наблюдение за дефектом (контроль размерных характеристик) с периодичностью, зависящей от частоты нагружений и вероятности приложения нагрузок, превышающих расчетный уровень;
- сочетание вышеизложенных подходов.

Следует отметить, что оценка остаточного ресурса элементов, обусловленная протеканием процесса усталостного разрушения, при диагностировании эксплуатируемых механических систем возможна при соблюдении следующих условий:

- наличие необходимого и достаточного состава контролируемых (измеряемых) параметров, характеризующих динамику развития процесса;
- техническая возможность измерения вышеуказанных диагностических параметров с достаточной точностью и периодичностью;
- наличие предельных допустимых значений контролируемых параметров (или их сочетаний), после достижения которых возможно недопустимое развитие процесса.

В общем случае нераспространение или торможение усталостной трещины зависит от четырех групп факторов [3]:

- характера напряженного состояния элементов при расчетных нагрузках;
- фактического состава спектра нагружений элемента при эксплуатации;
- свойств материала, из которого они изготовлены;
- воздействий окружающей среды, вызывающей образование эксплуатационных дефектов (коррозионно-язвенное разрушение, прижоги, накапливание деформации).

В разработанных критериях остановки развития трещин [2–6] рассматриваются силовые, энергетические и феноменологические модели. В качестве основных показателей, определяющих вероятность остановки или развития трещины, используются следующие основные показатели:

- K_σ — эффективный коэффициент концентрации напряжений;
- K_i — коэффициент интенсивности напряжений;
- G_c — удельный расход энергии при критических условиях нагружения;
- σ_R — сопротивление распространению трещины.

В работе [3] отмечается, что полученные при разработке критериев теоретические зависимости подтверждаются результатами экспериментальных исследований на образцах. Однако использование в полной мере этих критериев для установления возможности безопасной эксплуатации элементов механических систем, имеющих усталостные повреждения, не представляется возможным по следующим причинам:

- рассмотренные показатели нераспространения трещин при диагностировании действующих механических систем будут обладать высокой погрешностью, так как многие параметры, необходимые для их оценки, не могут быть установлены в условиях эксплуатационного контроля;
- в настоящее время отсутствуют отработанные технические средства и методики оценки (измерения, расчета) многих вышеуказанных параметров с необходимой периодичностью;
- все рассмотренные критерии остановки трещин предполагают постоянство амплитуд нагружений, принятое для лабораторных исследований, но маловероятное для эксплуатируемых механических систем.

Отметим, что все критерии остановки роста трещин в качестве одного из параметров, характеризующих вероятность торможения процесса разрушения, рассматривают уровень напряжений у вершины трещины. Значимость этого параметра представляется очевидной, с учетом того, что потенциальное развитие дефекта может быть реализовано только через рассматриваемую локальную зону.

Установлено, что скорость развития трещин зависит от величины номинальных напряжений и глубины дефекта [2; 7]. С целью установления количественной зависимости величины напряжений у вершины трещины от ее глубины (величина которой может быть установлена при эксплуатационном контроле) выполнены расчетные исследования со следующими допущениями:

- материал элемента имеет неизменные характеристики на всей глубине распространения трещины;
- площадь неповрежденного сечения $F_{\text{нп}}$ элемента значительно превышает площадь трещины $F_{\text{т}}$, что позволяет считать уровень номинальных напряжений постоянным ($\sigma_a = \text{const}$) во всем диапазоне проведения исследований.

Исследования проводились на примере повреждений грузового зубчатого колеса, материал которого имеет следующие характеристики:

- материал — сталь 45Л;
- модуль нормальной упругости — $E = 2,1 \times 10^5$ МПа;
- коэффициент Пуассона — $\mu = 0,3$;
- предел текучести — $\sigma_{\text{т}} = 353$ МПа.

Для установления степени влияния дефектов в напряженных участках детали выполнен расчет полей номинальных напряжений в зоне дефекта с помощью конечно-элементного пакета ANSYS.

Для расчета использовался метод подмоделирования, который позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние (далее — НДС) локальной области рассматриваемой конструкции. Суть метода сводится к выделению из глобальной модели локального участка с внедренным дефектом, на котором строится сетка, значительно более мелкая, чем в глобальной модели. Нагружение подмодели производится путем приложения к узлам на границе локальной и глобальной моделей перемещений из поля перемещений узлов глобальной модели.

Конечно-элементная модель колеса с внедренным условным дефектом представлена на рис. 1. В зоне дефекта сетка конечно-элементной модели сгущается (рис. 2). Размер элементов в зоне трещины 2 мм, в зоне значительного изменения размера элемента — 5 мм, вне зоны трещины — 25÷50 мм.

Подмодель с внедренным дефектом представлена на рис. 3. Размер элемента в зоне вершины дефекта 0,2 мм, вне этой зоны — 1÷2 мм.

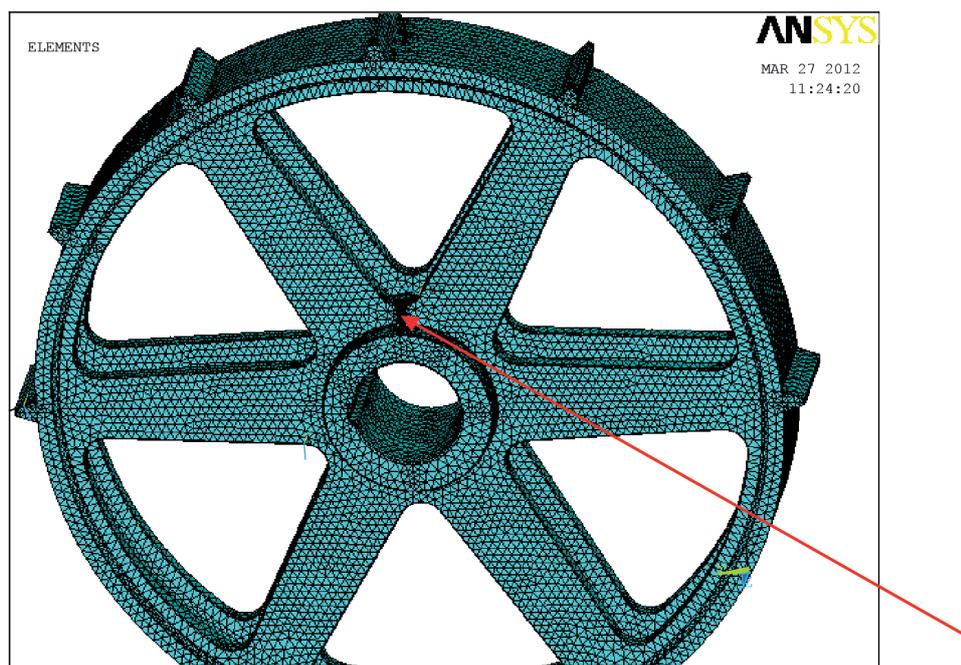


Рис. 1. Конечно-элементная модель с внедренным дефектом

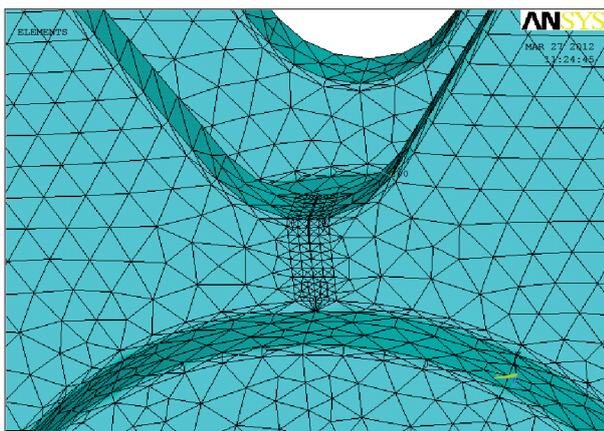


Рис. 2. Конечно-элементная сетка в области дефекта

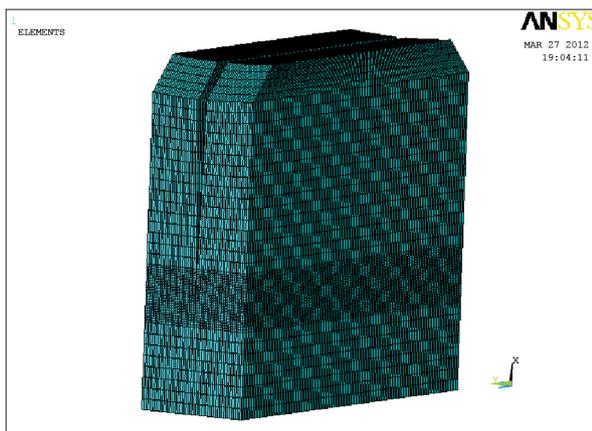


Рис. 3. Подмодель с внедренным дефектом

Для оценки распределения нормальных и эквивалентных напряжений введена норма по пределу текучести материала 353 МПа (3500 кг/см²), а для касательных напряжений — 0,7·353 МПа = 245 МПа (2450 кг/см²).

SX — радиальные напряжения, SY — окружные напряжения, SEQV — эквивалентные напряжения.

Величины напряжений с отрицательным знаком соответствуют сжимающим напряжениям, растягивающим напряжениям соответствует положительный знак величин напряжений.

Расчет выполнен для дефектов глубиной 2, 10, 12, 14, 16, 18 и 20 мм. Для каждого случая построена глобальная модель, к которой прилагались радиальные и окружные усилия, и подмодель в области дефекта. Полученные глобальные модели и подмодели для рассчитанных дефектов показаны на примере эквивалентных напряжений для трещин глубиной 2 и 20 мм в соответствии с рис. 4–7. Величины напряжений от приложенных усилий показаны цветом, который следует сравнивать с цветовой шкалой внизу рисунка. Общая информация об уровне напряжений в вершине дефекта с заданными глубинами представлена в табл. 1.

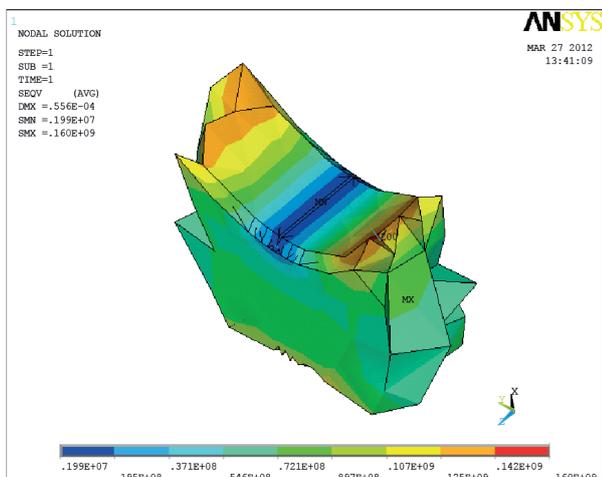


Рис. 4. Глобальная модель поля эквивалентных напряжений в области дефекта глубиной 2 мм

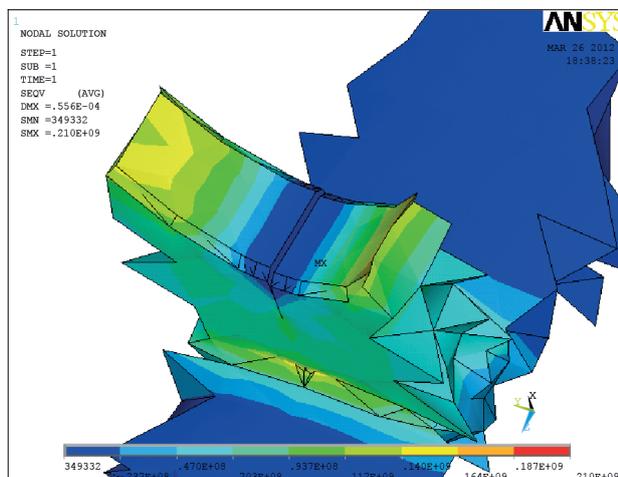


Рис. 5. Глобальная модель поля эквивалентных напряжений в области дефекта глубиной 20 мм

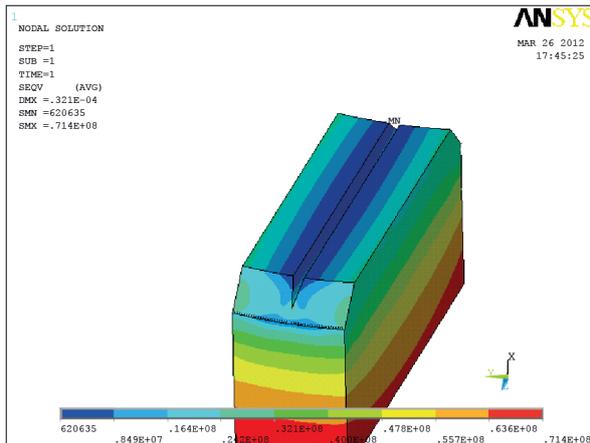


Рис. 6. Подмодель поля эквивалентных напряжений для дефекта глубиной 2 мм

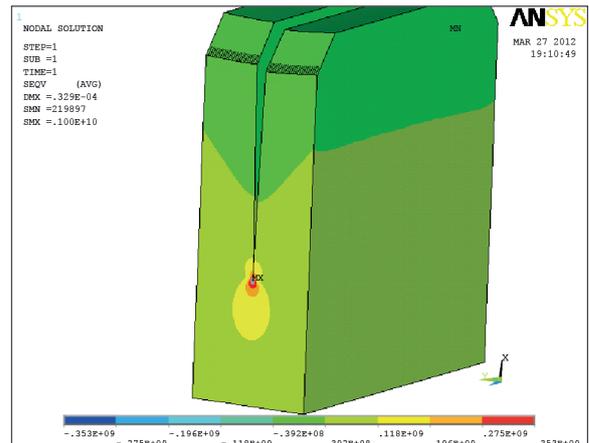


Рис. 7. Подмодель поля эквивалентных напряжений для дефекта глубиной 20 мм

Таблица 1

Значения напряжений от приложенных усилий в вершине дефекта

Вид напряжений, МПа	Глубина внедренного дефекта, мм						
	2	10	12	14	16	18	20
Радиальные	24,8	262	326	400	462	513	564
Окружные	26,6	43,8	54,4	67,9	77,9	87,1	94,7
Эквивалентные	71,4	339	420	514	592	656	720

На рис. 8 представлены графические зависимости напряжений в вершине дефекта от его глубины.

Из результатов выполненных расчетных исследований, представленных в табл. 1 и на рис. 8, следует:

- зависимость напряжений у вершины трещины от ее глубины в исследуемом диапазоне близка к линейной;
- при наличии информации об уровне номинальных напряжений на участке расположения дефекта и его глубине может быть выполнена оценка величины напряжений у вершины трещины;
- для исследуемого материала при $\sigma_a = \text{const}$ напряжения у вершины трещины достигают σ_{-1} при $l = 7$ мм и σ_T при $l \approx 10$ мм.

Приведенные в настоящей работе результаты анализа разработанных критериев условий развития трещин и проведенные расчетные исследования зависимости величины напряжений у вершины трещины от ее глубины позволяют сделать следующие выводы:

- известные критерии условий развития трещин при существующем уровне их разработки не могут быть в полной мере использованы при техническом диагностировании механических систем, так как требуют наличия информации о ряде параметров, оперативное получение которой представляется проблематичной при эксплуатационном контроле;
- рассчитанные методом конечных элементов номинальные напряжения и измеренные значения глубины трещины позволяют оценить уровень напряжений у ее вершины, являющийся необходимым количественным показателем вероятности развития дефекта;
- степень достаточности этого показателя может являться предметом последующих исследований по установлению других информативных показателей, количественная оценка которых может быть реализована при эксплуатационном контроле механических систем;

— до получения результатов таких исследований обеспечение безопасной эксплуатации элементов, имеющих дефекты типа трещин глубиной, не больше допустимой, может быть обеспечено периодическими наблюдениями за их развитием;

— полученные значения глубин трещин, при которых напряжения у их вершины достигают σ_T и σ_{-1} , могут рассматриваться как базовые для установления предельно допустимых их значений с корректировкой на нестабильность цикла нагружений и степени ответственности механической системы;

— расчетные методы исследования НДС элементов имеют широкий диапазон возможностей в областях упругих и упругопластических деформаций, однако не обладают оперативностью, необходимой при проведении диагностических работ, в связи с этим представляется перспективным проведение исследований возможности непосредственного измерения номинальных напряжений с использованием методов неразрушающего контроля, активно развивающихся в настоящее время.

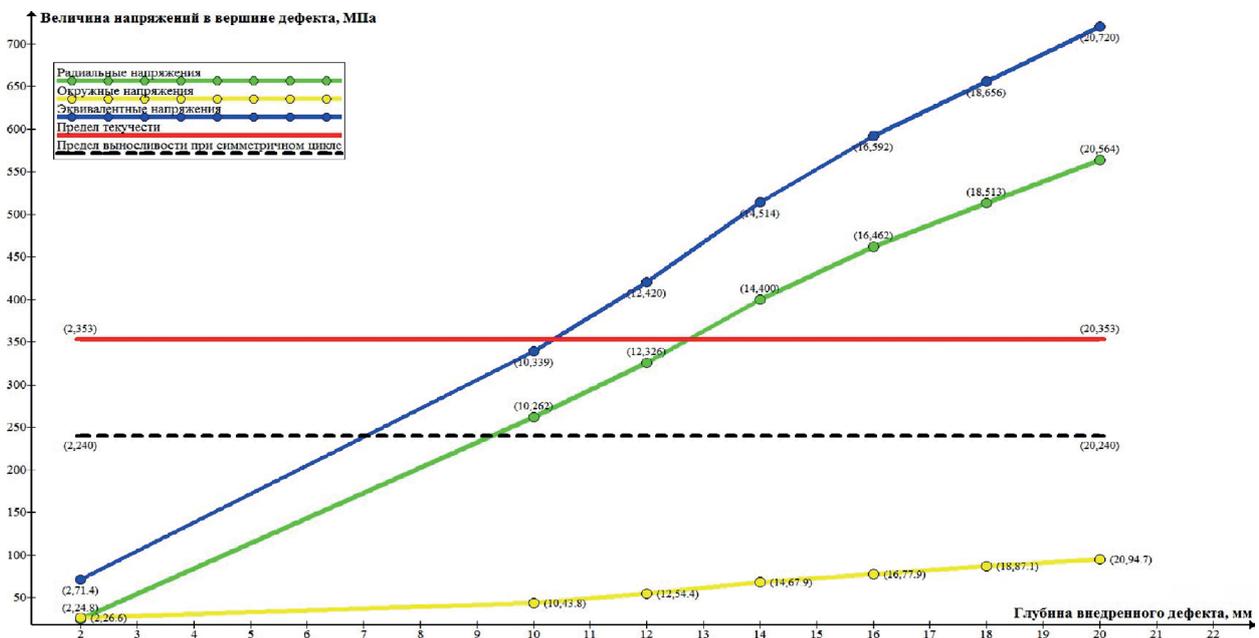


Рис. 8. График зависимости величины напряжений в вершине внедренного дефекта от его глубины

Примечание. Значения предела текучести и предела выносливости при симметричном цикле указаны для нормальных напряжений.

Список литературы

1. Кузьмицкий М. Л. Определение уровня действующих напряжений на колесах открытых зубчатых передач: [Текст] / М. Л. Кузьмицкий, Н. М. Ксенофонтов, И. Н. Базавлук // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2012. — № 3 (19).
2. Форрест П. Усталость металлов: пер. с англ.: [Текст] / П. Форрест. — М.: Машиностроение, 1968. — 352 с.
3. Кудрявцев П. И. Нераспространяющиеся усталостные трещины: [Текст] / П. И. Кудрявцев. — М.: Машиностроение, 1982. — 171 с.
4. Мороз Л. С. Механика и физика деформаций и разрушений материалов: [Текст] / Л. С. Мороз. — Л.: Машиностроение, 1984. — 223 с.

5. Слепян Л. И. Механика трещин: [Текст] / Л. И. Слепян. — Л.: Судостроение, 1981. — 295 с.
6. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов: [Текст] / В. И. Владимиров. — М.: Металлургия, 1984. — 280 с.
7. Карпенко Г. В. Работоспособность конструкционных материалов в агрессивных средах: [Текст] / Г. В. Карпенко // Карпенко Г. В. Избранные труды: в 2 т. — Киев: Наук. думка, 1985. — Т. 2. — 238 с.

УДК 629.5.081:338.32: 338.984

А. В. Малько,
аспирант,
Институт проблем рынка
и экономико-экологических
исследований НАН Украины

**АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ
СУДОРЕМОНТНО-СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ И г. СЕВАСТОПОЛЕ**

**ANALYSIS OF PROSPECTS OF SHIP REPAIR AND SHIPBUILDING
ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF CRIMEA
AND THE CITY OF SEVASTOPOL**

Производится краткий анализ перспектив развития судоремонтно-судостроительных предприятий Республики Крым и г. Севастополя с учетом новых экономических и политических реалий. При этом используется практический опыт работы автора с ведущими предприятиями отрасли в г. Севастополе.

There was made a brief analysis of the development prospects of the ship repair and shipbuilding enterprises of the Republic of Crimea and Sevastopol city at the new economic and political realities. The author used his hands-on Sevastopol city industry leaders experience to improve the article key ideas.

Ключевые слова: экономика судостроения и судоремонта, судостроение, судоремонт, судоремонтно-судостроительное предприятие.

Key words: economics of shipbuilding and ship repair, shipbuilding, ship repair, ship repair and shipbuilding company.

В СВЯЗИ со вступлением в состав Российской Федерации Республики Крым и города федерального значения Севастополя судоремонтно-судостроительным предприятиям региона приходится проводить новые стратегические и тактические анализы рынков сбыта своей продукции с учетом новых экономических и политических реалий.

Согласно Федеральному конституционному закону РФ № 6-ФКЗ «О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов Республики Крым и города федерального значения Севастополя» от 21 марта 2014 г. до 1 января 2015 г. в Крыму и Севастополе действует переходный период, в течение которого урегулируются вопросы интеграции новых субъектов Российской Федерации в экономическую, финансовую, кредитную, правовую, законодательную и исполнительную системы России [1].

В течение этого периода предусматривается безболезненная интеграция региона в состав Российской Федерации.

Для судоремонтно-судостроительного кластера Крыма и Севастополя переход в состав РФ может означать то, что основным рынком сбыта продукции на переходный и последующие периоды будет являться российский рынок, который, в свою очередь, делится на рынок коммерческого судоремонта и судостроения и рынок судоремонта и судостроения военно-промышленного комплекса.

Можно с уверенностью предположить, что основные денежные средства будут осваиваться предприятиями на рынке военного судоремонта, созданного на основе портфеля заказов Министерства обороны России для Черноморского флота (ЧФ), так как ЧФ является крупнейшим судовладельцем в Черноморском регионе с количеством кораблей и судов более ста.

Финансирование судоремонтных и судостроительных программ флота, как показывает практика последних лет, стабильное и высокодоходное.

Помимо средств, ежегодно выделяемых на ремонт и строительство кораблей и судов ЧФ, Россией осуществляется финансирование Федеральной целевой программы «Создание системы базирования Черноморского флота на территории Российской Федерации на 2004–2020 годы» [2].

В настоящий момент программа корректируется с учетом присоединения Крыма и Севастополя к России в марте 2014 г. [3].

По словам министра обороны РФ Шойгу, только на развитие инфраструктуры Черноморского флота РФ до 2020 г. выделяют более 86 млрд руб. [4].

Основным условием, ограничивающим получение военных судоремонтно-судостроительных заказов отраслевыми предприятиями региона, является наличие лицензии Рособоронзаказа и ФСБ на осуществление заявленных видов деятельности [5].

Основным подрядчиком флотских программ региона в настоящее время выступает 13-й судоремонтный завод Министерства обороны России, собирающий основные судоремонтные кадры региона под свое крыло.

Перспективы коммерческого судоремонта в Крыму и Севастополе на данный момент туманны. Очевидно, что основными заказчиками для предприятий судоремонтно-судостроительного кластера будут российские судовладельцы Азово-Черноморского региона, имеющие суда под российским флагом (рис. 1).

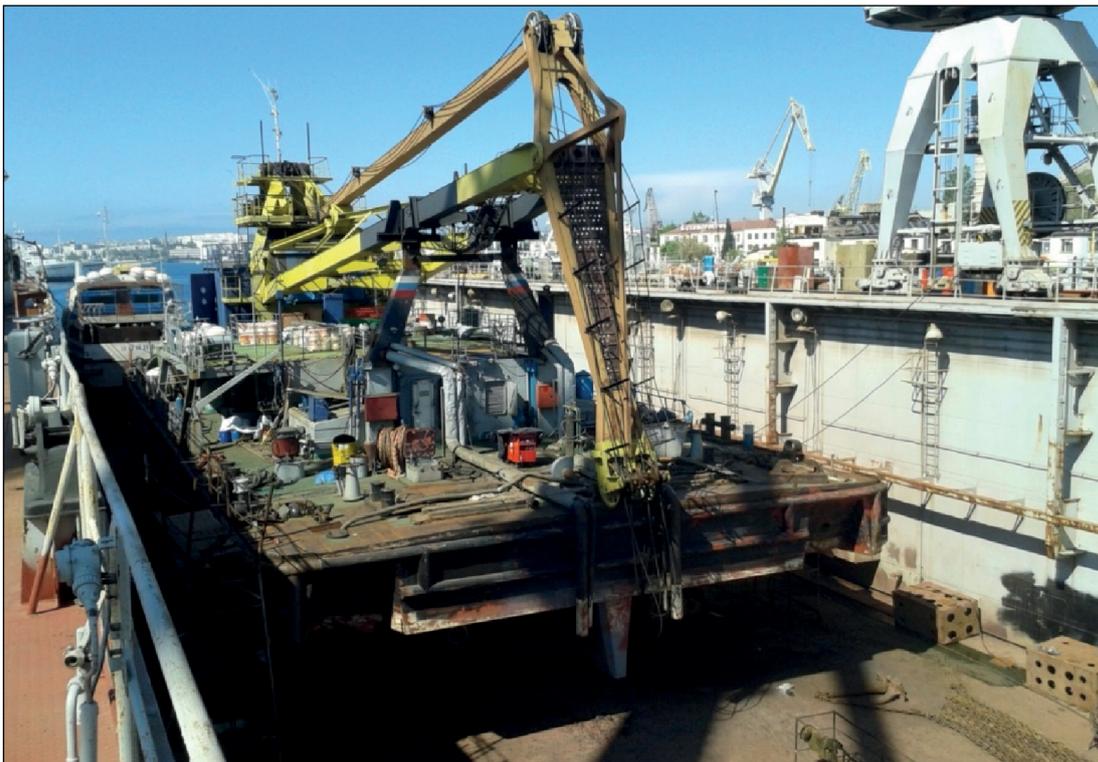


Рис. 1. Ремонт севастопольской судоремонтно-судостроительной компанией «ТехФлот» российского плавучего крана в Севастополе в мае 2014 г.

Общее количество таких судов, имеющих морской или смешанный класс плавания Российского морского регистра судоходства или Российского речного регистра и длину более 25 м, по разным оценкам, составляет более 300 единиц [7; 8].

Подфлажные же суда иностранных государств и россиян в настоящее время и в ближайшей перспективе скорее всего не будут активно ремонтироваться в Крыму и Севастополе в связи с неопределенностью в таможенном и налоговом оформлении судов и судоремонтных операций, а также непризнанием Западом Крыма и Севастополя в качестве неотъемлемой части России.

В дальнейшем при налаживании погранично-таможенных процедур в отношении судоремонта и судостроения и с учетом «оттепели» в геополитике возможен незначительный приток иностранных заказчиков и инвестиций.

Приток по определению не сможет стать большим в связи с большой конкуренцией со стороны Турции, Румынии, Болгарии и азово-черноморских заводов Украины.

Основное конкурентное преимущество Турции — это географическое расположение ее верфей в районах Тузла и Ялова, непосредственно примыкающих к проливу Босфор — месту пересечения всех путей, ведущих в Азово-Черноморский регион и из Черного моря [9].

Кроме того, по словам судовладельцев, в Турции и Европе таможенное и пограничное оформление судов в ремонт в среднем занимает 1 ч и не сопровождается вымогательством взяток и предвзятым отношением к экипажу.

С переходом Крыма и Севастополя под юрисдикцию Российской Федерации снялась и эта проблема, теперь суда под российским флагом ремонтируются без таможенного и пограничного контроля, что существенно облегчает организацию ремонта судна и незначительно удешевляет его стоимость.

В связи с тем, что планируется повышение уровня жизни населения Крыма и Севастополя, судоремонтно-судостроительным предприятиям придется повышать уровень зарплат их работникам, что в конечном итоге скажется на повышении стоимости услуг для судовладельцев.

Что же касается внутренней конкуренции, то будет продолжаться конкуренция керченских и севастопольских профильных предприятий за существующие и перспективные рынки сбыта.

Керчь обладает более выгодным географическим положением для коммерческого судоремонта, чем Севастополь, что должно предопределить ее большее развитие в этой области.

Основные компании-операторы и владельцы судов Азово-Черноморского региона находятся в Ростове-на-Дону и Новороссийске [7; 8], а практически все российские судоходные линии сходятся в районе Керченского пролива [9].

Севастополь в свою очередь имеет больше привилегий для военных заказов, так как город является главной базой Черноморского флота.

Судостроение в Крыму и Севастополе в ближайшей перспективе то же будет ориентироваться на Россию, во-первых, потому что Запад не признал присоединение Крыма и соответственно западные и сочувствующие им судовладельцы не будут рисковать, во-вторых, потому что цены на судоремонт и судостроение в Болгарии, Румынии и Турции не выше крымских, в третьих, потому что вблизи Крыма сейчас мало линий европейских судов, а в-четвертых, потому что в Российской Федерации существуют существенные налоговые льготы для судовладельцев, купивших новые суда, построенные в Российской Федерации после 1 января 2010 г. и зарегистрированных в Российском международном реестре судов [6].

Российским государственным заказчикам выгодно размещать судостроительные заказы в Крыму и в связи с тем, что здесь можно добиться экономии постоянных и переменных затрат на производство по сравнению с севером за счет более теплого и солнечного климата.

Если рассматривать основные риски для коммерческого судостроения и судоремонта Крыма и Севастополя, то можно выделить:

- 1) вымирание местной прослойки профессиональных судостроителей и судоремонтников;
- 2) отсутствие широкого международного признания Крыма и Севастополя в составе Российской Федерации;

3) 90 %-ный износ основных производственных фондов.

До настоящего времени отсутствие развития в сфере судостроения и судоремонта в регионе и на Украине привело к тому, что профильные специальности потеряли свою привлекательность и престижность для молодежи. Профильные средние специальные учебные заведения существенно сократили набор и выпуск специалистов для судоремонтно-судостроительных предприятий, а выпускники вузов в основной своей массе работают не по специальности. В результате старое поколение ушло на пенсию или умерло, а новое в полном объеме не пришло им на замену.

Необходимо понимать, что подготовить грамотного сварщика, электрика или дизелиста невозможно за 1–2 года, грамотного бригадира, мастера — за 3–4 года, начальника участка или цеха, главного строителя судоремонтно-судостроительных заказов — за 5–10 лет, а начальника производства — за 10–15 лет.

В связи с этим в настоящее время сложился определенный вакуум в рабочей силе и управленцах среднего и высшего производственного звена.

Лучшие спецы уходят на предприятия ОПК, где есть социальные пакеты и стабильно высокие зарплаты по сравнению с коммерческими предприятиями, которые не могут себе этого позволить в связи с недостаточной загрузкой производств заказами.

Можно предположить, что с существенным увеличением объема заказов для предприятий севастопольского и крымского кластеров встанет вопрос о том, что их некому будет выполнять. В этом случае встанет вопрос привлечения специалистов из других стран, но это может оказаться непосильной ношей для судоремонтников в связи со сложностями в оформлении на работу иностранных граждан в России [10].

При наличии рабочих и менеджеров еще одной проблемой станет 90 %-ный износ всех основных производственных фондов верфей, а именно: доков, кранового оборудования и причальных стенок в Севастополе и Керчи. За 23 года независимости Украины никто по-настоящему не вкладывался в ремонт или модернизацию судоремонтно-судостроительных мощностей. Из техники, доставшейся в наследство от СССР, выжимался последний запас прочности.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что основные перспективы развития предприятий судоремонтно-судостроительного кластера г. Севастополя и Республики Крым заключаются в поиске новых заказчиков на территории России и удержании тех российских судовладельцев, которые имеют положительный опыт ремонта своих судов на территории региона.

Одновременно с этим перспективным направлением в выборе развития предприятий необходимо считать ориентацию на получение военных судоремонтно-судостроительных заказов Министерства обороны России.

Тем предприятиям, которые после окончания переходного периода [1] планируют развивать свой бизнес в Севастополе и Крыму, рекомендуется обратить особое внимание на подготовку молодых специалистов и передачу опыта от уходящих на пенсию профессионалов.

Предприятиям, которые обладают доками, крановым оборудованием и причальными стенками, необходимо обратить пристальное внимание на их техническое состояние и своевременно произвести их ремонт или модернизацию.

Список литературы

1. О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов Республики Крым и города федерального значения Севастополя: федеральный конституционный закон Рос. Федерации от 21 марта 2014 г. № 6-ФКЗ: принят Государственной Думой 20 марта 2014 г., одобрен Советом Федерации 21 марта 2014 г. — М.: Рос. газета, 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.rg.ru/2014/03/22/krym-dok.html> — Загл. с экрана.

2. Рособоронзаказ. Официальное представительство в сети // Федеральная служба по оборонному заказу. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://рособоронзаказ.рф/> — Загл. с экрана.

3. ИТАР-ТАСС. Черноморский флот получит 30 боевых кораблей и вспомогательных судов в ближайшие шесть лет // Информационное телеграфное агентство России. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://itar-tass.com/politika/1183288> — Загл. с экрана. (дата обращения: 14.05.2014).

4. ИТАР-ТАСС. Шойгу: на развитие Черноморского флота РФ до 2020 года выделят более 86 млрд руб. // Информационное телеграфное агентство России. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://itar-tass.com/politika/1168496> — Загл. с экрана. (дата обращения: 16.05.2014).

5. Программа «Создание системы базирования Черноморского флота на территории Российской Федерации в 2004–2020 годы» // Федеральные целевые программы и межгосударственные целевые программы, в осуществлении которых участвует Российская Федерация. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://рособоронзаказ.рф/> — Загл. с экрана (дата обращения: 16.05.2014).

6. НК РФ (часть вторая): Принят Государственной Думой 19 июля 2000 г., одобрен Советом Федерации 26 июля 2000 г. — Ст. 251 НК РФ от 5 августа 2000 г. № 117-ФЗ (в ред. от 05.05.2014) [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162660/ — Загл. с экрана (дата обращения: 17.05.2014).

7. РМРС. Официальное представительство в Сети // Российский морской регистр судоходства. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.rs-class.org/ru/> — Загл. с экрана.

8. РРР. Официальное представительство в сети // Российский речной регистр. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.rivreg.ru/> — Загл. с экрана.

9. Marine Traffic. Официальное представительство в Сети // Marine Traffic. — 2014 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.marinetraffic.com/ru/ais/home/?lang=ru> — Загл. с экрана (дата обращения: 19.05.2014).

10. О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации: федеральный закон Рос. Федерации от 25 июля 2002 г. № 115-ФЗ: принят Государственной Думой 21 июня 2002 г., одобрен Советом Федерации 10 июля 2002 г. — М.: Рос. газета, 2002 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.rg.ru/2002/07/31/inostr-dok.html> — Загл. с экрана.

УДК 519.63:539.384:629.12

С. О. Барышников,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

М. В. Сухотерин,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Д. А. Аксенов,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ПАНЕЛЕЙ ОБШИВКИ СУДНА ПРИ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ НАГРУЗКЕ

DETERMINATION OF THE RESONANT FREQUENCIES OF OSCILLATIONS PANELS OF THE SHIP WHEN PULSATING LOADS

Задача о вынужденных колебаниях защемленной по контуру прямоугольной пластины решена методом бесконечной суперпозиции двух видов исправляющих функций, в качестве которых используются гипербола-тригонометрические ряды по двум координатам. Относительная частота вынужденных колебаний при численной реализации менялась в широких пределах. Найдено несколько первых интервалов установившихся колебаний, а также резонансных интервалов и резонансных частот.

The problem of forced oscillations rectangular clamped plate solve method infinite superposition of two types of corrective functions, which are used hyperbolic-trigonometric series by two coordinates. The relative frequency of forced oscillations in numerical implementation varied widely. Found the first few intervals stationary oscillations and resonance intervals and resonance frequencies.

Ключевые слова: вынужденные колебания, резонансные частоты, прямоугольная пластина, защемленная по контуру, метод суперпозиции.

Key words: forced oscillations, resonance frequency, rectangular clamped plate, the method of superposition.

1. Введение. Важной составляющей расчетов на прочность обшивки судна является определение собственных и резонансных частот колебаний ее отдельных панелей для предотвращения их разрушения. Вынужденные колебания (вибрации) могут быть вызваны работой двигателя или других силовых агрегатов. Эта задача для защемленной по контуру панели не имеет точного решения в замкнутой форме; сложность состоит в удовлетворении всем граничным и начальным условиям. Целью настоящей работы является построение численно-аналитического решения и получение достоверных численных результатов.

2. Постановка задачи. Рассматривается прямоугольный плоский элемент обшивки (пластина), заключенный между основным силовым набором с размерами в плане $a \times b$. Начало прямоугольной системы координат поместим в его центре; оси направим параллельно сторонам пластины. Будем считать, что края пластины жестко заделаны.

Уравнение вынужденных колебаний панели обшивки имеет вид [1]:

$$\nabla^2 \nabla^2 W + \eta^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = q(x, y, t) \frac{b^4}{D}, \quad (1)$$

где ∇^2 — двумерный оператор Лапласа; W — прогиб срединной поверхности пластины; $\eta^2 = \rho h b^4 / D$; ρ — плотность материала; h — толщина пластины; t — время; D — цилиндрическая жесткость; $q(x, y, t)$ — переменная поперечная нагрузка; $x = X/b$, $y = Y/b$ — безразмерные координаты точек срединной поверхности пластины.

Относительные размеры пластины теперь будут $\gamma \times 1$, где $\gamma = a/b$. Запишем граничные условия на защемленных кромках:

$$W = 0, \quad \partial W / \partial x = 0 \quad \text{при } x = \pm \gamma / 2, \quad (2)$$

$$W = 0, \quad \partial W / \partial y = 0 \quad \text{при } y = \pm 1 / 2. \quad (3)$$

Пусть заданы начальные условия:

$$W|_{t=0} = W_0(x, y), \quad \partial W / \partial t|_{t=0} = V_0(x, y), \quad (4)$$

где W_0 — начальные прогибы точек срединной поверхности пластины; V_0 — их начальные скорости в перпендикулярном направлении.

Задача ставится так: определить прогибы $W(x, y, t)$ пластины в любой момент времени, удовлетворяющие дифференциальному уравнению изгиба (1), а также граничным (2), (3) и начальным условиям (4).

Более подробно остановимся на следующем виде пульсирующей нагрузки:

$$q(x, y, t) = q_0 \sin Pt, \quad (5)$$

где q_0 — равномерная нагрузка; P — частота вынужденных колебаний.

Общее решение уравнения (1) складывается из общего решения W_{00} соответствующего однородного уравнения $\nabla^2 \nabla^2 W + \eta^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = 0$ (собственные колебания) и частного решения $W_{\text{ч}}$, которое и называют обычно вынужденными колебаниями.

Собственные колебания защемленной по контуру прямоугольной пластины подробно рассмотрены в работе [2, с. 94–103], поэтому мы займемся определением вынужденных колебаний, то есть частным решением уравнения (1).

2. Нахождение частного решения. Частное решение уравнения (1) разыскиваем в виде

$$W_{\text{ч}}(x, y, t) = \tilde{W}(x, y) \sin Pt. \quad (6)$$

Подставляя (6) в уравнение (1), получим неоднородное дифференциальное уравнение относительно неизвестной функции координат $\tilde{W}(x, y)$:

$$\nabla^2 \nabla^2 w(x, y) - \omega^2 w(x, y) = 1, \quad (7)$$

где введен относительный прогиб и относительная частота:

$$w(x, y) = \tilde{W}(x, y) D / q_0 b^4, \quad \omega = P \eta. \quad (8)$$

Разложим правую часть уравнения (7) в двойной ряд Фурье:

$$\nabla^2 \nabla^2 w - \omega^2 w = \frac{16}{\gamma} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} (-1)^{\tilde{s}} \frac{\cos \mu_s x \cos \lambda_k y}{\mu_s \lambda_k}. \quad (9)$$

где $\mu_s = s\pi / \gamma$, $\lambda_k = k\pi$, $\tilde{k} = (k+1) / 2$, $\tilde{s} = (s+1) / 2$.

В свою очередь, частное решение уравнения (7) (начальный компонент функции w), удовлетворяющее условиям отсутствия прогибов защемленных граней, выберем в виде

$$w_0(x, y) = \frac{16}{\gamma} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\tilde{k}} (-1)^{\tilde{s}} \cos \mu_s x \cos \lambda_k y}{\lambda_k \mu_s [(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2]}, \quad (10)$$

Функция (10) нарушает условия отсутствия углов поворота заделанных сечений (вторые условия (2), (3)), то есть порождает невязки:

$$\frac{\partial w_0}{\partial x} \Big|_{x=\frac{\gamma}{2}} = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} \alpha_{k0} \cos \lambda_k y, \quad \frac{\partial w_0}{\partial y} \Big|_{y=\frac{1}{2}} = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \alpha_{s0}^* \cos \mu_s x, \quad (11)$$

где

$$\alpha_{k0} = \frac{16}{\gamma \lambda_k} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2}, \quad \alpha_{s0}^* = \frac{16}{\gamma \mu_s} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2}. \quad (12)$$

Заметим, что на противоположных гранях выражения (11) поменяют знак.

Чтобы устранить эти невязки, поступим следующим образом [3]. Добавим к начальному решению w_0 исправляющую функцию первого вида:

$$w_1(x, y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} (A_k \operatorname{ch} \beta_k x + B_k \operatorname{ch} \varphi_k x) \cos \lambda_k y, \quad (13)$$

где A_k, B_k — неопределенные коэффициенты. Потребуем, чтобы эта функция удовлетворяла соответствующему однородному дифференциальному уравнению задачи (когда правая часть в (7) равна нулю). Тогда получим

$$\beta_k = \sqrt{\lambda_k^2 + \omega}, \quad \varphi_k = \sqrt{\lambda_k^2 - \omega}. \quad (14)$$

Коэффициенты A_k и B_k должны быть такими, чтобы функция (13) удовлетворяла граничным условиям при $x = \pm 1/2$, то есть компенсировала бы первую невязку (11). (Второй невязкой (11) мы займемся позже.) Это дает систему двух уравнений, из которой находим указанные коэффициенты:

$$A_k = \frac{-\alpha_{k0}}{\operatorname{ch} \frac{\beta_k \gamma}{2} \left(\beta_k \operatorname{th} \frac{\beta_k \gamma}{2} - \varphi_k \operatorname{th} \frac{\varphi_k \gamma}{2} \right)}, \quad B_k = -A_k \operatorname{ch} \frac{\beta_k \gamma}{2} / \operatorname{ch} \frac{\varphi_k \gamma}{2}. \quad (15)$$

Функция (13) на гранях $y = \pm 1/2$ не дает прогибов, но порождает здесь угловые деформации, подобные второй невязке (11):

$$\frac{\partial w_1}{\partial y} \Big|_{y=\frac{1}{2}} = - \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \lambda_k (A_k \operatorname{ch} \beta_k x + B_k \operatorname{ch} \varphi_k x). \quad (16)$$

Разложим гиперболические косинусы в ряды Фурье:

$$\operatorname{ch} \beta_k x = -\frac{4}{\gamma} \operatorname{ch} \frac{\beta_k \gamma}{2} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \frac{\mu_s \cos \mu_s x}{\beta_k^2 + \mu_s^2}, \quad \operatorname{ch} \varphi_k x = -\frac{4}{\gamma} \operatorname{ch} \frac{\varphi_k \gamma}{2} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \frac{\mu_s \cos \mu_s x}{\varphi_k^2 + \mu_s^2}.$$

Подставим эти разложения, а также коэффициенты A_k, B_k в (16) и после перестановки знаков суммирования получим

$$\frac{\partial w_1}{\partial y} \Big|_{y=\frac{1}{2}} = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \alpha_{s1}^* \cos \mu_s x, \quad (17)$$

где

$$\alpha_{s1}^* = \frac{8\omega}{\gamma} \mu_s \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\lambda_k \alpha_{k0}}{\vartheta_k \left[(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]}. \quad (18)$$

Здесь в свою очередь

$$\vartheta_k = \beta_k \operatorname{th}(\beta_k \gamma / 2) - \varphi_k \operatorname{th}(\varphi_k \gamma / 2).$$

Сложим теперь вторую невязку (11) и невязку (17):

$$\frac{\partial(w_0 + w_1)}{\partial y} \Big|_{y=\frac{1}{2}} = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} \alpha_{s1}^* \cos \mu_s x. \quad (19)$$

Здесь $\alpha_{s1}^* = \alpha_{s0}^* + \alpha_{s1}^*$.

Чтобы устранить невязку (19), добавим к решению исправляющую функцию второго вида:

$$w_2(x, y) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} (C_s \operatorname{ch} \xi_s y + D_s \operatorname{ch} \eta_s y) \cos \mu_s x, \quad (20)$$

где C_s, D_s подлежат определению. Здесь по аналогии с (14):

$$\xi_s = \sqrt{\mu_s^2 + \omega}, \quad \eta_s = \sqrt{\mu_s^2 - \omega}. \quad (21)$$

Потребуем, чтобы функция (20) удовлетворяла условиям на грани $y = \pm 1/2$, компенсируя при этом невязки (19); тогда из системы двух уравнений найдем коэффициенты C_s, D_s :

$$C_s = \frac{-\alpha_{s1}^*}{\operatorname{ch} \frac{\xi_s}{2} \left(\xi_s \operatorname{th} \frac{\xi_s}{2} - \eta_s \operatorname{th} \frac{\eta_s}{2} \right)}, \quad D_s = -C_s \operatorname{ch} \frac{\xi_s}{2} / \operatorname{ch} \frac{\eta_s}{2}. \quad (22)$$

Функция (20) дает отличные от нуля углы поворота граней $x = \pm \gamma/2$:

$$\frac{\partial w_2}{\partial x} \Big|_{x=\gamma/2} = - \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \mu_s (C_s \operatorname{ch} \xi_s y + D_s \operatorname{ch} \eta_s y). \quad (23)$$

Подставим сюда найденные коэффициенты C_s, D_s , разложим гиперболические функции в ряд Фурье:

$$\operatorname{ch} \xi_s y = -4 \operatorname{ch} \frac{\xi_s}{2} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^k \frac{\lambda_k \cos \lambda_k y}{\xi_s^2 + \lambda_k^2}, \quad \operatorname{ch} \eta_s y = -4 \operatorname{ch} \frac{\eta_s}{2} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^k \frac{\lambda_k \cos \lambda_k y}{\eta_s^2 + \lambda_k^2}$$

и переставим знаки суммирования. Получим

$$\frac{\partial w_2}{\partial x} \Big|_{x=\gamma/2} = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^k \alpha_{k1} \cos \lambda_k y, \quad (24)$$

где

$$\alpha_{k1} = 8\omega \lambda_k \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s \alpha_{s1}^*}{\delta_s \left[(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]}. \quad (25)$$

Здесь в свою очередь

$$\delta_s = \xi_s \operatorname{th}(\xi_s / 2) - \eta_s \operatorname{th}(\eta_s / 2).$$

Для исправления невязки (24) вновь привлекается функция вида (13), но с другими коэффициентами A_{k1}, B_{k1} , а невязка от нее исправляется функцией вида (20) с новыми коэффициентами C_{s2}, D_{s2} .

И далее итерационный процесс суперпозиции исправляющих функций двух указанных видов повторяется. Для установившихся колебаний он должен быть сходящимся, то есть углы поворота заделанных сечений должны с ростом числа итераций n стремиться к нулю, а амплитуда — к некоторому конечному значению. Процесс можно прекратить при достижении заданной точности.

Искомая координатная функция прогибов запишется в виде

$$w(x, y) = w_0(x, y) + \sum_{n=1,2,\dots} w_n(x, y) + w_{2n}(x, y). \quad (26)$$

По данному алгоритму в системе аналитических вычислений Maple была составлена программа вычисления функции $w(x, y)$ и построения ее графика, то есть формы изогнутой поверхности пластины для различных значений параметра ω — относительной частоты вынужденных колебаний.

Используя начальные условия для суммы решений однородной задачи свободных колебаний [2] и найденного частного решения, можно полностью решить исходную задачу о вынужденных колебаниях пластины, защемленной по всему контуру, то есть найти функцию $W(x, y, t)$, удовлетворяющую заданным граничным и начальным условиям.

3. Анализ сходимости итерационного процесса.

Условие сходимости итерационного процесса к точному решению задачи можно записать так:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (\alpha_{sn}^*, \alpha_{kn}) = 0. \quad (27)$$

где $\alpha_{sn}^*, \alpha_{kn}$ — формулы, аналогичные (18) и (25), в которых индексы 1 и 0 заменены на n и $n - 1$.

Подставим α_{sn}^* (18) в (25), получим

$$\alpha_{kn} = \frac{64\omega^2}{\gamma} \lambda_k \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s^2}{\left[(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\lambda_k}{\left[(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]} \cdot \alpha_{k,n-1}, \quad (28)$$

то есть коэффициенты α_{kn} линейно зависят от коэффициентов $\alpha_{k,n-1}$ предыдущей итерации.

Выражение (28) представляет собой однородную бесконечную систему линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов α_{kn} .

Анализ показывает, что коэффициенты (12) имеют порядок $\alpha_{k0} = O(1/k^4)$, $\alpha_{s0}^* = O(1/s^4)$. Коэффициенты (18) $a_{s1}^* = O(1/s^3)$, коэффициенты (25) $a_{k1} = O(\ln k/k^3)$. Последующие коэффициенты при $n > 1$ имеют порядок $a_{sn}^* = O(\ln s/s^3)$, $a_{kn} = O(\ln k/k^3)$. Поэтому можно записать $\alpha_{kn} = \varepsilon_{kn} / \lambda_k^2$, где ε_{kn} — некоторая бесконечно малая величина при $k \rightarrow \infty$. С учетом этого после некоторых преобразований система (28) примет вид

$$\varepsilon_{kn} = \frac{64\omega^2 \lambda_k^3}{\gamma} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s^2}{\left[(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \frac{1}{\lambda_m \vartheta_m \left[(\lambda_m^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]} \varepsilon_{m,n-1}. \quad (29)$$

Здесь, чтобы не путать индексы, внутренний индекс k заменен на m .

Для регулярности системы (29) должно выполняться $|r_k| < 1$, где

$$r_k = \frac{64\omega^2 \lambda_k^3}{\gamma} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s^3 \eta_s}{\left[(\lambda_k^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\tau_m}{\left[(\lambda_m^2 + \mu_s^2)^2 - \omega^2 \right]}. \quad (30)$$

Это означает, что коэффициенты ε_{kn} с ростом числа итераций будут стремиться к нулю и процесс будет сходящимся.

В последующих компьютерных вычислениях этот критерий контролировался, позволяя находить как интервалы сходимости процесса, так и расходимости в зависимости от частоты ω .

4. Численные результаты. Резонансные частоты. Наибольший интерес представляет определение спектра резонансных частот внешней нагрузки, при которых амплитуда колебаний пластины будет резко расти, приводя к разрушению элемента, а возможно, и всей конструкции. Это приводит к необходимости находить диапазоны частот, где процесс будет расходящимся. Вычисления ограничились квадратной пластиной, хотя программа позволяет рассчитывать пластины с любым отношением сторон и толщиной.

Количество членов в рядах принималось равным 199, число итераций — 20. Дальнейшее увеличение этих значений практически не влияло на точность вычислений.

Относительная частота ω менялась в широких пределах. В интервале $0 < \omega < 2\pi^2 \approx 19,739$ итерационный процесс был сходящимся. На рис. 1 приведена форма вынужденных установившихся колебаний при частоте $\omega = 10$.

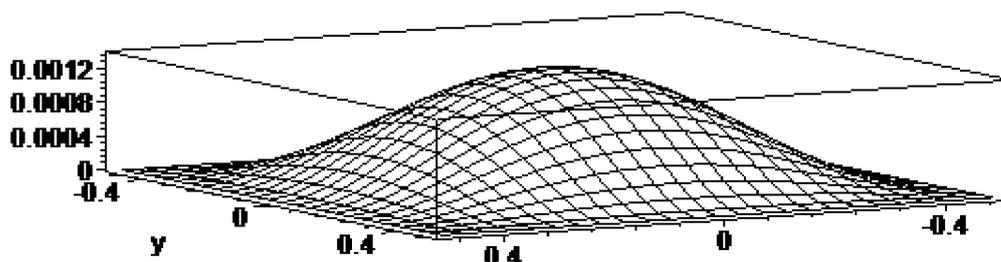


Рис. 1. Форма вынужденных колебаний квадратной пластины при $\omega = 10$

При уменьшении частоты форма пластины сохранялась, максимальная амплитуда уменьшалась; ее значение при $\omega = 0$ (предельный случай отсутствия колебаний) совпало с наибольшим прогибом 0,001265 [3; 4] пластины (в ее центре), нагруженной статической нагрузкой q_0 . При увеличении частоты амплитуда увеличивалась и при $\omega = 19,7$ она составила $w_0 = 0,0032845$.

В интервале $19,739 < \omega < 35,9852$ процесс расходился. Вблизи границ интервала амплитуда росла достаточно медленно с ростом числа итераций. Ближе к середине этот рост ускорялся, а при значении $\omega = 28,951$ амплитуда резко ушла в $+\infty$, а затем мгновенно изменила знак на $-\infty$. Это значение и следует принять за резонансное значение как наиболее опасное.

Таким образом, теоретически явление резонанса может наступить в достаточно широком диапазоне частот $19,739 < \omega < 35,9852$, однако вблизи крайних значений оно маловероятно из-за наличия сил сопротивления (хотя бы внутреннего трения), причем нарастание амплитуды происходит медленно. Верхнее крайнее значение резонансного интервала $35,9852$ в точности совпадает с основной частотой свободных колебаний, полученной в работе [2].

Итак, в качестве первой (основной) резонансной частоты следует принять частоту $\omega_{1рез.} = 28,951$. Это значение меньше основной частоты свободных колебаний и составляет от нее $0,804$. Для проверки значение $28,951$ подставлялось вместо частоты Ω в программу вычисления амплитуды свободных колебаний [2]. Эта амплитуда также имела бесконечный разрыв, что говорит в пользу сделанного вывода о том, что для заземленной пластины резонансная частота вынужденных колебаний меньше частоты свободных колебаний. Строгое совпадение частоты вынужденных и колебаний вызывает резонанс лишь в простейших случаях, например для пластины, свободно опертой по всему контуру и т. п.

На интервале $35,9852 < \omega < 10\pi^2 \approx 98,696$ итерационный процесс вновь был сходящимся. Вынужденные колебания имеют здесь установившийся характер. Форма колебаний аналогична форме, представленной на рис. 1.

Следующее найденное резонансное значение $\omega_{2рез.} = 102,216$. Оно меньше второй частоты свободных колебаний для симметричного решения $132,208$.

Соответствующий резонансный интервал $98,696 < \omega < 106,8$. Далее опять идет интервал установившегося процесса вынужденных колебаний $106,8 < \omega < 125,5$.

На рис. 2 представлена форма установившихся вынужденных колебаний при частоте $\omega = 120$.

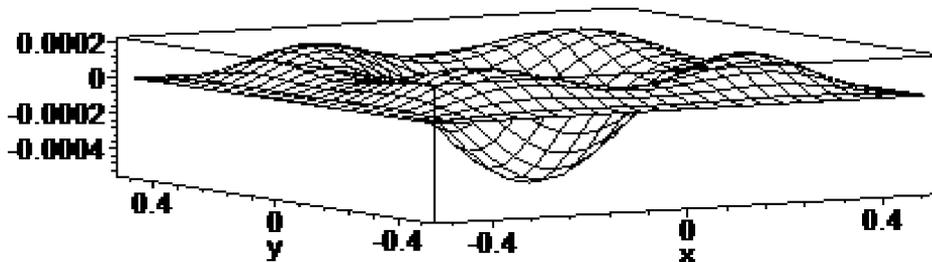


Рис. 2. Форма вынужденных колебаний квадратной пластины при $\omega = 120$, $w_0(0, 0) = -0,00053819$

Следующий резонансный интервал $125,5 < \omega < 132,208$. Аналогично была найдена и третья резонансная частота $\omega_{3рез.} = 129,095$.

Итак, первые три резонансные частоты для данной пульсирующей нагрузки: $28,951$; $102,216$; $129,095$. При необходимости исследования можно продолжить для более высоких значений частот.

Если стационарная составляющая q_0 внешней нагрузки является произвольной функцией координат, то ее всегда можно представить в виде суммы, симметричной по обеим осям части, антисимметричной и их комбинаций. Для оставшихся случаев нетрудно построить соответствующие решения и найти резонансные частоты.

5. Выводы. Полученные результаты могут быть использованы в конструкторских организациях для расчета на прочность обшивки судна, днищевых пластин, переборок, палубного настила и т. п. при вынужденных колебаниях, вызванных работой силовых агрегатов и внешних воздействий. Выявленный спектр резонансных частот колебаний позволит избежать катастрофического разрушения конструкции.

Список литературы

1. Лехницкий С. Г. Анизотропные пластинки / С. Г. Лехницкий. — М.; Л.: ОГИЗ, ГИТТЛ, 1947. — 355 с.
2. Барышников С. О. Вычисление частот и форм собственных колебаний панелей обшивки судна / С. О. Барышников, М. В. Сухотерин // Вестник ГУМРФ. — 2012. — Вып. 3 (15).
3. Сухотерин М. В. Метод суперпозиции исправляющих функций в задачах теории пластин / М. В. Сухотерин. — СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2009. — 265 с.
4. Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. — Физматгиз, 1963. — 635 с.

УДК 621.825

Б. Д. Кукаленко,
д-р техн. наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет;

С. Г. Чулкин,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК БАЛЛОНОВ С РАДИАЛЬНЫМ КАРКАСОМ ШИННО-ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МУФТ

CALCULATION OF STATIC LOADINGS OF BALLOONS WITH A RADIAL SKELETON OF BUS-PNEUMATIC MUFF

Рассмотрен расчет на прочность и крутильную податливость баллонов с радиальным каркасом шинно-пневматических муфт. Получены зависимости для определения линейных напряжений от действия внутреннего давления сжатого воздуха и приложенного вращающего момента при расчете по ним усилий в нитях каркаса и прочности резино-кордных баллонов. Предложенные выражения для расчета статических нагрузок баллонов с радиальным каркасом могут быть использованы при модернизации и разработке новой методики расчета шинно-пневматических муфт.

Calculation on durability and rotating pliability of balloons with a radial skeleton of bus-pneumatic muffs is considered. Dependences for definition of linear pressure from action of internal pressure of compressed air and the enclosed rotating moment are received at calculation on them of efforts in strings of a skeleton and durability of rubber-cord balloons. The given expressions for calculation of static loadings of balloons with a radial skeleton can be used at modernization existing and development of a new design procedure of bus-pneumatic muffs.

Ключевые слова: шинно-пневматическая муфта, статическая нагрузка, резино-кордный баллон, радиальный каркас.

Key words: bus-pneumatic muffs, static loading, rubber-cord balloon, radial skeleton.



ШИННО-ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ муфты (ШПМ) благодаря конструктивной простоте, надежности в работе и удобству эксплуатации широко применяются в машиностроении, особенно в приводах нефте и газобуровых, а также судовых установок, землеройных машинах, кузнечно-прессовом оборудовании, конвейерах, станках для сборки покрышек и др. Они предназначены для соединения и разобщения, а также торможения вала отбора мощности двигателя с валом потребителя мощности, передающих вращающий момент. В качестве основного не-

сущего элемента в ШПМ устанавливают резино-кордные баллоны (РКБ) с диагональной конструкцией каркаса.

Для расчета РКБ с диагональным каркасом и рассматриваемого как тонкостенная гибкая торообразная оболочка, нагруженная одновременно внутренним давлением сжатого воздуха, подаваемого в камеру, и вращающим моментом, с принятием ряда допущений применена теория пневматических шин [1].

Поскольку у РКБ с диагональным каркасом и углом между нитями и радиальной плоскостью, равному $\sim 42^\circ\text{C}$, под действием вращающего момента происходит сжатие нитей в половине числа слоев каркаса, что, в свою очередь, приводит к снижению прочности и долговечности баллона, увеличению его габаритов и веса.

Существует также конструкция РКБ с радиальным каркасом, в которой, вследствие малости угла между нитями и радиальной плоскостью сечения баллона (от $\sim 10^\circ$ до 0°), сжатия нитей под действием вращающего момента не происходит, так как нити соседних слоев при деформации баллона будут поворачиваться относительно начального положения приблизительно на один и тот же угол. Это позволяет улучшить эксплуатационные характеристики РКБ и снизить материалоемкость при их изготовлении.

В основу расчетов РКБ с каркасом радиальной конструкции на прочность и крутильную податливость может быть положен, так же как и в РКБ с диагональным каркасом, ряд следующих допущений:

- нити корда нерастяжимы;
- напряжения в резине пренебрежимо малы;
- угол между нитями и радиальной плоскостью сечения зависит от величины вращающего момента;
- действие центробежных сил на боковине баллона на прочность и равновесную форму каркаса не учитывается;
- каркас баллона считается бесконечно тонкой гибкой оболочкой, совпадающей со срединной поверхностью каркаса;
- вся нагрузка на боковых свободных участках воспринимается в основном кордным каркасом;
- расположение нитей относительно друг друга, а также относительно меридиальной плоскости, проходящей через ось вращения, при работе баллона не изменяется и соответствует первоначальному состоянию;
- в кордном каркасе и в нитях корда действуют только растягивающие усилия от внутреннего давления сжатого воздуха и приложенного вращающего момента;
- крутильная податливость каркаса определяет податливость всего баллона.

Расчет прочности РКБ с радиальным каркасом заключается в определении линейных напряжений, возникающих от действия внутреннего давления сжатого воздуха и приложенного вращающего момента, и вычислении по этим напряжениям величины сил, растягивающих нити корда каркаса.

Для уточнения нагрузочной способности каркаса РКБ следует рассмотреть нити кордного каркаса путем учета изменения геометрии от закручивания, передаваемого вращающим моментом, и условий совместности деформаций нитей.

С учетом малости напряжений в нитях возникают определенные зависимости между усилиями в них и интенсивностями сил по отношению к единице длины сечения РКБ.

На рис. 1 представлена схема интенсивности сил, приложенных к бесконечно малому элементу каркаса РКБ, нагруженному внутренним давлением сжатого воздуха и вращающим моментом. Элемент каркаса имеет форму квадрата со сторонами, равными единице, с нанесением действующих сил и ориентированный относительно меридиональной плоскости, проходящей через ось вращения.

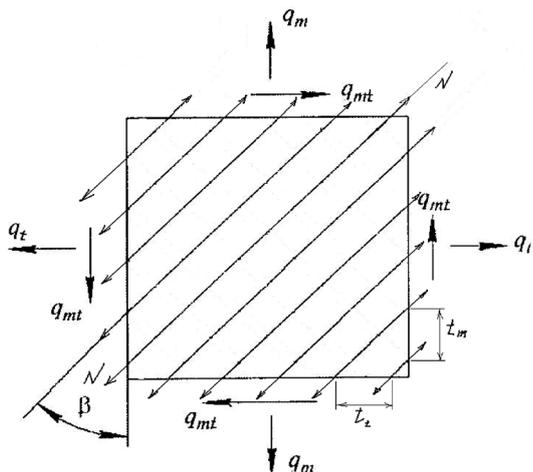


Рис. 1. Схема интенсивности сил, приложенных к бесконечно малому элементу радиального каркаса РКБ

t_m , мм — шаг между нитями в меридиальном направлении;

t_r , мм — шаг между нитями в окружном направлении.

Из рис. 1 видно, что

$$\frac{t_r}{t_m} = \operatorname{tg}\beta. \quad (1)$$

Поскольку при конфекционной сборке РКБ угол $\beta_{сб}$ между нитями и меридианом равен нулю (0°), то число нитей в одном слое каркаса будет

$$Y_1 = 2\pi r_{сб} i_{сб}, \quad (2)$$

где обозначены соответственно:

$i_{сб}$, $\frac{\text{Н}}{\text{нить}}$ — частота нитей в слое каркаса при сборке РКБ;

$r_{сб}$, м — радиус вращения в слое (браслете) при технологической (конфекционной) сборке РКБ.

При ручной сборке и механической сборке РКБ на полуавтоматических станках [2] должно быть обеспечено соотношение

$$r_{сб} = \frac{l_{сб}}{\pi}, \quad (3)$$

где $l_{сб}$, м — длина слоя кордного каркаса, накладываемого на резиновую камеру.

Из условия (2) частота нитей в окружном направлении, соответствующая радиусу вращения r оболочки каркаса РКБ, будет

$$i_t = \frac{Y_1}{2\pi r} = i_{сб} \cdot \frac{r_{сб}}{r}. \quad (4)$$

Поскольку

$$i_t = \frac{1}{t_t} \quad \text{и} \quad i_m = \frac{1}{t_m},$$

тогда из выражения (1) следует

$$\frac{i_m}{i_t} = \operatorname{tg}\beta, \quad (5)$$

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

N , $\frac{\text{Н}}{\text{нить}}$ — усилие в нити (нагрузка, действующая на нить);

β , град — угол между меридианом и направлением нити;

q_m , $\frac{\text{Н}}{\text{М}}$ — единичная нормальная меридиальная нагрузка (погонное меридиальное усилие);

q_t , $\frac{\text{Н}}{\text{М}}$ — единичная нормальная окружная нагрузка (погонное окружное усилие);

q_{mm} , $\frac{\text{Н}}{\text{М}}$ — единичная касательная нагрузка в меридиальном направлении (погонное меридиальное сдвиговое усилие);

q_{mr} , $\frac{\text{Н}}{\text{М}}$ — единичная касательная нагрузка в окружном направлении (погонное окружное сдвиговое усилие);

а из выражений (4) и (5) соответственно получаем

$$i_m = i_{сб} \frac{r_{сб}}{r} \operatorname{tg} \beta, \quad (6)$$

где i_m , $\frac{\text{нить}}{\text{м}}$ — частота нитей в меридиональном направлении.

Для многослойных конструкций РКБ на основании управлений элементарного участка с единичной длиной сторон (см. рис. 1) можно записать для единичных меридионального, окружного и сдвигового усилий соответствующие зависимости.

Единичные касательные нагрузки в меридиональном и окружном направлениях могут быть представлены как:

$$q_{mm} = i_m \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \cos \beta, \quad (7)$$

$$q_{mt} = i_t \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \cos \beta. \quad (8)$$

Представив выражения (7) и (8) в формулы (6) и (4), получим

$$q_{mm} = q_{mt} = i_{сб} \cdot \frac{r_{сб}}{r} \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \sin \beta, \quad (9)$$

где $z_{сл}$ — число слоев корда в каркасе.

Выражение (9) подтверждает правильность выбранной расчетной модели нагружения радиальной конструкции каркаса РКБ, так как соответствует правилу парности касательных напряжений.

Единичные нормальные меридиональные и окружные нагрузки соответственно могут быть представлены как:

$$q_m = i_t \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \cos \beta, \quad (10)$$

$$q_t = i_m \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \sin \beta \quad (11)$$

Подставив выражения (10) и (11) в формулы (4) и (6), получим:

$$q_m = i_{сб} \cdot \frac{r_{сб}}{r} \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \cos \beta, \quad (12)$$

$$q_t = i_{сб} \cdot \frac{r_{сб}}{r} \cdot z_{сл} \cdot N \cdot \frac{\sin^2 \beta}{\cos \beta}. \quad (13)$$

Из выражений (12) и (13) следует, что если напряжениями в резине можно пренебречь и нагрузки воспринимаются только нитями корда [3], то

$$\frac{q_t}{q_m} = \operatorname{tg}^2 \beta. \quad (14)$$

Из формулы (12) получим выражение для расчета нагрузки N , действующей на нить:

$$N = \frac{q_m \cdot r}{i_{сб} \cdot r_{сб} \cdot z_{сл} \cdot \cos \beta}. \quad (15)$$

Для вывода уравнения профиля радиального каркаса РКБ необходимо установить зависимость изменения угла β в функции от r .

Поскольку предполагается, что резина не несет нагрузки, то под действием внутреннего вращающего момента происходит поворот первоначально радиально расположенных нитей, причем каждая нить находится в плоскости сечения, параллельной оси вращения каркаса оболочки (РКБ).

На рис. 2 показана расчетная схема расположения одной из нитей радиального каркаса баллона и приняты следующие обозначения:

r_1 , м — наименьший радиус вращения каркаса;

r_2 , м — наибольший (экваториальный) радиус вращения каркаса;

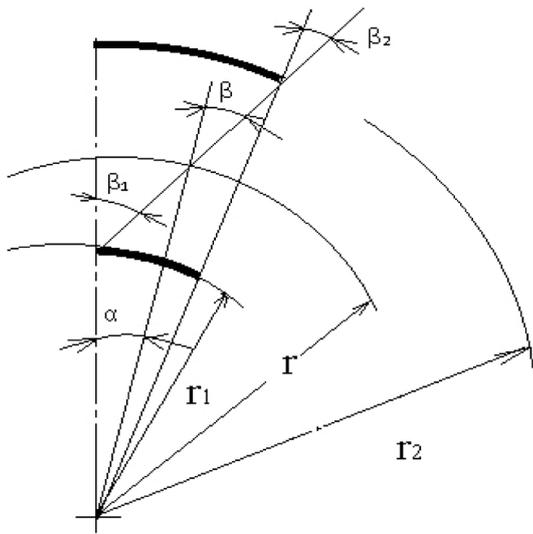


Рис. 2. Расчетная схема расположения одной нити радиального каркаса РКБ

Основные уравнения, определяющие характер нагружения (скручивания) РКБ с радиальным каркасом вращающим моментом:

$$\cos \varphi = \frac{(\lambda^2 - \lambda_0^2) \lambda \cos \beta_2}{(1 - \lambda_0^2) \sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \beta_2}}, \quad (18)$$

$$\frac{\rho_m}{r_2} = \frac{(1 - \lambda_0^2)(\lambda^2 - \sin^2 \beta_2)^{3/2}}{[2\lambda^4 - (3\lambda^2 - \lambda_0^2) \sin^2 \beta_2] \cos \beta_2}, \quad (19)$$

$$q_m = \frac{pr_2(1 - \lambda_0^2) \sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \beta_2}}{2\lambda^2 \cos \beta_2}, \quad (20)$$

где $\lambda_0 = \frac{r_0}{r_2}$, (см. ниже рис. 3).

Из выражений (15), (17) и (20), приняв $r = r_2$ и $r_{сб} = r_1$, следует

$$N = \frac{p \cdot r_2 (1 - \lambda_0^2)}{2 z_{сб} \cdot i_{сб} \cdot \lambda_1 \cdot \cos \beta_2}, \quad (21)$$

то есть нагрузка, действующая на нить радиального каркаса РКБ, постоянна по всей ее длине.

На рис. 3 представлена расчетная схема РКБ с радиальным каркасом, иллюстрирующая изменение геометрии профиля поперечного сечения каркаса баллона при включении и выключении ШПМ. Сплошной утолщенной линией показан расчетный профиль в отключенном состоянии; утолщенной штрихпунктирной линией — профиль каркаса во включенном состоянии.

Введем ряд обозначений:

0-0 — ось вращения каркаса баллона;

n-n — нормаль каркаса баллона;

φ , град — угол между нормалью и плоскостью, перпендикулярной оси вращения;

r_0 , м — радиус вращения, соответствующий $\varphi = \frac{\pi}{2}$ и максимальной ширине профиля;

ρ_m , м — меридиальный радиус кривизны каркаса;

S, мм — радиальный зазор (радиальное перемещение каркаса при включении–выключении муфты);

r , м — текущий радиус вращения каркаса;
 β_1, β_2 , град — углы между нитью и меридианом, соответствующие радиусам вращения r_1 и r_2 .

α , град — угол скручивания каркаса баллона.

Из схемы (рис. 2) согласно теории синусов следует

$$\sin \beta = \frac{r_1}{r} \cdot \sin \beta_1. \quad (16)$$

Таким образом, устанавливается зависимость

$$\sin \beta = \frac{1}{\lambda} \sin \beta_2, \quad (17)$$

где $\lambda = \frac{r}{r_2}$.

Используя теорию автомобильных пневматических шин [3], а также полученные выражения (14) и (17), можно представить соответственно основные уравнения, определяющие характер нагружения (скручивания) РКБ с радиальным каркасом вращающим моментом:

b , м — ширина цилиндрической части каркаса в выключенном положении РКБ;
 b' , м — ширина площади контакта каркаса во включенном состоянии РКБ.

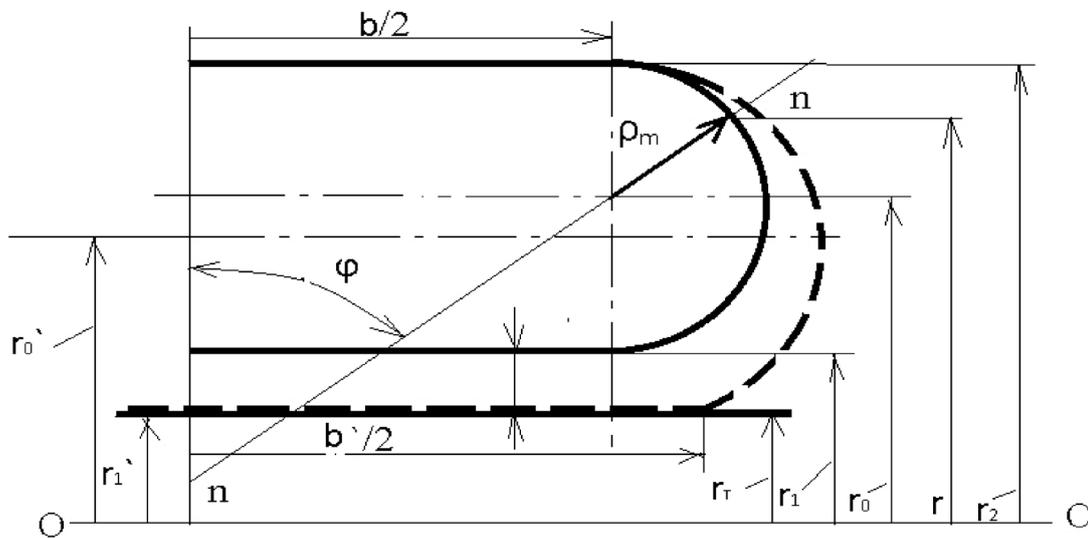


Рис. 3. Расчетная схема профиля РКБ с радиальным каркасом при включении и выключении ШПМ

Момент вращения, передаваемый муфтой, может быть представлен в виде

$$T = 4\pi \cdot r^2 \cdot q_{mr} \quad (22)$$

Подставляя в формулу (22) выражения (9), (21) и приняв $r = r_2$ и $r_{сб} = r_1$, получим

$$T = 2\pi \cdot r_2^3 \cdot P \cdot (1 - \lambda_0^2) \cdot \operatorname{tg} \beta_2. \quad (23)$$

Предельный вращающийся момент $T_{пр}$ (Н), передаваемый РКБ ШПМ и соответствующий началу проскальзывания муфты по условиям трения фрикционных колодок и барабана трения, будет [2; 4]:

$$T_{пр} = 2\pi r_{тр}^2 \cdot b_{тр} \cdot f \cdot \varphi \cdot (p - p_0 - p_{ц}), \quad (24)$$

где $r_{тр}$, м — радиус барабана на поверхности трения;

$b_{тр}$, м — ширина поверхности трения РКБ;

f — коэффициент трения фрикционной пары для баллона, снабженного фрикционными колодками, $f = 0,2 \div 0,3$; для бесколодного баллона, где фрикционной поверхностью является резиновый протектор самого РКБ, $f = 0,4$;

φ — коэффициент, учитывающий отношение площади трения и давления сжатого воздуха, подаваемого во внутреннюю камеру РКБ;

p , $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ — давление сжатого воздуха в баллоне;

p_0 , $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ — давление сжатого воздуха, расходуемое на упругую деформацию баллона для вы-

борки зазора S между фрикционными колодками и барабаном трения;

$p_{ц}$, $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ — давление сжатого воздуха, необходимое для компенсации центробежных сил от

суммарной массы, отжимаемой нижней части каркаса РКБ (внутренней камеры, каркаса и фрикционных колодок).

Приравняв выражения (23) и (24), получим

$$r_2^3 \cdot p \cdot (1 - \lambda_0^2) \cdot \operatorname{tg} \beta_2 = r_{\text{тр}}^2 \cdot b_{\text{тр}} \cdot f \cdot \varphi \cdot (p - p_0 - p_{\text{ц}}). \quad (25)$$

Правая часть выражения (25) может быть представлена в развернутом виде (см. [1, с. 127, формула (19)]).

Из выражения (18), приняв $\lambda = \lambda_1$ и $\varphi = \pi$, следует

$$\lambda_0^2 = \frac{\sqrt{\lambda_1^2 - \sin^2 \beta_2} + \lambda_1^3 \cdot \cos \beta_2}{\sqrt{\lambda_1^2 - \sin^2 \beta_2} + \lambda_1 \cdot \cos \beta_2}. \quad (26)$$

Выражение левой части формулы (25) будет

$$(1 - \lambda_0^2) \cdot \operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\lambda_1(1 - \lambda_1^2)\sqrt{1 - \cos^2 \beta_2}}{\sqrt{\lambda_1 - 1 + \cos^2 \beta_2} + \lambda_1 \cos \beta_2}. \quad (27)$$

Подставив выражение (27) в формулу (25), получим решение уравнения (25) в следующем виде:

$$\cos \beta_2 = \frac{a^2 + 1 - \lambda_1^2}{\sqrt{(a^2 + 1 - \lambda_1^2)^2 + 4a^2\lambda_1^2}}, \quad (28)$$

$$\text{где } a = \frac{r_2^3 \cdot p \cdot \lambda_1(1 - \lambda_1^2)}{r_{\text{тр}}^2 \cdot b_{\text{тр}} \cdot f \cdot \varphi(p - p_0 - p_{\text{ц}})}. \quad (29)$$

Все рассмотренные выражения позволяют рекомендовать следующий порядок расчета на прочность и крутильную податливость РКБ с радиальным каркасом, а именно:

— задать величину параметров: $r_1, r_2, r_{\text{тр}}, b_{\text{тр}}, p, p_0, p_{\text{ц}}, f, \varphi, z_{\text{сл}}, i_{\text{сб}}, N_{\text{разр}}$. Размерности величин каждого параметра в тексте ранее приведены;

— последовательно рассчитать величины:

$$\lambda_1 = \frac{r_1}{r_2}; \quad (30)$$

a — по формуле (29) или по выражению

$$a = \frac{2\pi}{T_{\text{пр}}} \cdot r_2^3 \cdot p \cdot \lambda_1 \cdot (1 - \lambda_1^2); \quad (31)$$

$\cos \beta_2$ — по формуле (28);

λ_0^2 — по формуле (26);

$T_{\text{пр}}, \text{Н} \cdot \text{м}$ — по формуле (24);

$N, \text{Н/нить}$ — по формуле (21);

$$k_{\text{зап}} = \frac{N_{\text{разр}}}{N[k]}, \quad (32)$$

где $N_{\text{разр}}, \text{Н/нить}$ — разрывная нагрузка на нить;

$[k]$ — допускаемый запас прочности каркаса на разрыв (при расчетах на проектирование РКБ [2] принимают не ниже $[k] = 5$);

$$\sin \beta_2 = \sqrt{1 - \cos^2 \beta_2}; \quad (33)$$

$$\beta_2, \text{рад} = \arcsin(\sin \beta_2); \quad (34)$$

$$\beta_1, \text{рад} = \arcsin\left(\frac{1}{\lambda_1} \sin \beta_2\right); \quad (35)$$

$$\alpha, \text{рад} = \beta_1 - \beta_2; \quad (36)$$

$e, \frac{1}{\text{Нм}}$ — крутильная податливость радиального каркаса РКБ вследствие поворота нитей

при его нагружении.

Крутильная податливость РКБ, характеризующая упругие свойства при скручивании при нагружении, определяется как отношение составляющей угла скручивания к величине вращающего момента [5]:

$$e = \frac{\alpha}{T_{\text{пр}}} \quad (37)$$

Особенностью конструкции РКБ с радиальным каркасом является то, что при передаче вращающего момента происходит уменьшение ширины площади контакта внутреннего протектора с фрикционными колодками вследствие изменения формы профиля и размеров (длины нитей) боковин каркаса, вызываемого поворотом нитей.

На рис. 4 представлена расчетная схема изменения формы профиля и длины нити на боковинах радиального каркаса РКБ при включении ШПМ.

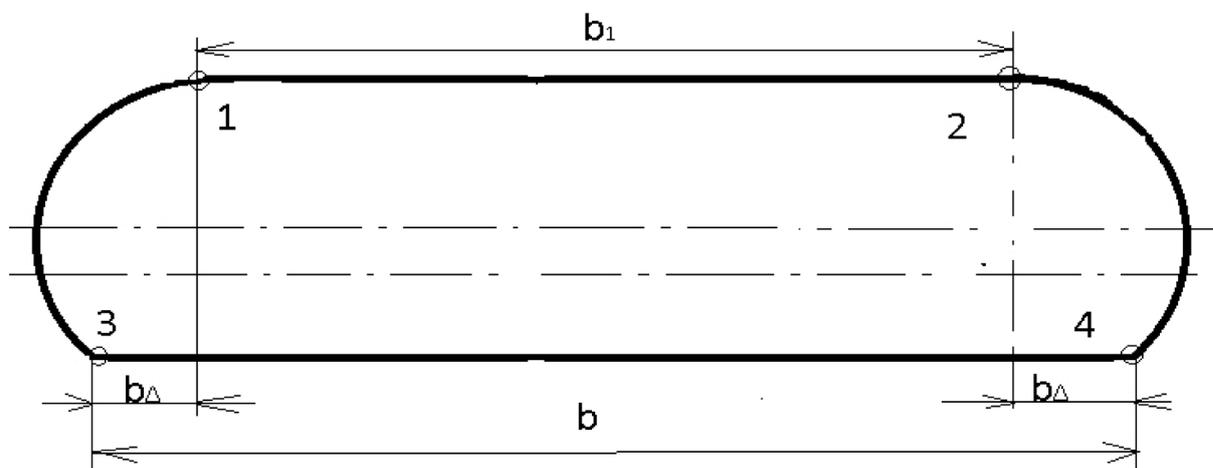


Рис. 4. Расчетная схема изменения формы профиля и длины нити на боковинах радиального каркаса при включении ШПМ

На рис. 4 приняты следующие обозначения:

$b, \text{ м}$ — ширина площади контакта протектора баллона с фрикционными колодками (ширина поверхности трения);

$b_1, \text{ м}$ — ширина площади контакта наружного протектора баллона с наружным ободом муфты;

b_{Δ} — относительное смещение точек контакта внешнего и внутреннего протекторов.

Из рис. 4 следует, что

$$b_1 = b - 2b_{\Delta} \quad (38)$$

Длина нити на профиле каркаса L (м) может быть определена следующим образом:

$$L = b_1 + b + 2L_{\text{бок}} = 2(b - b_{\Delta} + L_{\text{бок}}), \quad (39)$$

где $L_{\text{бок}}, \text{ м}$ — длина нити на одной боковине.

Величины $L_{\text{бок}}$ и b_{Δ} могут быть подсчитаны по следующим приближенным выражениям:

$$L_{\text{бок}} \approx \sum_{n=1}^{n=k-1} \frac{(\varphi_{n+1} - \varphi_n)(\rho_{m(n)} + \rho_{m(n+1)})}{\cos \beta_n + \cos \beta_{n+1}} \quad \text{и} \quad (40)$$

$$b_{\Delta} \approx 0,25 \sum_{n=1}^{n=k-1} (\varphi_{n+1} - \varphi_n)(\rho_{m(n)} + \rho_{m(n+1)})(\cos \varphi_n + \cos \varphi_{n+1}), \quad (41)$$

$$\text{где } \varphi_n = \arccos \sum_{n=1}^{n=k-1} \frac{(\lambda_n^2 - \lambda_0^2)\lambda_n \cos \beta_2}{(1 - \lambda_0^2)\sqrt{\lambda_n - \sin^2 \beta_2}}. \quad (42)$$

В выражениях (40)–(42) $\rho_{m(n)}$ и $\cos \varphi_n$ подсчитываются по формулам (18) и (19) при $\lambda = \lambda_n$; $n = 1, 2, \dots, k$ — текущий номер значения r для точек, лежащих на профиле боковины от r_2 до r_1 ; k — количество значений r_n ; $k - 1$ — количество постоянных интервалов, на которые делится участок (промежуток) $(r_2 - r_1)$; знак $\sum_{n=1}^{n=k-1}$ означает суммирование значений функций, указанных в (40) и (41) от $n = 1$ до $n = k - 1$.

Длина нити L , подсчитанная по выражению (39), должна быть заложена при проектировании в исходный профиль ненагруженного вращающим моментом РКБ.

Для расчета $L_{\text{бок}}$ и b_{Δ} следует выбирать значения k не менее 10.

При заданной величине k значения λ_n подсчитываются по выражению

$$\lambda_n = 1 - \frac{1 - \lambda_1}{k - 1}(n - 1). \quad (43)$$

В заключение можно отметить, что принятый ряд допущений и предложенные выражения позволяют рекомендовать порядок расчета на прочность и крутильную податливость РКБ с радиальным каркасом ШПМ.

Применение теории тонких оболочек пневматических шин, как и ранее рассмотренных РКБ с диагональным каркасом [1], позволило получить зависимости для определения линейных напряжений от действия внутреннего давления сжатого воздуха и приложенного вращающего момента с последующим расчетом по ним и полученным выражениям усилий в нитях каркаса баллона.

Предложенные выражения для расчета статических нагрузок РКБ, в дополнение к ранее представленным в [1; 4–7], могут быть использованы при модернизации существующих и разработке новой методики расчета и проектирования ШПМ с повышенными эксплуатационными характеристиками с обязательным применением компьютерной программы.

Список литературы

1. Кукаленко Б. Д. Исследование и расчет основных статических нагрузок баллонов шинно-пневматических муфт: [Текст] / Б. Д. Кукаленко, С. Г. Чулкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Наука и образование». — 2012. № 3 (2). — С. 125–132.
2. Кукаленко Б. Д. Силовые элементы упругих муфт. Конструирование, производство, эксплуатация: [Текст] / Б. Д. Кукаленко. — Л.: Химия, 1977. — 143 с.
3. Бидерман В. Л. Автомобильные шины. Конструкция, расчет, испытание, эксплуатация: [Текст] / В. Л. Бидерман, Р. Л. Гуслицер, С. П. Захаров [и др.]. — М.: ГХН, 1963. — 383 с.
4. Кукаленко Б. Д. Нагрев поверхности трения шинно-пневматических муфт агрегатов нефтебуровых и газобуровых установок: [Текст] / Б. Д. Кукаленко, С. Г. Чулкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Наука и образование». — 2011. № 3 (130). — С. 241–247.

5. Кукаленко Б. Д. Упругодемпфирующие характеристики шинно-пневматических муфт: [Текст] / Б. Д. Кукаленко, С. Г. Чулкин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Наука и образование». — 2011. № 4 (135). — С. 138–141.

6. Чулкин С. Г. Исследование возможности повышения момента вращения бесколодочных баллонов шинно-пневматических муфт: [Текст] / С. Г. Чулкин, Б. Д. Кукаленко // Речной транспорт. XXI век. — 2013. № 5 (64). — С. 56–61.

7. Чулкин С. Г. Расчет максимально допустимого зазора в шинно-пневматических муфтах: [Текст] / С. Г. Чулкин, Б. Д. Кукаленко // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. № 3 (19). — С. 63–75.

МОРСКИЕ И ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК 626.421.4

А. М. Гапеев,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. В. Подрешетникова,
ассистент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗМЕРОВ ВОДОПРОПУСКНЫХ ОТВЕРСТИЙ, ОБРАЗОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТАМИ ГОЛОВНЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ КАМЕР СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

ANALYSIS OF THE EXISTING THEORETICAL RESEARCHES TO DETERMINE THE DIMENSIONS OF THE CULVERT OPENINGS FORMED COMPONENTS OF THE HEAD POWER SYSTEMS OF THE SHIPPING LOCK'S CHAMBERS

Приводится краткий анализ существующих теоретических исследований по определению размеров водопропускных отверстий и расположению элементов в головных системах питания камер судоходных шлюзов.

A brief analysis of the existing theoretical researches to determine the dimensions of the culvert openings and positional system components in the head power systems of the shipping lock's chambers.

Ключевые слова: судоходный шлюз, головная система питания, гасительные устройства, наполнение камеры.

Key words: shipping lock, head-end filling, extinguishing devices, lock chamber filling.

ОСНОВНЫМ нормативным документом, определяющим проектирование систем питания судоходных шлюзов, является СНиП 2.06.07-87/1/. В нем определены основные требования к системам питания:

— продолжительность наполнения и опорожнения камеры должна соответствовать заданной судопропускной способности шлюза;

— режимы наполнения и опорожнения должны обеспечивать нормальные условия стоянки судов в камере и работы оборудования, а также нормальные условия стоянки и маневрирования судов в подходных каналах;

— воздействие потока на элементы шлюза, а также на русло и крепление каналов при многократном наполнении и опорожнении камеры не должно вызывать их повреждения;

— конструкции элементов системы питания должны быть доступными для осмотра и ремонта, а также должны обеспечивать быстрое прекращение наполнения (опорожнения) камеры, безопасное для шлюзуемых судов в камере и ожидающих шлюзования на подходах.

Далее в СНиП особое внимание обращается на следующие положения:

— для шлюзов на свержмагистральных и магистральных водных путях, а также для шлюзов с напорами более 6 м на водных путях местного значения элементы системы питания должны определяться по данным лабораторных и натурных исследований;

— тип системы питания устанавливается по размерам камеры шлюза и расчетного судна при соблюдении условий:

а) при значениях $L_{\text{пк}} H_{\text{к}} < 2000$ и $H_{\text{к}}/h_l < 2$, а также $H_{\text{к}} < 15$ м (где $L_{\text{пк}}$ — полезная длина камеры; $H_{\text{к}}$ — расчетный напор и h_l — глубина на пороге) следует принимать сосредоточенную систему питания, а при $H_{\text{к}} > 15$ м, как правило, распределительную;

б) при расчете головных систем питания продолжительность открытия затворов принимается равной: не более 0,8 продолжительности наполнения и не более 0,6 продолжительности опорожнения камеры;

в) для головных систем питания в целях сокращения времени шлюзования и увеличения пропускной способности шлюзов допускается применять многоскоростные и дифференцированные для различных типов судов и начальных глубин в камере графики открывания затворов галерей.

Таким образом, в СНиП нет конкретных рекомендаций по теоретическому определению размеров водопропускных отверстий, образуемых элементами систем питания.

Теория и методы гидравлического расчета судоходных шлюзов достаточно подробно разработаны для различных типов систем питания и схем истечения жидкости, излагаются в работах многих авторов и в настоящей статье не рассматриваются. Теоретическому определению размеров водопропускных отверстий, образуемых элементами головных систем питания, пока посвящено незначительное число работ.

Большой вклад в изучение проблемы был сделан А. В. Михайловым [2; 3]. Расчет головных систем питания, тип и схемы оборудования которых предварительно выбраны, он разделяет на три отдельные части:

— определение по допускаемым условиям стоянки шлюзуемых судов основных элементов системы питания — *времени и схемы открытия затворов*, а также *площади водопропускных отверстий*;

— построение общей *гидравлической характеристики и определение времени наполнения (опорожнения) камеры шлюза*;

— определение элементов системы гашения энергии потока воды, поступающей в камеру и выходящей из нее, — *общей длины камеры гашения и длины успокоительного участка*.

Основные элементы головных систем питания А. В. Михайлов предлагает определять исходя из соблюдения допускаемых условий стоянки шлюзуемых судов. Соблюдая равенство действующих на суда гидродинамических сил нормативной силе, он получил зависимость для определения величины минимально допустимого времени наполнения камеры ($T_{\text{мин}}^{\text{нап}}$), зависимости для определения площадей водопропускных отверстий затопленных и незатопленных систем питания (ω) и дал рекомендации по схемам открытия затворов.

Значения $T_{\text{мин}}^{\text{нап}}$ и ω получены в предположении равномерного открытия затворов водопропускных отверстий как наиболее простой схемы для работы оборудования и эксплуатации шлюзов. Если схема равномерного открытия затворов не обеспечивает заданного времени наполнения камеры, то в этом случае рекомендуется использовать другие схемы: неравномерную или многоскоростную.

Дальнейшие исследования, посвященные определению площади водопропускных отверстий [4, с. 93–101], показывают, что они должны определяться с учетом обеспечения безопасных условий шлюзования судов не только в камере, но и в подходных каналах шлюзов. Кроме того, для схем питания из-под затворов различной конструкции площадь водопропускных отверстий следует определять не в плоскости подъема затвора по вертикали, а в плоскости, нормальной к очертанию его низа (kozyрька) [5, с. 214–234].

Определение элементов системы гашения энергии потока воды, поступающего в камеру и выходящего из нее, А. В. Михайлов рассматривает в основном с позиций установления только объема камеры гашения и пространства между водопропускными отверстиями и гасителями, определяющих компоновку головы и длину камеры шлюза, существенно влияющих на объемы работ.

«На предварительных стадиях проектирования, когда основной задачей является установление общей схемы сооружения и его стоимости, детали очертания камеры гашения и гасителей (наклон граней, козырька и т. д.) особого значения не имеют» [2, с. 155].

Главной задачей гасительных устройств в этом случае является обеспечение спокойного впуска воды в камеру и равномерного распределения скоростей течения по поперечному сечению камеры перед шлюзуемыми судами. Считается также, что основные элементы системы питания в целом и время наполнения (опорожнения) камеры определяются условиями стоянки наибольших по размерам и водоизмещению шлюзуемых судов, а степень гашения и наибольшая допускаемая неравномерность распределения скоростей по глубине потока — в основном условиями стоянки мелких судов в конце успокоительного участка.

Последнее обстоятельство объясняется тем, что мелкие суда имеют малое отношение миделевого сечения \otimes к начальной площади живого сечения камеры $\Omega_{\text{н}}$ и для них волновая составляющая гидродинамической силы будет невелика по сравнению с силами трения и местной составляющей, которые также считаются незначительными по величине.

Поэтому мелкие суда могут располагаться значительной частью своего корпуса в зоне распространения вихрей и повышенных или пониженных скоростей потока за гасителями.

С этим утверждением нельзя согласиться, поскольку неравномерность распределения скоростей по глубине потока в действительности при неэффективно работающих гасительных устройствах может захватывать не только успокоительный участок, но и значительную часть длины камеры шлюза. На Саратовских шлюзах и шлюзах Волго-Балта, например, этот участок составляет около 1/3 длины камеры [6, с. 135–147]. Кроме того, шлюзование крупнотоннажных судов и составов, число которых на водных путях увеличивается, в ряде случаев осуществляется при больших отношениях $\otimes/\Omega_{\text{н}}$, иногда достигающих 0,9 [7, с. 130–136], и при их расположении в непосредственной близости от успокоительного участка силы сопротивления и силы, вызванные местными явлениями, могут быть сопоставимы с волновой составляющей гидродинамической силы.

Устройства для гашения энергии в камерах шлюзов с головными системами питания А. В. Михайлов условно разделил на два основных элемента:

— камеру гашения, под которой подразумевается все пространство между водопропускными отверстиями и гасителями;

— расположенный за гасителями успокоительный участок камеры, имеющий нормальные судоходные габариты, но не входящий в полезную длину камеры.

Экспериментально было установлено, что размеры камер гашения в головах шлюзов зависят от циркуляции в них вихревых вальцов, образующихся при тех или иных конструкциях и очертаниях гасителей, а длина успокоительных участков — от доли энергии потока, оставшейся непогашенной в камере гашения, и характера выпуска воды в камеру шлюза.

В связи с этим в качестве показателя эффективности работы гасительных устройств введено понятие удельного гашения энергии потока ($\mathcal{E}_{\text{уд}}$, кВт/м²) и высказано предположение, что при изменении на рассматриваемом типе гасительных устройств исходных данных по шлюзу доли энергии потока, гасящиеся в камере гашения и в пределах успокоительного участка, остаются постоянными. В этом предположении удельная энергия потока может быть отнесена отдельно к объему камеры и отдельно к объему успокоительного участка. Было установлено также, что значительная часть энергии потока гасится в камере гашения, а в успокоительные участки переходит не более 3–5 % полной мощности потока воды, поступающей в камеру шлюза.

Исходя из этих данных, А. В. Михайлов предлагает определять объемы камеры гашения при любой схеме открытия водопропускных отверстий по формуле

$$V = A \cdot \mathcal{E}_{\text{макс}}, \text{ м}^3, \quad (1)$$

где A — коэффициент, зависящий от совершенства гасительных устройств, принимаемый равным $0,20 \div 0,25$; $\mathcal{E}_{\text{макс}}$ — наибольшая мощность поступающего в камеру потока воды, определяемая из гидравлической характеристик построением кривой $\mathcal{E}_t = f(t)$:

$$\mathcal{E}_t = g \cdot Q_t \cdot H_t, \text{ кВт.} \quad (2)$$

Длина успокоительного участка определяется выражением

$$l_y = A \cdot \mathcal{E}_{\text{уд.макс}}, \text{ м} \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_{\text{уд.макс}}$ — наибольшее значение удельной мощности поступающего в камеру потока воды, отнесенного к живому поперечному сечению успокоительного участка, которое определяется из гидравлической характеристики построением кривой $\mathcal{E}_{\text{уд.т}} = f(t)$:

$$\mathcal{E}_{\text{уд.т}} = \frac{\mathcal{E}_t}{B_{\text{пк}}(h_k + y_t)}, \text{ кВт/м}^2, \quad (4)$$

здесь h_k — глубина воды в камере шлюза при уровне нижнего бьефа, а y_t — изменение уровня воды в момент времени t .

Используя результаты гидравлических исследований, были даны конкретные рекомендации по определению объемов камер гашения и успокоительных участков при равномерном открытии затворов для отдельных типов систем питания с несовершенными гасительными устройствами: систем наполнения камер через отверстия в воротах (клинкеты) с одним балочным гасителем и с наполнением из-под сегментных ворот (шлюзы канала им. Москвы), имеющие большие объемы камер гашения, закрытых сверху, также с одним балочным гасителем.

Полученные в работах [2; 3] результаты исследований считаются приближенными, могут быть использованы на предварительной стадии проектирования судоходных шлюзов и не содержат рекомендаций по определению очертаний и взаимного расположения основных элементов систем питания.

А. В. Михайлов уделил должное внимание и проектированию головных систем питания с короткими обходными галереями, но, в отличие от ранее рассмотренных, он ограничился определением площади водопроводной галереи в расчетном сечении, анализом выполненных работ инженерами Н. Б. Городенским и Г. В. Эндлер и рекомендациями общего характера.

В работе [8, с. 36] даны рекомендации по очертанию входных и выходных отверстий водопроводных галерей, радиусам их осевых закруглений, установке вертикальных балочных гасителей на вогнутых гранях выходных галерей, способствующих равномерному распределению скоростей в поперечных сечениях, и другие, обоснованные результатами лабораторных исследований.

Высказано предположение [2, с. 24–26], что из-за неэффективности работы балочных гасителей на вогнутых гранях выходных галерей, в особенности при больших расходах воды, в нижнем подходном канале могут наблюдаться значительные скорости, вызывающие размыв дна. В связи с этим предлагается выходные галереи заглублять ниже отметки порога, образовавшиеся траншеи перекрывать горизонтальной балочной решеткой, а непосредственно за головой устраивать направляющие пирсы, обеспечивающие более равномерное распределение скоростей по поперечному сечению подходного канала. Предлагается также на верхних головах шлюзов в месте расположения рабочих затворов устраивать клинообразные сечения галерей с целью уменьшения интенсивности поступающего расхода на начальной стадии наполнения камеры.

Широкое применение в дальнейшем получили системы наполнения камер судоходных шлюзов с незатопленными водопропускными отверстиями с затворами различной конструкции и более эффективными гасительными устройствами. В верхних головах этих шлюзов стали использовать пороги различной формы и очертания низа затворов, корытообразные экраны, стенки падения, выступы на стенках падения, экранах и днищах голов, гасительные колодцы, плиты перекрытия над ними, вертикальные распределительные балочные решетки на выходе потока в камеру шлюза и другие элементы. Влияние отдельных элементов гасительных устройств на гидравлические параметры потока выявлялось в процессе лабораторных и натуральных исследований судоходных шлюзов [9, с. 148–155].

Среди первых работ, посвященных теоретическим исследованиям эффективности использования вертикальной балочной решетки, следует выделить работы П. Р. Хлопенкова [10, с. 27].

Оценивая ее существенное влияние на гашение скоростей при выходе потока в камеру шлюза, он предложил располагать балки решетки с шагом отверстий между ними, увеличивающимся снизу вверх по закону геометрической прогрессии, знаменатель которой находится в пределах 1,21÷1,45. При принятой высоте первого от дна камеры отверстия h_1 , заданном количестве отверстий n и знаменателе геометрической прогрессии ρ , используя формулу для определения суммы n членов геометрической прогрессии:

$$\sum h_o = \frac{h_1(\rho^n - 1)}{(\rho - 1)}, \text{ м}, \quad (5)$$

можно получить выражение для определения n -го члена геометрической прогрессии:

$$h_n = h_1 \rho^{n-1}, \text{ м}. \quad (6)$$

По рекомендациям П. Р. Хлопенкова устроена балочная решетка шлюзов Саратовского гидроузла, для которых было принято шесть отверстий при значении первого отверстия $h_1 = 0,2$ м.

Имеется также работа В. А. Кривошей [11, с. 42–51], посвященная обоснованию выпуклого очертания низа подъемно-опускных ворот верхней головы шлюза типа Волго-Балтийского канала с целью уменьшения величины подъемного усилия ворот. Для решения задачи использована теория плоского потенциального движения идеальной жидкости. Показано, что очертание свободно падающей струи зависит от высоты подъема затвора и угла наклона порога.

Более подробные теоретические исследования по определению водопропускных отверстий, образуемых элементами системы наполнения камер из-под плоских подъемно-опускных ворот (шлюзы Волго-Балта, Волго-Дона, Саратовские и др.), очертаниям отдельных элементов и их взаимному расположению приведены в работе [12, с. 34–40]. В ней, в отличие от работ А. В. Михайлова и других авторов, верхняя голова шлюза условно разделена на четыре основных участка: участки направления, гашения и равномерного распределения потока на балочную решетку, а также успокоительный участок в камере шлюза. Предложена приближенная методика по определению размеров основных элементов системы наполнения камеры, основанная на использовании результатов лабораторных исследований, теории движения турбулентных струй и рекомендаций других авторов [2–4; 10].

Получены выражения для определения длины участка гашения потока l_k , расположенного между стенкой падения и экраном, высоты водопропускного отверстия под экраном h_3 , длины участка распределения потока l_p (от внутренней грани экрана до балочной решетки) и длины успокоительного участка в камере шлюза l_y [12].

Балки распределительной решетки рекомендуется располагать с неравномерным шагом отверстий между ними по высоте, увеличивающимся снизу вверх, но, в отличие от работы [10], с учетом изменения потерь энергии в каждом отверстии φ_{oi} и конкретного угла распределения потока β_i :

$$h_i = \varphi_{oi} h_{cp} (1 + \text{tg}^2 \beta_i), \text{ м}, \quad (7)$$

где h_{cp} — средняя высота отверстий в предположении равномерного расположения балок.

Высоту первого от дна камеры отверстия по условиям незасорения топлой древесиной рекомендуется принимать равной 0,4 м.

Результаты выполненных исследований внедрены при проектировании второй нитки шлюза Шекснинского гидроузла.

Даны также рекомендации по обоснованию системы наполнения камеры низконапорного шлюза с использованием клапанного затвора, реализованные при строительстве нового шлюза «Дубой» на Днепро-Бугском канале [13, с. 84–95].

По другим разновидностям головных систем питания судоходных шлюзов теоретических исследований не проводилось. Обоснование систем питания судоходных шлюзов России производилось в основном по результатам лабораторных исследований, иногда без учета кинематических

параметров потока и изменений структуры флота в перспективе, поэтому в условиях существенного увеличения водоизмещения судов многие шлюзы нуждаются в реконструкции и совершенствовании работы. Кроме того, отсутствует единый критерий по оценке качества используемых систем питания судоходных шлюзов.

Список литературы

1. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. — М.: Госстрой СССР, 1987. — 35 с.
2. Михайлов А. В. Головные системы питания судоходных шлюзов и их расчет / А. В. Михайлов. — М.: Минречфлот СССР, 1951. — 172 с.
3. Михайлов А. В. Судоходные шлюзы / А. В. Михайлов. — М.: Транспорт, 1966. — 528 с.
4. Кононов В. В. Определение размеров водопропускных отверстий судоходных шлюзов с головной системой питания / В. В. Кононов // Проектирование и техническая эксплуатация судоходных сооружений и подходов к ним. — Л.: ЛИВТ, 1984.
5. Гапеев А. М. О гидравлическом расчете наполнения судоходных шлюзов с незатопленными водопропускными отверстиями / А. М. Гапеев, В. В. Кононов // Водные пути и гидротехнические сооружения. — СПб.: СПГУВК, 1999. — Ч. I.
6. Баланин В. В. К вопросу о влиянии переменных значений коэффициентов количества движения и кинетической энергии на гидравлические условия в камерах шлюзов с головной системой питания, наполняемых из-под затвора / В. В. Баланин, В. А. Раев // Улучшение судоходных условий на реках и повышение эксплуатационных качеств судоходных и портовых ГТС. — Л.: ЛИВТ, 1986.
7. Кононов В. В. Выбор оптимальных режимов наполнения нижних шлюзов Горьковского гидроузла и внедрение многопрограммного управления / В. В. Кононов // Технический прогресс в проектировании и эксплуатации водных путей и гидротехнических сооружений. — Л.: ЛИВТ, 1983. — Вып. 176.
8. Городенский Н. Б. Проектирование головных систем питания судоходных шлюзов на основе опыта гидравлических лабораторных исследований: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. Б. Городенский. — Л.: ЛПИ им. М. И. Калинина, 1955.
9. Гапеев А. М. Влияние отдельных элементов верхней головы шлюза на гидравлические параметры потока / А. М. Гапеев // Гидротехнические сооружения и путевые работы на внутренних водных путях для судоходства. — Л.: ЛИВТ, 1984.
10. Хлопенков П. Р. Исследования некоторых схем головного наполнения судоходных шлюзов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / П. Р. Хлопенков. — М.: ЛИСИ, 1966.
11. Кривошей В. А. Исследования кинематики потока при истечении из-под ворот шлюза с головной системой питания / В. А. Кривошей // Гидротехнические сооружения и путевые работы на внутренних водных путях для судоходства. — Л.: ЛИВТ, 1984.
12. Гапеев А. М. Определение размеров и взаимного расположения элементов системы наполнения камер судоходных шлюзов из-под плоских подъемно-опускных ворот / А. М. Гапеев // Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2012. — Вып. 2 (14).
13. Гапеев А. М. Обоснование системы наполнения камеры судоходного шлюза «Дубой» Днепро-Бугского канала / А. М. Гапеев, Г. Г. Рябов. — СПб.: СПГУВК, 2007.

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СУДНО,
 ОЖИДАЮЩЕЕ ШЛЮЗОВАНИЯ У ПРИЧАЛЬНОЙ СТЕНКИ
 НИЖНЕГО ПОДХОДНОГО КАНАЛА**

**HYDRODYNAMIC IMPACT ON THE VESSEL EXPECTING LOCKING
 AT A MOORING WALL OF THE BOTTOM APPROACH CHANNEL**

В статье показано, как на основе аналитически решенной задачи можно рассчитать продольную гидродинамическую силу, действующую на судно, ожидающее шлюзования у причальной стенки в нижнем подходном канале. С целью спецификации граничного условия для одномерного волнового уравнения рассчитана скорость истечения из камеры шлюза для линейной зависимости коэффициента расхода от времени.

In article it is shown how on the basis of analytically solved task it is possible to calculate the longitudinal hydrodynamic force operating on a vessel, expecting a locking at a mooring wall in the bottom approach channel. For the purpose of the specification of a boundary condition for the one-dimensional wave equation expiration speed from the lock camera for linear dependence of coefficient of an expense on time is calculated.

Ключевые слова: нижний бьеф, шлюз, подходной канал, магистральный канал, продольная гидродинамическая сила.

Key words: bottom bief, lock, approach channel, main channel, longitudinal hydrodynamic force.



ПОДХОДНЫЕ каналы к шлюзам предназначены для обеспечения удобного и безопасного входа судна в шлюз и выхода из него, отстоя судов у причалов в ожидании шлюзования, расхождения встречных судов, движения и маневрирования судов при подходе к шлюзу из реки или водохранилища. В связи с этим подходные каналы имеют бóльшую ширину, чем магистральные каналы. В подходных каналах располагаются направляющие сооружения (палы), обычно примыкающие к головам шлюза. На участках расхождения выходящих судов с судами, ожидающими шлюзования, размещаются причальные сооружения.

Подходные каналы могут иметь различные плановые очертания в зависимости от взаимного расположения оси шлюза и осей судовых ходов в канале: симметричные, у которых оси шлюза и подходного канала совпадают, и несимметричные [1, с. 14–18]. По условиям движения судов подходной канал условно разделяют на четыре участка (рис. 1):

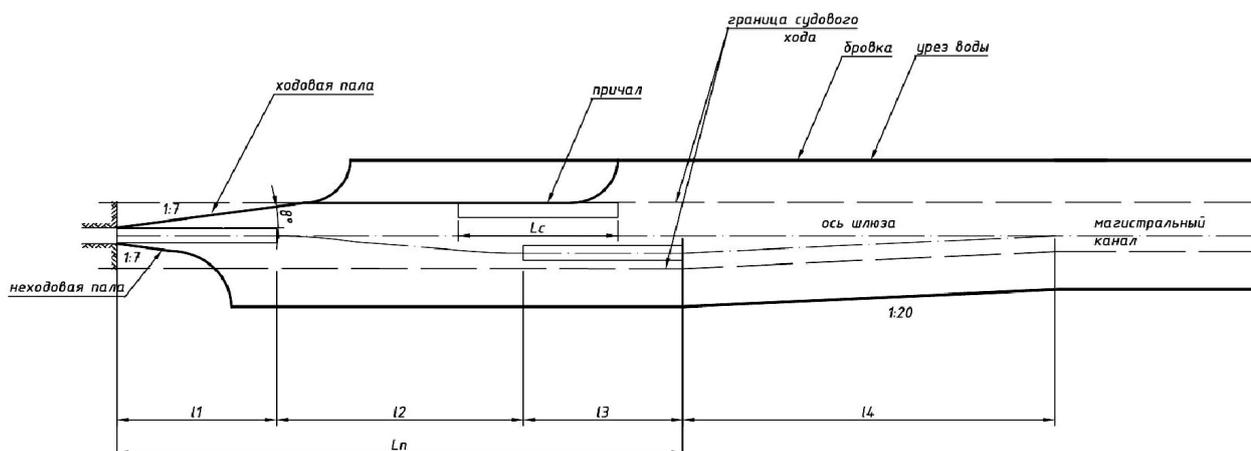


Рис. 1. Схема подходного канала

— **первый участок** — участок выхода судов из камеры шлюза, принимаемый равным длине судна (l_c) или толкаемого состава: ($l_1 = l_{c(m.c.)}$);

— **второй участок** предназначен для выполнения выходящим судном маневра по переходу судна с оси шлюза на ось судового хода на участке расхождения судов. Маневр состоит в последовательном выполнении судном правого и левого поворотов радиусом R , равным не менее трех длин расчетного судна (состава).

Длина второго участка l_2 находится по формуле

$$l_2 = \sqrt{l_c^2 + 4RC_0 - C_0^2}, \text{ м}, \quad (1)$$

где C_0 — смещение оси судового хода выходящего судна относительно оси шлюза, определяется по СНиП 2.06.07-87 [2] для конкретного планового очертания подходного канала;

— **третий участок** предназначен для расхождения судов. Длина третьего участка l_3 равна длине участка в камере, занимаемого судами при их расположении в камере друг за другом:

$$l_3 = \sum_1^n l_c + (n-1)\Delta L, \text{ м}. \quad (2)$$

Сумма длин первого, второго и третьего участков составляет длину нижнего участка подхода L_n , в пределах которого осуществляется маневр и расхождение встречных судов у шлюза: $L_n = l_1 + l_2 + l_3$.

Ширина подходного канала $B_{\text{подх.к}}$ на участках l_2, l_3 при поочередном движении судов по криволинейной траектории (при выполнении маневров) в двух направлениях принимается равной $B_{\text{подх.к}} = B + \Delta B$. Здесь ΔB — увеличение ширины подходного канала по сравнению с шириной магистрального канала, определяемое по формуле

$$\Delta B = 0,35 \frac{l_c^2}{R}, \text{ м}, \quad (3)$$

— **четвертый (переходный) участок** предназначен для обеспечения плавного перехода судна из широкого подходного канала в магистральный канал. Он выполняется постепенно на протяжении не менее 20 уширений ΔB , то есть $l_4 = 20\Delta B$.

Глубина воды в подходном канале должна приниматься не менее $1,3S_c$ (S_c — осадка расчетного судна в полном грузу): $S_{\text{подх.к}} = 1,3S_c$.

В пределах участка, на котором осуществляется маневр и расхождение судов (L_n), устраиваются направляющие (палы) и причальные сооружения. Палы (ходовая — с правой стороны и неходовая — с левой) обеспечивают плавный вход в камеру шлюза и выход из нее судов, в особенности при воздействии бокового ветра, а причалы необходимы для расположения судов, ожидающих шлюзования.

Длина причальной линии $L_{\text{прич}}$, отсчитываемая от верховой грани верхней головы или от низовой грани нижней головы, согласно СНиП 2.06.07-87 определяется по формулам:

при одностороннем движении судов:

$$L_{\text{прич}} = l_{\text{мин}} + \sum_1^n l_c - \gamma l_c; \quad (4)$$

при двухстороннем движении судов:

$$L_{\text{прич}} = l_2 + 1,5 \sum_1^n l_c - \gamma l_c, \quad (5)$$

где $l_{\text{мин}}$ — наименьшее расстояние от низовой грани нижней головы шлюза до носа первого судна, ожидающего шлюзования у причала, определяемое в ходе лабораторных исследований при проектировании шлюза; γ — коэффициент, принимаемый равным 0,2 при расположении причала в канале или за защитными дамбами и равный нулю в остальных случаях.

Наиболее важным назначением подходного канала является обеспечение безопасных условий стоянки судов у причальных стенок в ожидании шлюзования. Теоретических исследований по определению гидродинамического воздействия на судно, ожидающего шлюзования у причальной стенки нижнего подходного канала, пока не проводилось [3].

Судно, находящееся в нижнем подходном канале у причальной стенки при опорожнении камеры шлюза, испытывает давление неустановившегося потока воды — гидродинамическую силу, которая меняется по величине и направлению. Гидродинамическая сила складывается из трех составляющих: волновой составляющей (P_1), силы, обусловленной силами трения о корпус судна и лобового сопротивления (P_2), и силы, обусловленной неравномерностью распределения скоростей по глубине потока (P_3).

Лимитирующей для нижнего подходного канала является прямая гидродинамическая сила, а обратная, возникающая при отражении волны, всегда меньше прямой и зависит от коэффициента отражения. Ограничимся рассмотрением волнового воздействия на судно при условии $x = +\infty$.

Согласно [4] продольная гидродинамическая сила, действующая на судно в подходном канале, может быть представлена (в обозначениях, принятых в настоящей работе) в следующем виде:

$$P = (x, t) = P_1(x, t) + P_2(x, t) + P_3(x, t), \quad (6)$$

где $P_1(x, t)$ — волновая составляющая гидродинамической силы, кН:

$$P_1(x, t) = \frac{W}{g(\omega_1 - \otimes)} \frac{\partial Q_1}{\partial t}(x, t); \quad (7)$$

$P_2(x, t)$ — составляющая гидродинамической силы, обусловленная силами трения о корпус судна и лобового сопротивления, кН:

$$P_2(x, t) = \kappa \left(\frac{n}{n-1} \right)^2 \otimes u^2(x, t); \quad (8)$$

$P_3(x, t)$ — составляющая гидродинамической силы, обусловленная неравномерностью распределения скоростей по глубине потока, кН:

$$P_3(x, t) = (\alpha - 1) P_2(x, t). \quad (9)$$

Здесь W — весовое водоизмещение судна, кН; \otimes — площадь погруженной части поперечного сечения судна по миделю, м²; $Q_1(x, t) = \omega_1 u_1(x, t)$ — расход воды, м³/с; κ — эмпирический коэффициент, зависящий от рода поверхности судна; $n = \frac{\omega_1}{\otimes}$ — коэффициент стеснения судном живого сечения подходного канала; α — коэффициент кинетической энергии потока.

Если скорость $u_1(x, t)$ в подходном канале может быть вычислена по формуле

$$\left. \begin{aligned} u_1(x, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} R^n u_0 \left(t - 2n\tau - \frac{x}{c} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} R^n u_0 \left(t - 2n\tau + \frac{x}{c} \right), 0 < x < L \\ u_2(x, t) &= T \sum_{n=0}^{\infty} R^n u_0 \left(t - 2n\tau - \frac{x}{c} \right), x > L \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

то с учетом $Q_1(x, t) = \omega_1 u_1(x, t)$ (6)–(9) полная продольная гидродинамическая сила, действующая на судно в подходном канале, может быть записана в форме

$$P(x, t) = A \frac{\partial u_1}{\partial t}(x, t) + a B u_1^2(x, t), \quad (11)$$

где введены новые вспомогательные параметры:

$$A = \frac{\omega_1 W}{\omega_1 - \otimes g}, \quad (12)$$

$$B = \kappa \left(\frac{n}{n-1} \right)^2 \otimes. \quad (13)$$

Для практических расчетов по формуле (11) с учетом явного вида решения (10) для $u_1(x, t)$ необходимо знать зависимость от времени функции $u_0(t)$, фигурирующей в граничном условии $u_1(0, t) = u_0(t)$. Для определения функции $u_0(t)$ воспользуемся положениями, изложенными в [4], однако итоговые результаты представляют собой новые формулы, не содержащиеся в цитированной работе.

Пусть $v(t)$ — скорость истечения воды из камеры шлюза при ее опорожнении; ω_s — расчетное сечение водопроводной галереи. Тогда из условия равенства расходов должны записать: $\omega_1 u_0(t) = \omega_s v(t)$, откуда следует

$$u_0(t) = \frac{\omega_s}{\omega_1} v(t). \quad (14)$$

Найдем $v(t)$, используя соотношение, вытекающее из формулы Бернулли [4]:

$$v = \mu_t \sqrt{2gh}, \quad (15)$$

где μ_t — зависящий от времени коэффициент расхода; h — превышение уровня воды в камере шлюза.

Вместе с тем из условия равенства расходов имеем

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{\omega_s}{\Omega} v, \quad (16)$$

где Ω — площадь камеры шлюза.

Подставляя (15) в (16), приходим к замкнутому дифференциальному уравнению:

$$\frac{dh}{dt} = -\mu_t \frac{\omega_s}{\Omega} \sqrt{2gh}, \quad (17)$$

переменные в котором разделяются:

$$\frac{dh}{\sqrt{h}} = -\sqrt{2g} \frac{\omega_s}{\Omega} \mu_t dt. \quad (18)$$

Отсюда интегрированием находим

$$2(\sqrt{h} - \sqrt{h_0}) = -\sqrt{2g} \frac{\omega_s}{\Omega} \int_0^t \mu_t dt', \quad (19)$$

где h_0 — превышение уровня воды в камере шлюза в начальный момент времени.

Вновь используя (15), получаем из (19):

$$v(t) = \mu_t v_b \left(1 - \frac{1}{T^*} \int_0^t \mu_t dt' \right), \quad (20)$$

где введены вспомогательные обозначения:

$$v_b = \sqrt{2gh_0}, \quad (21)$$

$$T^* = \frac{v_b \cdot \Omega}{g \omega_s}. \quad (22)$$

Скорость v_b в (21) — это скорость истечения в начальный момент времени, которая имела бы место в гипотетическом случае, когда затвор открывается мгновенно. Время T^* — это время опорожнения камеры, которое наблюдалась бы, если бы затвор открывался мгновенно и коэффициент расхода μ_t имел бы постоянное значение, равное единице (иными словами, это минимально возможное время опорожнения камеры).

Зададимся теперь конкретной зависимостью от времени коэффициента расхода μ_t (рис. 2).

А именно положим, что μ_t сперва нарастает во времени линейно, от значения 0 при $t = 0$ до некоторого значения μ_0 при $t = T_1 = (v_{з.п.})_{доп} / h_{з.п.}$ (должно быть равно полному времени подъема

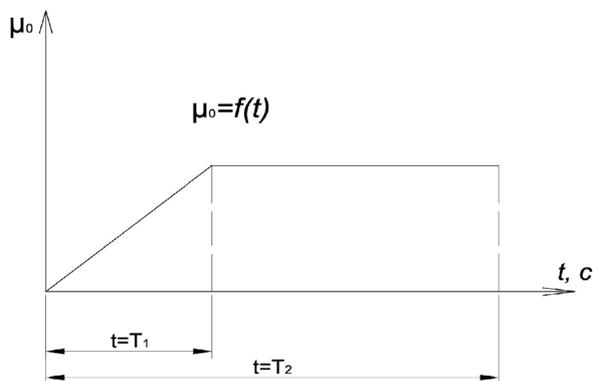


Рис. 2. Зависимость коэффициента расхода μ_0 от времени t

затвора опорожнения), а затем сохраняет достигнутое постоянное значение μ_0 до конца опорожнения камеры аналогично [4]. Иными словами,

$$\mu_t = \begin{cases} \mu_0 \frac{t}{T_1}, & 0 < t < T_1, \\ \mu_0, & t > T_1. \end{cases} \quad (23)$$

Тогда очевидно,

$$\int_0^t \mu_{t'} dt' = \begin{cases} \frac{\mu_0}{2T_1} t^2, & 0 < t < T_1, \\ \mu_0 \left(t - \frac{T_1}{2} \right), & t > T_1, \end{cases} \quad (24)$$

и, подставляя (23)–(24) в (20), находим

$$v(t) = \begin{cases} v_b \frac{\mu_0}{T_1} t \left(1 - \frac{\mu_0}{2T_1 T^*} t^2 \right), & 0 < t < T_1, \\ v_b \mu_0 \left(1 - \frac{\mu_0}{T^*} \left\{ t - \frac{T_1}{2} \right\} \right), & t > T_1. \end{cases} \quad (25)$$

Из второго из уравнений (25), в частности, несложно увидеть, что время полного опорожнения камеры задается формулой

$$T_2 = \frac{T^*}{\mu_0} + \frac{T_1}{2}. \quad (26)$$

Тогда согласно (14) получаем граничное условие для волновой задачи в виде

$$u_0(t) = \begin{cases} v_b \frac{\omega_s}{\omega_1} \frac{\mu_0}{T_1} t \left(1 - \frac{\mu_0}{2T_1 T^*} t^2 \right), & 0 < t < T_1, \\ v_b \frac{\omega_s}{\omega_1} \mu_0 \left(1 - \frac{\mu_0}{T^*} \left\{ t - \frac{T_1}{2} \right\} \right), & T_1 < t < T_2, \end{cases} \quad (27)$$

где T_2 задается формулой (26).

Зная $u_0(t)$, можем найти $u(x, t)$ для любых x и t по системам уравнений:

$$\left. \begin{aligned} u_1(x, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} R^n u(x - ct + 2nL) - \sum_{n=1}^{\infty} R^n u(2nL - x - ct), & 0 < x < L \\ u_2(x, t) &= T \sum_{n=0}^{\infty} R^n u(x - ct + 2nL), & x > L \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

$$\left. \begin{aligned} u_1(x, t) &= \sum_{n=0}^{\infty} R^n u_0 \left(t - 2n\tau - \frac{x}{c} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} R^n u_0 \left(t - 2n\tau + \frac{x}{c} \right), & 0 < x < L \\ u_2(x, t) &= T \sum_{n=0}^{\infty} R^n u_0 \left(t - 2n\tau - \frac{x}{c} \right), & x > L \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

Подставляя результат расчета по формуле (28) в формулу для продольной силы (11), получим значение продольной гидродинамической силы, действующей на судно в подходном канале.

Отметим, что, поскольку в (11) фигурирует частная производная $\partial u_1(x, t) / \partial t$, при практических расчетах нужно еще почленно продифференцировать по времени ряд (28), что в итоге сведется к отысканию производной от $u_0(t)$. Действительно, дифференцируя (28) по времени, находим

$$\frac{\partial u_1}{\partial t}(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} R^n u_0' \left(t - 2n\tau - \frac{x}{c} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} R^n u_0' \left(t - 2n\tau + \frac{x}{c} \right), \quad 0 < x < L. \quad (30)$$

Если для коэффициента расхода μ , принята временная зависимость (23), как это было сделано выше, то соответствующее дифференцирование решения задачи об опорожнении камеры шлюза в форме (27) дает

$$u'_0(t) = \begin{cases} v_b \frac{\omega_s \mu_0}{\omega_1 T_1} \left(1 - \frac{3\mu_0}{2T_1 T^*} t^2 \right), & 0 < t < T_1, \\ -v_b \frac{\omega_s \mu_0^2}{\omega_1 T^*}, & T_1 < t < T_2. \end{cases} \quad (31)$$

Резюмируя, для расчета продольной гидродинамической силы, действующей на судно в некоторой точке подходного канала x в некоторый момент времени t , необходимо подставить в формулу (11) с параметрами (12)–(13) (конечные) ряды (28) и (30). Если для временной зависимости коэффициента расхода μ , принята модель (28), то в указанные (конечные) ряды надо в свою очередь подставить соотношения (27) и (31). Задав численные значения параметров системы, можем указанным методом рассчитать численное значение продольной гидродинамической силы, действующей на судно. Численные расчеты по определению гидродинамической силы на примере конкретного шлюза с построением графиков зависимостей и определением оптимального места стоянки судна в ожидании шлюзования будут представлены в следующей статье.

Таким образом, приведенное в работе аналитическое решение задачи позволяет определить гидродинамическое воздействие на судно, ожидающее шлюзования у причальной стенки нижнего подходного канала.

Список литературы

1. *Бойков И. М.* Основные эксплуатационные особенности подходных каналов в судоходных шлюзах / И. М. Бойков, С. А. Козлов // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: материалы IV Межвуз. науч.-практ. конф. асп., студ. и курсантов. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013.
2. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения (актуализированная ред.). — М.: Аналитик, 2012. — 73 с.
3. *Липатов И. В.* Разработка средств и методов улучшения технико-эксплуатационных параметров работы судоходных шлюзов: моногр. / И. В. Липатов. — Н. Новгород, 2006. — 320 с.
4. *Семанов Н. А.* Судоходные каналы, шлюзы и судоподъемники / Н. А. Семанов, Н. Н. Варламов, В. В. Баланин. — М.: Транспорт, 1970. — 352 с.
5. *Бреховских Л. М.* Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн) / Л. М. Бреховских, В. В. Гончаров. — М.: Наука, 1982. — 336 с.
6. *Соболев С. Л.* Уравнения математической физики / С. Л. Соболев. — 2-е изд., перераб. — М.; Л.: Гос. изд-во техн.-теорет. литературы, 1950. — 424 с.

ДИНАМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПОДВОДНОГО ТРУБОПРОВОДА НА МОРСКИЕ ТЕЧЕНИЯ

DYNAMIC RESPONSE OF AN UNDERWATER PIPELINE ON THE SEA CURRENTS

В работе предложен аналитический метод расчета лобового сопротивления и подъемной силы, возникающие при обтекании подводного трубопровода установившимся потоком вязкой несжимаемой жидкости, индуцированным внешними источниками в заданном направлении. За основу расчета взяты 2D уравнения Навье–Стокса и первый интеграл этих уравнений.

In the work under consideration we propose an analytical method of calculation for drag and lift forces arising from the wrap of underwater pipeline by steady-state flow of a viscous incompressible fluid, induced by external sources in a given direction. Method based on 2D Navier–Stokes equations and first integrals of these equations.

Ключевые слова: трубопровод, обтекание, вязкая несжимаемая жидкость, лобовое сопротивление, подъемная сила, уравнение, интеграл.

Key words: pipeline, wrap, viscous incompressible fluid, drag, lift force, equation, integral.

1. Введение. Трубопроводный транспорт является важным звеном транспортной системы РФ. Особое значение для экономики страны имеют магистральные трубопроводы. По ним происходит транспортировка на большие расстояния и в больших объемах нефти, газа, нефтепродуктов, воды. Нередко магистральные трубопроводы прокладываются по дну моря. Примерами могут служить уже действующие и строящиеся газопроводы по дну Балтийского моря — Северный поток и по дну Черного моря — Южный поток.

Магистральный трубопровод представляет собой сложное инженерное сооружение и вместе с тем потенциально опасный объект. На стадии проектирования и при строительстве должны быть выполнены жесткие требования безопасности. Должна быть надежная конструкция и нужен строгий расчет всех основных элементов.

При конструировании необходимо учесть главные факторы внешнего воздействия. Для подводного трубопровода это в первую очередь силы воздействия водной среды на его поверхность.

Помимо гидростатического давления, необходимо учесть динамические реакции, вызванные подводными течениями. Подводные течения энергично воздействует на поверхность трубопровода, вызывая дополнительные напряжения в определенных точках конструкции. Напряжения, неравномерно распределенные по длине трубопровода, могут являться причиной изгибов и кручений. При длительной эксплуатации они приводят к усталостным деформационным изменениям. Оценить и учесть такого рода деформационные изменения — одна из важных задач.

На степень деформационных изменений влияют параметры подводного течения, которые меняются во времени. Изменения происходят и по направлению, и по интенсивности. Такие изменения носят как периодический, так и пиковый характер. Периодические изменения могут быть связаны с годовыми или другими циклами (весна–осень, летние штормовые, муссонные и т. д.). Суточные изменения могут быть вызваны приливами и отливами. Кроме того, есть и другие причины возникновения подводного течения: сейш, сгон, нагонная волна и наводнение. Такие явления характерны для Балтийского моря и Финского залива. При наложении различных явлений изменения параметров подводного течения могут приобретать пиковый характер. С учетом

переменности параметров расчет реакции на подводные морские течения оказывается непростой задачей.

Цель настоящей работы — дать математическую модель и произвести расчет динамических реакций длинного трубопровода на подводное течение. Динамические реакции можно определить, если решена задача обтекания поверхности трубопровода потоком жидкости. Задачу обтекания предлагается решать в следующей постановке.

2. Постановка задачи. Будем рассматривать трубопровод как длинный круговой цилиндр заданного радиуса R и расположенный на глубине y_0 . Считаем, что происходит безотрывное обтекание этого цилиндра внешним потоком жидкости, которую считаем вязкой и несжимаемой. Физические характеристики жидкости неизменны, ρ — плотность жидкости, ν — кинематическая вязкость.

К рассмотрению предлагается плоская задача, так что течение считаем одинаковым во всех плоскостях, перпендикулярных оси обтекаемого цилиндра. Задачу рассмотрим в декартовых координатах. Координатные оси OX и OY направим через центр окружности, получающейся в результате сечения цилиндра перпендикулярной плоскостью. Начало координат, таким образом, находится на глубине y_0 от поверхности. Предполагается, что условия для набегающего потока задаются в некоторой точке M_0 , расположенной вне цилиндра. Будем считать, что эта точка находится на оси OX , причем слева от начала координат. Пусть абсцисса точки M_0 равна $-L$, где L представляет заданный положительный параметр.

Введем безразмерные переменные, выбрав масштабы удобным образом. Пусть U_0 есть модуль скорости в точке M_0 . Эту величину полагаем масштабом скорости. Заданную величину L — масштабом длины, $\frac{U_0^2}{L}$ — масштабом ускорения, а произведение ρU_0^2 — масштабом давления.

В безразмерных переменных координаты точки M_0 определяются равенствами $x_{M_0} = -1$, $y_{M_0} = 0$. Контур обтекаемого тела представляется уравнением окружности $x^2 + y^2 = r^2$, где $r = \frac{R}{L}$ есть безразмерный радиус цилиндра. Поскольку точка M_0 расположена вне цилиндра, то должны выполняться неравенства $0 < R < L$ и $0 < r < 1$.

Задачу предлагается рассматривать на основе уравнений Навье–Стокса для установившегося движения вязкой несжимаемой жидкости [1–3]. В безразмерных переменных они имеют вид

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial(p + \Phi)}{\partial x} + \frac{1}{\text{Re}} \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial(p + \Phi)}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \cdot \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Для основных неизвестных использованы обозначения u, v, p . Где u и v представляют продольную и поперечную скорости, p — давление.

Re обозначает число Рейнольдса, определяемое формулой $\text{Re} = \frac{U_0 L}{\nu}$; Φ — потенциал внешних сил. Для рассматриваемого случая $\Phi = g(y - y_0)$, где g — безразмерное ускорение свободного падения; y_0 — глубина погружения центра цилиндра, также безразмерная.

Задача обтекания цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости является одной из классических задач теоретической гидромеханики. Эта задача неоднократно рассматривалась разными авторами и в различных постановках [1–3]. Однако, несмотря на большое практическое значение, на данный момент нет аналитического решения этой задачи, удовлетворительного со всех точек зрения. Основные сложности связаны с нелинейностью уравнений (1)–(2) и с заданием граничных условий для набегающего потока. Например, известно, что для линеаризованных уравнений при граничных условиях на бесконечном удалении от обтекаемого тела возникает парадокс Даламбе-

ра. Для этого случая подъемная сила оказывается нулевой, что явно противоречит экспериментальным данным.

Чтобы получить аналитическое решение при сохранении нелинейных членов и при этом избежать парадоксов, автором предлагается ввести в постановку два уточнения.

Первое существенное уточнение состоит в следующем. Предлагается исходить не из уравнений Навье–Стокса (1)–(3) непосредственно, а из первого интеграла этих уравнений. Эти соотношения предложены автором в работах [4, с. 170; 5, с. 7–17; 6, р. 708–711]. Они получены с учетом полного сохранения всех нелинейных членов и представляют уравнения более низкого порядка относительно основных неизвестных. Вследствие этого уравнения, представляющего первый интеграл, в математическом плане есть задача более простая, чем исходные уравнения (1)–(3). Для рассматриваемого случая первый интеграл уравнений Навье–Стокса сводится к трем соотношениям:

$$p + g(y - y_0) + \frac{U^2}{2} + d = \alpha + \beta, \quad (4)$$

$$u^2 - v^2 + \frac{2}{\text{Re}} \left(-\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial y^2} + 2(\alpha - \beta), \quad (5)$$

$$uv - \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) = -\frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial x \partial y}. \quad (6)$$

Здесь использованы следующие обозначения: Ψ_{12} — новое ассоциированное неизвестное; $\alpha(y)$ и $\beta(x)$ — произвольные функции одного переменного y или x соответственно; d — диссипация; U — модуль вектора скорости. Величины d и U определяются равенствами:

$$d = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial y^2} \right), \quad (7)$$

$$U = \sqrt{u^2 + v^2}. \quad (8)$$

К указанным соотношениям следует добавить уравнение неразрывности (3) и граничные условия.

Граничные условия определяются двумя положениями. Первое положение общепринято при рассмотрении задач обтекания потоком вязкой жидкости. Оно состоит в том, что вдоль контура обтекаемого тела и продольная, и поперечная скорости обращаются в нуль [1–3]. Для нашего случая данное условие приводит к равенствам:

$$u|_{x^2+y^2=r^2} = 0, \quad v|_{x^2+y^2=r^2} = 0. \quad (9)$$

Второе положение касается задания скоростей вне обтекаемого тела. В формулировке этого граничного условия состоит второе важное уточнение, которое предлагается ввести в постановку. Условия для обтекаемого потока будем задавать в точке $M_0(-1; 0)$, которая находится на конечном расстоянии от цилиндра. Тем самым мы избавлены от необходимости рассматривать условия на бесконечности. В точке M_0 должен быть задан вектор скорости. Поскольку модуль этого вектора U_0 задает масштаб скорости, то достаточно задать лишь угол наклона. Будем считать, что тангенс угла наклона этого вектора задан и равен величине $k = \text{tg}\theta$, где θ — начальный угол атаки. Так что в качестве второго граничного условия потребуем выполнения равенства

$$\frac{v(-1; 0)}{u(-1; 0)} = k, \quad (10)$$

где k — наперед заданная постоянная величина.

Таким образом, поставленная задача сводится к решению дифференциальных уравнений (3)–(6) относительно неизвестных u, v, p, Ψ_{12} при граничных условиях (9)–(10). Предлагаемая постановка требует задания трех исходных параметров: числа Рейнольдса Re , безразмерного радиуса цилиндра r , а также числа k , определяющего направление вектора скорости в точке-источнике.

3. Решение определяющих уравнений. Решение задачи естественным образом разбивается на три основных этапа. Вначале нужно разрешить уравнения (3), (5)–(6) при граничных условиях (9)–(10). В результате будут найдены неизвестные u , v , Ψ_{12} . На втором этапе по соотношению (4) с учетом (7) нужно найти функцию давления p . И на последнем этапе нужно проинтегрировать функцию $p(x, y)$ вдоль контура обтекаемого тела. В результате искомые динамические реакции потока на обтекаемое тело будут определены.

Перейдем к первому этапу решения задачи. Введем функцию тока, обозначив ее как Ψ_{11} . В результате для скоростей справедливо представление [1–3]:

$$u = \frac{\partial \Psi_{11}}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \Psi_{11}}{\partial x}. \quad (11)$$

Для решения уравнений (3), (5)–(6) будем использовать методику, примененную автором в работе [7, р. 308–314] для исследования решений задачи Пуазейля. Разложим функции Ψ_{11} и Ψ_{12} по целым степеням x и y :

$$\Psi_{11} = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^{N-n} a_{nm} x^n y^m, \quad \Psi_{12} = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^{N-n} b_{nm} x^n y^m, \quad (12)$$

где a_{nm} , b_{nm} — некоторые коэффициенты; N — номер приближения.

Коэффициенты a_{nm} следует выбрать так, чтобы изначально удовлетворить уравнению неразрывности (3) и граничным условиям (9). Вычисления показывают, что это возможно, только начиная с шестого приближения $N = 6$. В рамках этого приближения u , v определяются выражениями:

$$u = \frac{1}{r^4} \cdot (r^2 - x^2 - y^2) \cdot [a_{01}r^2 + a_{11}r^2x + 2a_{02}r^2y - a_{01}x^2 - 4a_{10}xy - 5a_{01}y^2 - a_{11}x^3 + x^2y \cdot 2(a_{22}r^2 + a_{02}) - 5a_{11}xy^2 + y^3 \cdot 2(a_{22}r^2 - a_{02} + 2a_{20})], \quad (13)$$

$$v = -\frac{1}{r^4} \cdot (r^2 - x^2 - y^2) \cdot [a_{10}r^2 + 2a_{20}r^2x + a_{11}r^2y - 5a_{10}x^2 - 4a_{01}xy - a_{10}y^2 + x^3 \cdot 2(a_{22}r^2 - a_{20} + 2a_{02}) - 5a_{11}x^2y + xy^2 \cdot 2(a_{22}r^2 + a_{20}) - a_{11}y^3], \quad (14)$$

где a_{01} , a_{10} , a_{11} , a_{02} , a_{20} , a_{22} — шесть пока неопределенных коэффициентов. Их следует определить так, чтобы уравнения (5)–(6) были бы удовлетворены с точностью до шестых степеней $x^n y^m$, где $0 \leq n + m \leq 6$, и чтобы при этом выполнялось граничное условие (10).

Для нахождения коэффициентов a_{nm} осуществим следующие действия. Подставим выражения (13)–(14) и второе из (12) в уравнения (5)–(6) и приравняем коэффициенты при одинаковых степенях $x^n y^m$ в обеих частях равенств. В результате получаются уравнения, связывающие b_{nm} и искомые коэффициенты a_{nm} , причем относительно b_{nm} уравнения линейны. Данные уравнения можно разрешить относительно b_{nm} , только если выполнены определенные условия совместности. Эти условия сводятся к пяти равенствам:

$$a_{22} = 0, \quad a_{20} = -\frac{\text{Re}}{24} a_{10} a_{01}, \quad a_{02} = \frac{\text{Re}}{24} a_{10} a_{01}, \quad a_{11} = \frac{\text{Re}}{24} (a_{10}^2 - a_{01}^2), \quad a_{10}^2 + a_{01}^2 - \frac{1}{r^2} \left(\frac{24}{\text{Re}} \right)^2 = 0. \quad (15)$$

Последние четыре из равенств (15) заведомо будут выполнены, если положить

$$a_{10} = \frac{\text{Re}}{r24} c_0, \quad (16)$$

где c_0 есть некоторая вещественная величина, удовлетворяющая ограничению $|c_0| < 1$.

С учетом (16) искомые коэффициенты определяются формулами:

$$a_{01} = \pm \frac{24}{r \text{Re}} \sqrt{1 - c_0^2}, \quad a_{11} = \frac{24}{r^2 \text{Re}} (2c_0^2 - 1), \quad a_{02} = \pm \frac{24}{r^2 \text{Re}} c_0 \sqrt{1 - c_0^2}, \quad a_{20} = \mp \frac{24}{r^2 \text{Re}} c_0 \sqrt{1 - c_0^2}. \quad (17)$$

Кроме того, определяются все коэффициенты b_{nm} при $0 \leq n + m \leq 6$ как результат решения системы линейных уравнений.

В выражениях (17) для a_{nm} и во всех выражениях для b_{nm} фигурирует одна пока неопределенная величина c_0 . Ее значение находим из граничного условия (10) следующим образом. Составляем выражения (14)–(15) для u, v при $x = -1, y = 0$. Вычисляем $\frac{v(-1; 0)}{u(-1; 0)}$ и приравниваем его к заданной величине k . Уходя от знаменателя, получаем равенство, равносильное условию (10):

$$-a_{10}r^2 + 2a_{20}r^2 + 5a_{10} - 2(a_{20} - 2a_{02}) = k(a_{01}r^2 - a_{11}r^2 - a_{01} + a_{11}). \quad (18)$$

Далее преобразуем (18) с учетом (17). Избавляясь от радикалов путем возведения в квадрат, приходим к уравнению четвертой степени относительно c_0 , которое можно представить в виде

$$\zeta_1 c_0^4 + \zeta_2 c_0^3 + \zeta_3 c_0^2 + \zeta_4 c_0 + \zeta_5 = 0. \quad (19)$$

Коэффициенты ζ_i определены через исходные параметры k и r по формулам:

$$\begin{aligned} \zeta_1 &= 4k^2(1-r^2)^2 + 4(3-r^2)^2, & \zeta_2 &= -8kr(1-r^2), & \zeta_4 &= -2kr(1-r^2)^2, \\ \zeta_3 &= r^2(r^2-5)^2 - 4(3-r^2)^2 + k^2(1-r^2)^2(r^2-4), & \zeta_5 &= k^2(1-r^2)^3. \end{aligned} \quad (20)$$

В результате, если из уравнения (19) найдено c_0 , то первый этап решения можно считать законченным, так как неизвестные u, v, Ψ_{12} будут полностью определены.

Второй этап решения преследует целью нахождение неизвестного p . Обратимся к уравнению (4), выбрав значения аддитивных функций. Положим, для простоты $\alpha(y) = 0, \beta(x) = 0$. С учетом найденных выражений для b_{nm} , а также с учетом выражений (7) и (4) получаем

$$\begin{aligned} p &= -g(y-y_0) + \left(2b_{20} - a_{10}^2 - \frac{2a_{11}}{\text{Re}}\right) - x \left(2a_{20}a_{10} + a_{11}a_{01} + \frac{16a_{01}}{\text{Re}r^2}\right) + y \left(2a_{20}a_{01} - a_{11}a_{10} + \frac{16a_{10}}{\text{Re}r^2}\right) + \\ &+ x^2 \left(-2a_{20}^2 - \frac{a_{11}^2}{2} + \frac{2}{r^2} \left(a_{01}^2 - a_{10}^2 - \frac{6a_{11}}{\text{Re}}\right)\right) - \frac{8xy}{r^2} \left(a_{01}a_{10} - \frac{a_{20}}{\text{Re}}\right) + y^2 \left(\frac{2a_{10}^2}{r^2} - \frac{2a_{01}^2}{r^2} - 2a_{20}^2 - \frac{a_{11}^2}{2} + \frac{12a_{11}}{\text{Re}r^2}\right) + \\ &+ \frac{4x^3}{r^2} \left(\frac{a_{20}a_{10}}{3} + a_{11}a_{01} + \frac{2a_{01}}{\text{Re}r^2}\right) - \frac{2x^2y}{r^2} \left(8a_{20}a_{01} + a_{11}a_{10} + \frac{12a_{10}}{\text{Re}r^2}\right) + \frac{2xy^2}{r^2} \left(8a_{20}a_{10} - a_{11}a_{01} + \frac{12a_{01}}{\text{Re}r^2}\right) + \\ &+ \frac{4y^3}{r^2} \left(a_{11}a_{10} - \frac{a_{20}a_{01}}{3} - \frac{2a_{10}}{\text{Re}r^2}\right) + \frac{x^4}{r^4} \left(7a_{10}^2 - 3a_{01}^2 + 2r^2a_{11}^2 + 4a_{20}^2 + \frac{8a_{11}}{\text{Re}}\right) + \frac{8x^3y}{r^4} \left(\frac{7}{3}a_{10}a_{01} - r^2a_{20}a_{11} - \frac{8a_{20}}{\text{Re}}\right) + \\ &+ \frac{4x^2y^2}{r^4} (a_{01}^2 + a_{10}^2) + \frac{8xy^3}{r^4} \left(\frac{7}{3}a_{10}a_{01} + r^2a_{20}a_{11} - \frac{8a_{20}}{\text{Re}}\right) + \frac{y^4}{r^4} \left(7a_{01}^2 - 3a_{10}^2 + 4r^2a_{20}^2 + 2r^2a_{11}^2 - \frac{8a_{11}}{\text{Re}}\right). \end{aligned} \quad (21)$$

Первое слагаемое в правой части (21) соответствует вкладу от гидростатического давления. Во второй группе членов фигурирует произвольная постоянная b_{20} . Эту величину выбираем так, чтобы аддитивная постоянная давления обратилась бы в нуль. Для этого потребуем выполнения равенства $2b_{20} - a_{10}^2 - \frac{2a_{11}}{\text{Re}} = 0$. Все остальные члены в правой части — результат воздействия набегающего потока. Они определяются коэффициентами a_{nm} , которые, в свою очередь, определяются через c_0 согласно (17).

Для определения динамических реакций потока на обтекаемое тело переходим к третьему этапу решения. Для этого воспользуемся известной формулой [1–2]:

$$\vec{F}_R = -\oint p \vec{n} ds, \quad (22)$$

где \vec{F}_R — искомая сила гидродинамического воздействия; \vec{n} — вектор внешней нормали к контуру.

Контуром обтекаемого тела является окружность с уравнением $x^2 + y^2 = r^2$. Для точек контура выполнены равенства $x = r \cos \varphi, y = r \sin \varphi, ds = r d\varphi$, где $0 \leq \varphi < 2\pi$. В качестве вектора внешней нормали можно взять вектор $\vec{n} = \vec{i} \cos \varphi + \vec{j} \sin \varphi$.

Тогда проекции \vec{F}_R на координатные оси определяются, как

$$F_x = - \int_0^{2\pi} p(r \cos \varphi; r \sin \varphi) \cdot r \cos \varphi d\varphi, \quad F_y = - \int_0^{2\pi} p(r \cos \varphi; r \sin \varphi) \cdot r \sin \varphi d\varphi. \quad (23)$$

Величину F_x часто называют лобовым сопротивлением, а F_y — подъемной силой. Чтобы найти эти величины, нужно в выражении (21) для $p(x; y)$ подставить $x = r \cos \varphi$, $y = r \sin \varphi$ и вычислить два определенных интеграла по $d\varphi$ согласно (23). При вычислении нужно учесть закономерности, которые следуют из анализа выражения (21). Из 15 членов в правой части (21) ненулевой вклад в (23) дают только по 4 члена. Для F_x членами, которые вносят ненулевой вклад, являются $-g(y - y_0)$, а также 3 члена со степенями x , x^3 , xy^2 . Для F_y такими членами, кроме $-g(y - y_0)$, будут также члены, содержащие степени y , y^3 и x^2y . Для обоснования указанных закономерностей следует принять во внимание известные соотношения:

$$\int_0^{2\pi} \cos^2 \varphi d\varphi = \int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi d\varphi = \pi,$$

$$\int_0^{2\pi} \cos^4 \varphi d\varphi = \int_0^{2\pi} \sin^4 \varphi d\varphi = \frac{3\pi}{4}, \quad \int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi d\varphi = \frac{\pi}{4},$$

$$\int_0^{2\pi} \sin^n \varphi \cos^m \varphi d\varphi = 0 \text{ при } n + m = 2k + 1.$$

В результате в выражении для F_x остаются только 3 ненулевых слагаемых, а в выражении для F_y — 4. Вычисления приводят к следующему результату:

$$F_x = \pi r^2 \left(-3a_{20}a_{10} - \frac{3}{2}a_{11}a_{01} + \frac{4a_{01}}{r^2 \text{Re}} \right),$$

$$F_y = \pi r^2 \left(g + 3a_{20}a_{01} - \frac{3}{2}a_{11}a_{10} - \frac{4a_{10}}{r^2 \text{Re}} \right). \quad (24)$$

Формулы (24) еще более упрощаются, если воспользоваться выражениями (16)–(17) для a_{nm} . После преобразований приходим к выражениям:

$$F_x = \frac{960\pi}{r \text{Re}^2} \cdot \sqrt{1 - c_0^2}, \quad F_y = g\pi r^2 - \frac{960\pi}{r \text{Re}^2} \cdot c_0, \quad (25)$$

где c_0 есть корень уравнения (19).

Таким образом, формулы для динамических реакций получены. Формулы (25) являются новыми.

4. Обсуждение результатов. Произведем краткий анализ формул (25). Во-первых, ясно, что за исключением особых случаев F_x и F_y отличны от нуля. Так что и лобовое сопротивление, и подъемная сила ненулевые и парадокса типа Даламбера не возникает.

Рассмотрим вторую из формул (25), определяющую выражение для F_y . В правой части имеем два слагаемых. Первое слагаемое $g\pi r^2$ заведомо положительно. С учетом специфики плоской задачи это слагаемое представляет вклад от архимедовой силы. Величина $g\pi r^2$ положительна, так что имеем подтверждение известного факта — архимедова сила направлена вверх. Данное слагаемое никак не связано с силами вязкости и с набегающим потоком и определяется лишь геометрическими размерами обтекаемого тела и ускорением свободного падения. В противоположность этому второе слагаемое для F_y зависит и от числа Рейнольдса, и от величины c_0 . Величина c_0 является корнем уравнения (19) и ее значение зависит от коэффициентов этого уравнения, определяемых формулами (20). Поскольку в правых частях формул (20) фигурируют k и r , то от этих же величин зависят и c_0 , и F_y . Таким образом, второе слагаемое для F_y явно зависит не только от r , но также и от Re и k . Это слагаемое есть результат гидродинамического воздействия набегающего потока. Знак этого слагаемого может быть как положительным, так и отрицательным в зависимости от параметров. Не исключена также возможность, что это

слагаемое будет равно нулю. В частности эта возможность реализуется, если $c_0 = 0$ является корнем уравнения (19).

Рассмотрим первую из формул (25), определяющую лобовое сопротивление F_x . Величина F_x есть результат действия набегающего потока и она определяется только одним слагаемым, которое заведомо положительно. Величина F_x явно зависит от Re , r и c_0 . Зависимость от c_0 приводит также и к зависимости от k и L .

Как следует из формул (25), общая сила гидродинамического воздействия \overline{F}_R может быть разложена на две составляющие:

$$\overline{F}_R = \overline{F}_A + \overline{F}_C, \quad (26)$$

где \overline{F}_A есть архимедова сила, а \overline{F}_C — сила действия набегающего потока (от *англ.* current — течение).

Обе эти силы приложены к центру цилиндра, однако их направления различны. \overline{F}_A направлена вертикально вверх, а направление \overline{F}_C определяется углом ϑ , для которого

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{-c_0}{\sqrt{1-c_0^2}}. \quad (27)$$

Из формулы (27) ясно, что угол ϑ определяется величиной c_0 , а значит, зависит от начального угла атаки θ посредством параметра k и зависит также от R и L .

Чтобы оценить относительные вклады сил \overline{F}_A и \overline{F}_C , интересно сравнить их модули. Из формул (25) следует, что отношение модулей определяется как

$$\frac{|\overline{F}_C|}{|\overline{F}_A|} = \frac{960 \cdot v^2}{GR^3}, \quad (28)$$

где G и R есть размерные величины, ускорение свободного падения и радиус цилиндра соответственно.

Вычисления по формуле (28) показывают, что для воды при температуре 1–10 °С это отношение имеет порядок 10^{-5} , так что архимедова сила значительно превосходит по модулю силу \overline{F}_C . Следует, однако, учесть следующие обстоятельства. Архимедова сила в значительной степени компенсируется силой тяжести, направленной вертикально вниз. Если архимедова сила и сила тяжести — силы постоянного действия и по направлению, и по модулю, то направление силы \overline{F}_C зависит от величин k и L , которые должны задаваться как параметры. Вдоль длины трубопровода эти величины могут существенно изменяться. Значит, и направление силы \overline{F}_C для различных сечений трубопровода также будет разным. Такие изменения приводят к кручениям и изгибам.

5. Выводы. Таким образом, решение задачи обтекания цилиндра в уточненной обстановке позволило вычислить гидродинамическое воздействие подводного трубопровода на морские течения. В результате получены новые формулы для подъемной силы и лобового сопротивления. Важно, что ни парадокса Стокса, ни парадокса Даламбера при этом не возникает. Полученные формулы вводят в рассмотрение два новых дополнительных параметра — k и L . Эти параметры могут быть определены в результате измерений. Таким образом, для длинного трубопровода появляется возможность аналитического расчета изгибов, кручений и деформационных изменений вследствие подводных течений.

Предлагаемая методика может быть применена и для расчета динамических реакций на тело, лишь частично погруженное в жидкость, например на днище корабля. Для этого достаточно в формулах (23) интегрирование распространить лишь на ту часть контура, которая погружена в жидкость. Например, при погружении цилиндра в жидкость наполовину достаточно в (23) интегрировать в пределах от π до 2π . Изменения в этом случае произойдут лишь в коэффициентах результирующих формул.

Список литературы

1. *Кочин Н. Е.* Теоретическая гидромеханика / Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе. — М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1963. — Ч. 2. — 727 с.
2. *Лойцянский Л. Г.* Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. — М.: Наука, 1987. — 833 с.
3. *Валландер С. В.* Лекции по гидроаэромеханике / С. В. Валландер. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. — 294 с.
4. *Коптев А. В.* Проблемы и перспективы решения уравнений Навье–Стокса / А. В. Коптев // Математическая физика и ее приложения: материалы III Междунар. конф. / Математический ин-т им. В. А. Стеклова РАН. — 2012.
5. *Коптев А. В.* Первый интеграл и пути дальнейшего интегрирования уравнений Навье–Стокса / А. В. Коптев // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. Сер. «Естественные и точные науки». — 2012. — № 147.
6. *Koptev A. V.* A new approach to resolution of the Navier–Stokes equations / A. V. Koptev // European Sciences and Technology. — Munich, Germany, 2013. — Vol. 2.
7. *Koptev A. V.* Nonlinear effects in Poiseuille problem / A. V. Koptev // J. of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. — 2013. — Iss. 6 (3).

ЛОГИСТИКА И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 614.841

В. А. Бобыр,

канд. техн. наук, доцент, капитан дальнего плавания,
Одесская национальная морская академия

СУДОВАЯ ЭРГАТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ НЕФТИ ОТ ИСПАРЕНИЯ

SHIP ERGATIVE FUNCTION CRUDE OIL LOSS REDUCTION FROM EVAPORATION

На основе использования энтропийного подхода получена информация об условиях, при которых энтропия судовой эргатической функции (СЭФ) сокращения потерь нефти от «малых дыханий» в подпалубном пространстве грузового танка танкера равна нулю. В результате была разработана методика по контролю за температурой в газовом пространстве грузовых танков танкеров, позволяющая сократить потери нефти от «малых дыханий».

On the basis of using the entropic approach an information was received with regard to conditions ensuring zero entropy of the ship ergative function reduction of crude oil loss from “small breath” in the under deck space of tanker cargo tanks. As a result a method was developed to monitor temperature in the tanker cargo tank gas space which allows reducing crude oil loss from “small breath”.

Ключевые слова: судовая эргатическая функция, энтропия, потери нефти от «малых дыханий», техническая система преобразований, чувствительность СЭФ.

Key words: ship ergative function (SEF), entropy, crude oil loss from “small breath”, technical transformation system, SEF sensibility.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами

На танкере при перевозке груза нефти и нефтепродуктов (в дальнейшем — нефти) происходит газообмен между паровоздушной смесью, содержащейся в подпалубном пространстве грузовых танков, и внешней атмосферой. Выброс этой паровоздушной смеси в атмосферу в современных условиях, когда мировым сообществом прикладываются огромные усилия для защиты Земли от загрязнений, является крайне нежелательным явлением, так как, во-первых, это приводит к загрязнению окружающей среды, усилению парникового эффекта, загрязнению рабочей среды на судне и значительным потерям груза, а также создает пожарную опасность на судне и т. п. А во-вторых, при испарении теряются наиболее ценные фракции нефти. При этом потери нефти за один рейс продолжительностью 3–4 недели могут превышать 0,7 % от общего количества груза [1].

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы, и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Основными средствами для снижения испарения с поверхности нефти в танках и уменьшения их потерь в настоящее время являются:

— дыхательные клапаны, устанавливаемые на газоотводной системе танкеров и сконструированные так, чтобы давление в подпалубном пространстве грузовых танков не превышало 0,125 кгс/см² и не снижалось более чем на 0,025 кгс/см² ниже атмосферного давления;

— системы орошения грузовой палубы — в средней части грузовой палубы прокладывается трубопровод с отрезками на оба борта, к которому по пожарной магистрали подводится морская вода и через распылители разбрызгивается на палубу [2].

На танкерах потери от выбросов паров нефти в атмосферу происходят главным образом от так называемых «больших» и «малых дыханий»

«Большие дыхания» на наливном судне — это разовое вытеснение из танков паровоздушной смеси при наливке груза и в дальнейшем из-за его нагрева при переходе судна из холодной воды в теплую. Как правило, в большинстве портов налива паровоздушная смесь удаляется в береговые резервуары через газоотводную систему судна, соединенную с газоотводной системой берега, и поэтому потерей не является. Однако паровоздушная смесь, образовавшаяся из-за нагрева груза, удаляется через газоотводную систему судна в окружающую атмосферу, и предотвратить эти потери пока не представляется возможным. Следует обратить внимание на тот факт, что «большое дыхание» может продолжаться и в течение рейса, если танкер следует из холодных вод в теплые. Прекращается оно только после того, когда средняя температура груза в танках достигнет температуры забортной воды [3, с. 10–14].

Для предотвращения потерь от «малых дыханий» в практике перевозки нефти на танкере на данный момент существуют только общие рекомендации о том, что системы орошения грузовой палубы следует включать при плавании в жаркую солнечную погоду, особенно в тропиках [4]. Эти рекомендации не являются выводом из результатов специальных исследований по сокращению потерь нефти от «малых дыханий» на танкерах. Это попытки использования на морских наливных судах рекомендаций, полученных при исследовании проблемы сокращения потерь нефти от испарения из береговых резервуаров, что является необоснованным и неэффективным. Например, установлено, что бесконтрольная работа дыхательных клапанов совместно с орошением грузовой палубы забортной водой на танкерах не является оптимальной для сокращения потерь от «малых дыханий» [5, с. 5–8]. Это связано с отсутствием обоснованных критериев для включения в работу системы орошения из-за недостаточной изученности процессов тепло- и массообмена при испарении нефти из танков на танкерах. Поэтому проблема обеспечения инструментального контроля за «малыми дыханиями» при перевозке нефти морем на танкерах остается нерешенной.

Формулирование целей статьи и постановка задачи

Целью статьи является использование энтропийного подхода к изучению судовой эргатической функции (СЭФ) сокращения потерь нефти от испарения.

Задача статьи — на основе информации, полученной при исследовании физических процессов испарения нефти в подпалубном пространстве грузовых танков танкера при перевозке морем, разработать методику по сокращению потерь нефти от «малых дыханий».

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов

С позиций энтропийного подхода необходимо получить информацию для уменьшения энтропии судовой эргатической функции «малого дыхания» в результате необратимых преобразований, вызываемых физическими процессами и преобразованиями одних видов энергии в другие внутри СЭФ при обеспечении сокращения потерь груза при «малых дыханиях». При условии, что энтропия эргатической функции равна нулю, если имеется полная информация о ее состоянии, количество информации о «малых дыханиях» должно быть таким, чтобы чувствительность процесса сокращения потерь груза от «малых дыханий», или, другими словами, неустранимые потери груза из-за погрешности оператора при реализации эргатической функции, была на порядок меньше величины допустимых потерь наливного груза при перевозке морем.

В технической системе преобразований СЭФ «малые дыхания» для получения требуемой информации о процессе тепло- и массопереноса в грузовом танке необходимо рассмотреть взаимодействие только трех элементов этой СЭФ — судна, груза и окружающей среды (рис. 1), поскольку цель преобразования — обеспечить инструментальный контроль этого процесса.

В рассматриваемой технической системе преобразований будут две функции связи: природная среда–груз и оператор–судно, которые должны характеризовать:

- изменение температуры газового пространства (ГП) грузовых танков;
- режимы включения системы орошения грузовой палубы.

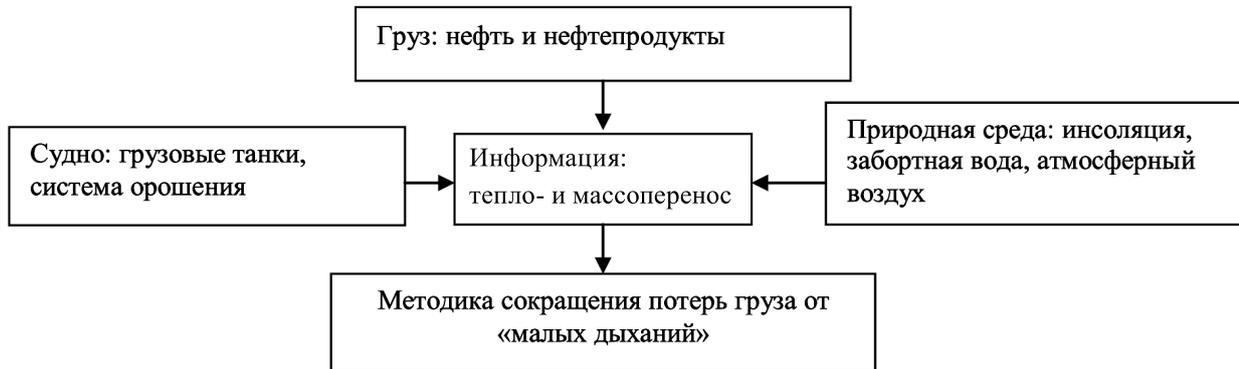


Рис. 1. Схема технической системы преобразований операций по сокращению потерь груза от «малых дыханий» при перевозке нефти морем

Потери от «малых дыханий» происходят на переходе танкера морем вследствие действия на грузовую палубу и наружную обшивку бортовых грузовых танков в основном солнечной радиации (инсоляции), а также атмосферных явлений — барометрического давления и осадков. Из-за этого в газовом пространстве (ГП) грузовых танков происходят колебания температуры, что вызывает изменение парциального давления нефти. Колебания температуры и парциального давления нефти приводят к соответствующим колебаниям абсолютного давления в ГП грузовых танков. Повышение температуры и парциального давления в ГП вызывает увеличение в нем абсолютного давления — P_{Γ} . По достижении последним значения $P_{\Gamma} = P_a + p_{к.д.}$ открывается дыхательный клапан и из грузового танка в атмосферу вытесняется паровоздушная смесь — происходит «выдох». Вытеснение паровоздушной смеси продолжается до тех пор, пока абсолютное давление P_{Γ} не становится равным атмосферному — P_a и выход паровоздушной смеси прекращается. Если абсолютное давление в ГП танков становится ниже барометрического и достигает значения вакуума, на которое отрегулирован дыхательный клапан газоотводной системы, последний открывается и в танк поступает атмосферный воздух — происходит «вдох». Абсолютное давление в газовом пространстве $P_{\Gamma} = P_a - p_{к.в.}$, где P_a — атмосферное (барометрическое) давление. Когда абсолютное давление P_{Γ} становится равным атмосферному P_a , вход воздуха прекращается. Продолжительность полного цикла, как правило, равна суткам. С повышением температуры и парциального давления в ГП снова происходит «выдох» и т. д. После полудня начинается «выдох», а на рассвете — «вдох». Все эти явления и приводят к потерям от «малого дыхания».

Таким образом, потери от «малых дыханий» происходят вследствие циклических колебаний температуры и парциального давления в ГП, вызываемых суточным действием солнечной радиации и атмосферных условий на наружные стенки бортовых танков и грузовую палубу.

Потери от «малых дыханий» для заданных нефти, нагрузки дыхательных клапанов и вместимости грузовых танков зависят от:

- объема газового пространства грузовых танков;
- количества получаемой грузовыми танками солнечной радиации;
- интенсивности переноса паров от поверхности нефти;
- насыщенности парами ГП.

При прочих равных условиях потери от «малых дыханий» возрастают с увеличением объема ГП грузовых танков. С повышением солнечной радиации возрастают амплитуды колебания температуры ГП и поверхности груза нефти, что приводит к усилению интенсивности переноса паров от поверхности нефти и увеличению парциального давления в ГП. Это обуславливает насыщение ГП парами нефти и соответственно рост потерь от «малых дыханий».

Потери нефти от одного «малого дыхания» в грузовом танке танкера можно определить по формуле [6]:

$$M_{\text{м.д}} = DV_{\text{п}} \ln \left(\frac{P - p_{\text{к.в}} - p_{\text{мин}}}{P + p_{\text{к.д}} - p_{\text{max}}} \cdot \frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{мин}}} \right), \quad (1)$$

где D — среднее массовое содержание паров нефти в паровоздушной смеси подпалубного пространства грузового танка; $V_{\text{п}}$ — объем паровоздушной смеси в грузовом танке; P — атмосферное давление; $p_{\text{мин}}$ и p_{max} — минимальное и максимальное парциальное давление нефти в газовом пространстве танка в течение суток; $p_{\text{к.в}}$ — вакуум в газовом пространстве танка, соответствующий нагрузке клапана вакуума; $p_{\text{к.д}}$ — избыточное давление нефти в газовом пространстве танка, соответствующее нагрузке клапана давления; $T_{\text{мин}}$ и T_{max} — минимальная и максимальная температуры в газовом пространстве танка в течение суток.

Формальное условие того, что энтропия СЭФ сокращения потерь нефти от испарения равна нулю, то есть «выдоха» от «малого дыхания» из газового пространства танков на судне не будет, $M_{\text{м.д}} = 0$, получаем из формулы (1):

$$\frac{P - p_{\text{к.в}} - p_{\text{мин}}}{P + p_{\text{к.д}} - p_{\text{max}}} \cdot \frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{мин}}} = 1. \quad (2)$$

Величины $p_{\text{мин}}$ и p_{max} можно получить на основе [7] как давление насыщенных паров нефти при температуре в газовом пространстве танка $T_{\text{max/min}}$ по формуле

$$p_{\text{max/min}} = 1,29(T_{\text{max/min}}/38)^{0,69}(V_{\text{г}}/V)^{0,19} p_{38} = 0,007 T_{\text{max/min}} p_{38} \quad (3)$$

где $V_{\text{г}}$ — объем груза в танке; V — объем танка; p_{38} — паспортное давление насыщенных паров нефти при температуре 38 °С; $V_{\text{г}}/V = 0,95$ при полной загрузке танкера.

После подстановки (3) в (2) и упрощений:

$$(P - p_{\text{к.в}} - 0,007 p_{38} T_{\text{мин}}) T_{\text{max}} = (P + p_{\text{к.д}} - 0,007 p_{38} T_{\text{max}}) T_{\text{мин}}. \quad (4)$$

Тогда температурный режим, при котором «выдоха» от «малого дыхания» из газового пространства танков на судне не будет, определяется из формулы (4) как

$$T_{\text{max}} = T_{\text{мин}} (P + p_{\text{к.д}}) / (P - p_{\text{к.в}}). \quad (5)$$

С учетом того, что $P = 1,00$ кгс/см², $p_{\text{к.д}} = 0,125$ кгс/см² и $p_{\text{к.в}} = 0,025$ кгс/см², из (5) получаем

$$T_{\text{max}} = 1,15 T_{\text{мин}}. \quad (6)$$

Выражение (6) служит основой для разработки методики по сокращению потерь груза нефти от «малых дыханий» в грузовых танках на переходе морем, чтобы взять под контроль процесс изменения парциального давления паров груза в газовом пространстве танка.

Учитывая, что «малые дыхания» обусловлены главным образом действием инсоляции, а ее влияние на танкере можно компенсировать только путем орошения грузовой палубы и бортов судна морской водой, необходимо обеспечить измерение минимальной и максимальной температуры в течение суток ($T_{\text{мин}}$ и T_{max}) в газовом пространстве грузового танка.

Прежде всего рассмотрим особенности инсоляции, действующей на судно на переходе морем. При этом различают астрономическую, вероятную и фактическую инсоляции [8]. Однако для нас представляет интерес только фактическая инсоляция, которая всегда отличается от остальных двух. В общем случае фактическая инсоляция, действующая на судно, зависит от состояния атмосферы и облачного покрова, времени года, места судна, его размера и курса, погодных условий. В каждом частном случае она может быть определена лишь натурными наблюдениями. Существенными характеристиками фактической инсоляции для сокращения потерь груза из-за «малых дыханий» являются время начала и окончания действия инсоляции на судно. При этом важно знать, когда максимальная температура в газовом пространстве грузовых

танков не отвечает требованиям условия (6). В литературе имеются данные о том, что в земной атмосфере при высоте солнца менее 8° солнечные лучи не содержат активного энергетического излучения [8]. Поэтому в зависимости от широты места и времени года в течение 1–2 ч после восхода и перед заходом солнца инсоляция практически не влияет на газовое пространство грузовых танков.

Влияние инсоляции на газовое пространство бортовых и центральных танков различно. В работе [9, с. 47–60] показано, что температура газового пространства в бортовых грузовых танках танкера в среднем на 5°C больше, чем в центральных танках.

На этой основе методика сокращения потерь груза от «малых дыханий» в части определения функции связи оператор–судно по обеспечению необходимых режимов включения системы орошения грузовой палубы будет заключаться в следующем.

1. Измеряют начальную температуру (T_{\min}) в газовом пространстве одного грузового бортового танка, на который лучи солнца падают под наибольшим углом, начиная с момента, когда высота светила достигнет 8° .

2. Продолжают измерение температуры через каждый час.

3. В момент, когда температура в газовом пространстве (T_{\max}) превысит начальную температуру (T_{\min}) на 2–3 $^\circ\text{C}$, включают орошение грузовой палубы заборной водой.

4. Продолжают измерения температуры в газовом пространстве танка.

5. Если температура в газовом пространстве танка начинает повышаться, увеличивают расход воды на орошение грузовой палубы.

6. Орошение грузовой палубы прекращают после того, как начнется уменьшение температуры в газовом пространстве танка.

7. Измерение температуры в газовом пространстве танка прекращают, когда высота солнца достигнет 8° .

Таким образом, предложенная методика на основе (6) позволяет взять под инструментальный контроль процесс предотвращения «малых дыханий» на танкере путем измерений температуры T_{\min} и T_{\max} в газовом пространстве грузовых танков.

Далее необходимо проверить, обеспечивает ли предложенная методика требуемую чувствительность рассматриваемой судовой эргатической функции.

После дифференцирования (1) по $M_{\text{м.д}}$ и T и перехода к конечным приращениям получаем выражение для функции связи природная среда–груз СЭФ по предотвращению потерь груза от «малых дыханий», которое характеризует величину потерь от изменения температуры газового пространства (ГП) грузовых танков:

$$\Delta M_{\text{м.д}} = KD V_{\text{п}} \left[\frac{1}{(P - p_{\text{к.в}} - p_{\text{мин}})T} + \frac{1}{(P + p_{\text{к.д}} - p_{\text{макс}})T} \right] \Delta T, \quad (7)$$

где $K = 0,4343$ — модуль перехода от натуральных логарифмов к десятичным; ΔT — суммарная погрешность оператора в определении минимальной и максимальной температур (T_{\min} и T_{\max}) в течение суток в газовом пространстве грузового танка.

Примем, что среднее значение p_{38} для нефти равно $0,2 \text{ кгс/см}^2$; среднее массовое содержание паров нефтепродукта в паровоздушной смеси в подпалубном пространстве грузовых танков $D = 1,4 \text{ кг/м}^3$ [7]; объем газового пространства грузовых танков танкера грузоподъемностью 100 тыс. т в полном грузу — 5000 м^3 ; $\Delta T = 2\sigma T\sqrt{2}$ — суммарная погрешность двух измерений температур со стандартной погрешностью одного измерения $\sigma_T = \pm 1^\circ\text{C}$ при доверительной вероятности 0,95; минимальное значение температуры в подпалубном пространстве танков в условиях тропиков $T_{\min} = 29^\circ\text{C}$ [9]. Тогда после подстановок в (7) этих данных, а также с учетом условия (3) и того, что $P = 1,00 \text{ кгс/см}^2$, $p_{\text{к.д}} = 0,125 \text{ кгс/см}^2$ и $p_{\text{к.в}} = 0,025 \text{ кгс/см}^2$, потери от одного «малого дыхания» составят 4 т в сутки, а за рейс при переходе через океан продолжительностью 15 сут — около 60 т при допустимой величине потерь нефти за рейс, например при плавании в Черноморском бассейне — 0,45 % [10]. В данном случае потери составляют 4500 т.

Выводы и перспективы работы по данному направлению

Таким образом, полученное количество информации о состоянии данной эргатической функции в части «малых дыханий» обеспечивает такую чувствительность процесса сокращения потерь груза от «малых дыханий», при которой неустрашимые потери груза из-за погрешности оператора СЭФ при ее реализации на два порядка меньше величины допустимых потерь наливного груза при перевозке морем.

Эффективность приведенной методики была подтверждена натурным экспериментом в эксплуатационных условиях на танкере «Джамбур» Иракской нефтяной компании на переходах между портами Персидского залива и Аравийского моря в июне–августе, а также на научно-производственном судне ОБО «Маршал Гречко» ОАО «Новошип» в океанских переходах в летний период между портом «Новороссийск» и портами Кубы.

Выражение (6), характеризующее температурный режим, при котором «выдоха» от «малого дыхания» из газового пространства танков на судне не будет, может служить основой для разработки автоматизированной системы по сокращению потерь груза от «малых дыханий» на танкере на переходе морем.

Список литературы

1. *Кутыркин В. А.* Специальные системы нефтеналивных судов: справ. / В. А. Кутыркин, В. И. Постников. — М.: Транспорт, 1983. — 192 с.
2. *Осташев А. В.* Донкерман наливного судна / А. В. Осташев, Л. К. Крыштын, Н. И. Денисенко. — М.: Транспорт, 1979. — 192 с.
3. *Бобыр В. А.* Борьба с потерями наливных грузов от испарения при морской перевозке / В. А. Бобыр, А. Ф. Мошнянский, О. Б. Зайковский // Морской транспорт. Сер. «Технология морских перевозок». — М.: В/О «Мортехинформреклама» ММФ, 1984. — Вып. 6 (128).
4. *Плявин Н. И.* Эксплуатация морского танкера / Н. И. Плявин. — М.: Транспорт, 1968. — 531 с.
5. *Бобыр В. А.* Сокращение потерь наливных грузов от испарения в эксплуатационных условиях / В. А. Бобыр // Морской транспорт. Сер. «Предотвращение загрязнения моря». — М.: В/О «Мортехинформреклама» ММФ, 1985. — Вып. 5 (46).
6. *Константинов Н. Н.* Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов / Н. Н. Константинов. — М.: Гостоптехиздат, 1961. — 260 с.
7. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Абузова [и др.]. — М.: Недра, 1981. — 248 с.
8. *Бакулин П. И.* Курс общей астрономии / П. И. Бакулин, Э. В. Кононович, В. И. Мороз. — М.: Наука, 1976. — 536 с.
9. *Бобыр В. А.* Результаты натурных исследований процесса количественного учета наливного груза на танкере / В. А. Бобыр // Технология перевозок грузов морем: тр. ЦНИИМФ. — Л.: Транспорт, 1980. — Вып. 251.
10. Об утверждении норм естественной убыли нефти и нефтепродуктов при перевозке железнодорожным, автомобильным, водным видами транспорта и в смешанном железнодорожно-водном сообщении: приказ Минэнерго РФ № 527, Минтранса РФ № 236 от 1 ноября 2010 г. — 6 с.

ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 330.131.7

Т. В. Головань,
аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОНЦЕПЦИИ «РИСК» И ФОРМИРОВАНИЕ ЕЕ ПОНЯТИЙНОЙ СУЩНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОРСКИХ БРОКЕРСКИХ КОМПАНИЙ

THE STUDY OF THE CONCEPT'S NATURE OF "RISK" AND FORMATION IT'S CONCEPTUAL ESSENCE IN RESPECT TO MARINE BROKERAGE COMPANIES' ACTIVITY

В данной статье исследована история происхождения термина «риск», рассмотрены существующие теории «риска», произведен анализ концептуальных подходов к формулировке понятия «риск» и различных интерпретаций данного термина, исследована взаимосвязь риска и неопределенности, представлены уточненные и дополненные автором функции риска. Предложен авторский подход к толкованию тезиса «риска» применительно к деятельности морских брокерских компаний.

In the article the history of the origin term "risk" is researched, the existent sciences of "risk" is examined, the analysis of conceptual approaches for definition of the "risk's" concept and the various interpretations of this term are effected, the correlation of risk and ambiguity is researched, the corrected and augmented functions of risk is presented by author. New author's approach was suggested for interpretation of the thesis "risk" with regard to marine brokerage companies' activity.

Ключевые слова: морская брокерская компания, риск, дефиниции риска, неопределенность, функции риска.

Key words: marine brokerage company, risk, definitions of risk, ambiguity, risk functions.

МОРСКИЕ брокерские компании представляют собой одну из важнейших составляющих всего транспортного процесса, без посредничества которых практически невозможно осуществить сложный процесс морской перевозки грузов. Они работают в условиях высокой конкуренции с другими отечественными и зарубежными морскими брокерскими компаниями, а также с агентскими компаниями, которые в настоящее время очень часто берут на себя обязательства фрахтовых брокеров, чем и подрывают их значимость и устойчивое положение на фрахтовом рынке при заключении сделок по фрахтованию.

Деятельность различных компаний и предприятий, в том числе и морских брокерских компаний, связана со многими трудностями и критическими обстоятельствами: стихийные бедствия, ошибки служащих, отсутствие необходимого опыта и знаний у руководящих кадров, несоблюдение условий контрактов, аварии, изменения в законодательстве и т. д.

Вне всякого сомнения, что все эти риски, к которым относятся не только внутренние риски, но и присущие мировым экономическим системам риски, расширяются и усиливаются при проведении компанией внешнеэкономической деятельности. В связи с этим для компаний, принимающих участие в международных отношениях, проблема рисков стоит как никогда остро.

В условиях административно-командной экономической системы, существовавшей в России до 1990-х гг., на категорию «риск» ставилось клеймо «родимого пятна» капитализма и было принято положение об исключении рисков в условиях планомерного и пропорционального развития народного хозяйства, поскольку при централизованном и директивном управлении экономикой в плановом хозяйстве трудности и возможные опасности могли возникнуть только при невыполнении государственного плана, а также при нарушении и несоблюдении договорных обязательств, непоставок продукции и т. п. Именно этот многолетний запрет данной темы объясняет устойчивое затянувшееся и долговременное отсутствие научного интереса к исследованию данной категории. Иными словами, категория «риск» не имела права на существование, что подтверждают слова Л. И. Евенко: «в силу планового характера экономики социалистического типа хозяйственные риски имеют тенденцию к отмиранию» [1].

С переходом России к рыночной экономике, когда хозяйствующий субъект вынужден принимать во внимание множество альтернативных вариантов, которые обладают высокой вероятностью и возможностью отклонений поведенческих характеристик рискованного положения от выбранной траектории, потребность в изучении и исследовании категории «риска», а также интерес к нему как к неотделимому и присущему атрибуту рыночной экономики становятся актуальными.

В последние два десятилетия в России о риске написано очень много. Большое число исследователей и ученых стали использовать этот термин, посвящать этому понятию книги, пытаются дать новые интерпретации термина и т. д.

Риск можно рассматривать, с одной стороны, как историческую категорию, с другой стороны, как экономическую. Как историческая категория, риск возник на низшей ступени цивилизации, где общественные интересы сталкивались с появившимся у человека чувством страха перед смертью¹.

Таким образом, в историческом аспекте, по мнению автора, риск можно охарактеризовать как осознаваемую субъектом опасность или угрозу и, как следствие, применение им осмысленных и осознанных действий, основанных на адекватной оценке рискованной ситуации в условиях неопределенности.

Понятие «риск» имеет довольно длительную мировую историю. Этимология слова «риск» и его возникновение свидетельствуют о том, что на право называться основой происхождения понятия «риск» могут претендовать сразу несколько архаических слов из различных европейских языков:

- староитальянское слово “risicare”, означающее «посметь», «отважиться»;
- французское слово “risqué”, обозначающее рискованный, сомнительный;
- греческое слово “ridsikon”, “ridsa” — «скала», «утес»;
- латинское слово “rescum”, означающее непредсказуемость, опасность или то, что разрушает;
- испанское слово “risco” — «отвесная скала».

Таким образом, концептуальная нагрузка приведенных терминов содержит в себе, во-первых, недостаточную уверенность и убежденность в успешном результате и, во-вторых, начало действия какого-то процесса.

Первые упоминания термина «риск» можно встретить в источниках по мореплаванию и морской торговле еще в эпоху Средневековья, под которым мореплаватели подразумевали вероятную опасность или угрозу своим судам от пиратов и стихийных бедствий. Но впервые термин «риск» начал употребляться в 1830-х гг. при осуществлении страховой деятельности, и только в последней четверти XX в. наука о риске окончательно сформировалась и начала находить свое отражение как в научной литературе, так и в экономической жизни.

Первоначально учет риска и исследования, посвященные его анализу, можно было найти в литературе по математике, а затем уже риск стал объектом исследования в юриспруденции, стати-

¹ Согласно культурно-исторической периодизации Л. Моргана и Ф. Энгельса развитие общества прошло три эпохи: дикость, варварство и цивилизацию, каждая из которых состоит из трех ступеней: низшей, средней и высшей.

стике, логике, экономике, практике страхования, функционировании бирж, медицине, философии и т. д. Такое многообразие направлений исследования риска нашло свое отражение в двух основных теориях риска — классической и неоклассической, сравнительная характеристика которых представлена в табл. 1.

Необходимо отметить, что риск представляет собой довольно сложное явление, которое имеет множество несовпадающих, а зачастую и противоположных основ, что и обуславливает существование большого количества определений понятия «риск» с различных точек зрения. Концептуальные подходы к формулировке понятия «риск», а также различные дефиниции данного понятия для наглядности сведены автором в табл. 2.

Таблица 1

Основные характеристики классической и неоклассической теории риска

Основоположником теории риска считается французский экономист Р. Кантильон	
Классическая теория	Неоклассическая теория
Родоначальники теории	
Дж. Милль, Н. У. Сениор	А. Маршалл, А. Пигу
Основная идея теории	
Предложено проводить сравнение риска с «математическим ожиданием потерь» [2], которые могут возникнуть при осуществлении выбранного решения, то есть риск есть не что иное, как ущерб вследствие реализации решения	Выдвинута идея, согласно которой предприниматель, осуществляя свою деятельность в условиях неопределенности при альтернативе выбора варианта совершенствования своего бизнеса, предвещающих одинаковую ожидаемую прибыль, предпочитает тот вариант, в котором отклонение от нее будет меньше [6; 9]
	Данная позиция нашла оппонента в лице Дж. М. Кейнса. Он считал, что такой подход не принимает в расчет удовольствие игрока от азартных игр. Он классифицировал старый и ввел новый понятийный аппарат в учение о рисках (понятие «склонность к азарту»). Также он обосновал необходимость введения «издержек риска» для компенсации возможных негативных отклонений фактической выручки от ожидаемой. Кроме того, Кейнс выделил три основные разновидности риска: «риск предпринимателя или заемщика; риск кредитора; риск, связанный с возможным уменьшением ценности денежной единицы» [9].
Резюмирование идей	
Приверженцы классической теории отождествляют риск исключительно с потерями, убытками и ущербом	Приверженцы неоклассической теории отождествляют риск с отклонением фактически полученной прибыли от ожидаемой
Единство обеих школ во мнении	
Риск возникает только при наличии фактора неопределенности	

Таким образом, проведенный автором анализ концептуальных подходов к формулировке понятия «риск» показал, что существует значительный разброс мнений исследователей и ученых к содержательной и смысловой основе понятия «риск».

Кроме того, анализ дефиниций термина «риск» позволяет сделать следующие выводы:

- во-первых, существует тесная связь между понятиями «риск», «вероятность» и «неопределенность»;
- во-вторых, неотъемлемым фактором риска является наличие альтернативности вариантов и необходимость выбора одного из них.

Таким образом, поскольку существует большое количество мнений ученых относительно содержательной основы термина «риск» и, как следствие, множество его формулировок, можно сделать вывод, что понимание сущности риска и его определение напрямую зависят от причин, которые влияют на восприятие. Одной из самых важных, по мнению автора, является причина прикладного значения, то есть сфера деятельности компании, относительно которой рассматривается риск, что в результате и приводит не только к неоднозначному восприятию рисков и различным формулировкам, но и создает различные подходы к проблеме управления ими.

Таблица 2

Концептуальные подходы к формулировке понятия «риск» и характеристики его определений, приведенных различными авторами

Существующие подходы к формулировке понятия «риск»	Авторы	Содержание определения
1	2	3
Риск отождествляется как возможность или вероятность наступления приводящих к потерям событий, которые оказывают негативное влияние на экономической объект	И. А. Бланк	«Вероятность возникновения неблагоприятных последствий в форме потери дохода или капитала в ситуации неопределенности условий осуществления его финансово-хозяйственной деятельности» ¹
	Л. Н. Тэпман	«Возможность возникновения неблагоприятных ситуаций в ходе реализации планов и исполнения бюджетов предприятия» [8]
	М. А. Рогов	Объективная возможность появления убытков, ущерба, потерь планируемых доходов и прибыли
	А. М. Дубров, Б. А. Лагоша, Е. Ю. Хрусталеv	Возможность (угроза) утраты лицом или учреждением части своих средств и резервов, недополучения доходов или возникновения дополнительных издержек при осуществлении определенной производственной и денежной политики
	П. Г. Грабовый, С. Я. Петрова, К. Г. Романова	Опасность возникновения потери организацией доли своих ресурсов и средств, недополучение прибыли или появление дополнительных затрат при реализации производственной и финансовой деятельности
	В. Н. Вяткин	«Возможность события, неожиданного для активного субъекта, которое может произойти в период перехода субъекта из данной исходной ситуации к заранее определенной этим субъектом конечной ситуации» ²
	Я. С. Мелкумов	Вероятность неблагоприятного исхода финансовой операции
	Р. Дембо, А. Фримен	Способ возможных изменений в ценности портфеля инвестиций, которые будут являться следствием отличия ситуации в настоящем и в какой-то временной точке в будущем
Риск как результат деятельности, чаще всего в виде потерь и убытков	Н. В. Хохлов	Возможность появления убытков или неполучение планируемой прибыли сравнительно с предполагаемым вариантом
	Д. Бачкай, Д. Месена, Д. Мико, Ё. Сеп, Э. Хусти	Относят риск к возможности отклонения от намеченной цели, в угоду свершения которой и принималось решение. Вдобавок опровергают допустимость идентификации риска с какой-то вероятностью, считая эти понятия в смысловом плане совершенно самостоятельными

¹ Бланк И. А. Управление финансовыми рисками. Киев: Ника-Центр, 2005.

² Вяткин В. Н. и др. Управление рисками фирмы: программы интегративного риск-менеджмента. — М.: Финансы и статистика, 2006.

Таблица 2
 (Окончание)

Риск определяется как деятельность субъекта хозяйственной жизни, связанная с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора	А. П. Альгин	Деятельность, которая связана с преодолением неясности в обстановке неминуемого выбора, при которой есть реальная возможность в количественном и качественном отображении дать оценку вероятности достижения планируемого результата, провала или отказа от цели
	В. М. Гранатуров	Вероятность утери важных ресурсов предприятия (материальных, товарных) при осуществлении деятельности, в случае когда ситуация и условия осуществления деятельности будут колебаться в сторону, отличающуюся от рассчитанной проектами, планами и расчетами
	А. С. Шапкин	Деятельность, отождествляемая с прохождением неопределенности при неминуемом выборе, при котором существует реальный шанс провести количественную и качественную оценку объективной возможности достижения планируемого результата
	С. А. Вильямс, Р. М. Хейнс	Понимают под риском модификацию результатов, которые могут свершиться в течение определенных условий и состояний
	В. В. Витлинский, С. И. Наконечный	Связывают риск с прохождением неясности при неизбежном выборе и обрисовывают способ достижения предполагаемого результата, провала, отказа от цели с учетом воздействия факторов, поддающихся или не поддающихся контролю, а также присутствие прямых и обратных связей
Риск как опасность возникновения потерь	И. Т. Балабанов	Возможность возникновения убытков и ущербов, происходящих ввиду особенностей каких-нибудь природных явлений и видов деятельности человека и общества в целом
	Е. С. Стоянова	Вероятность возникновения потерь как следствие особенностей явлений природы и видов деятельности человеческого общества
	В. А. Гамза	Возможная (потенциальная или реальная) опасность (угроза) для тех или иных интересов банка
	М. В. Грачева	Потенциальная, численно измеримая возможность неблагоприятных ситуаций и связанных с ними последствий в виде потерь, убытков, ущерба
Риск как синоним неопределенности	Г. В. Чернова, А. А. Кудрявцев	Рассматривают риск как синоним термина «неопределенность» — «применяется для обозначения отсутствия или недостатка определенности, т. е. ясности и/или уверенности в исходе того или иного события»
	А. В. Тихомирова	Потеря или ущерб, вероятность которых связана с наличием неопределенности и недостаточности информации
	А. А. Милосердов, Е. Б. Герасимова	Считают риск ситуацией «измеримой» неопределенности, в случае если лицо при обработке доступной и понятной информации может извлечь предвиденные альтернативы наподобие многочисленных похожих случайных явлений и определить как стохастическую сортировку

В первую очередь неоднозначная позиция касается взаимосвязи терминов «риск» и «неопределенность». Значительный вклад в решение данной проблемы внесли А. Тюнен, Дж. Шумпетер, Дж. Кейнс, Ф. Найт, Дж. фон Нейман, К. Эрроу и др.

Фундаментальное, классическое и признанное всеми исследователями обоснование взаимосвязи риска и неопределенности было предложено Ф. Найтом в 1921 г. в своей диссертационной работе «Риск, неопределенность и прибыль» [5]. Термин «неопределенность» Ф. Найт рекомендо-

вал использовать только в тех случаях, если исход события неизвестен и не установлено вероятностное распределение — «неизмеримая неопределенность» [5].

По мнению автора, понятия «риск» и «неопределенность» следует разграничивать, поскольку, во-первых, риск можно измерить (количественной величиной может быть вероятность благоприятного или неблагоприятного исхода), а неопределенность нет; во-вторых, рассматривая риск, компания оценивает его влияние на свою деятельность, в то время как неопределенность может и не содержать в себе угрозы для какой-то определенной компании; в третьих, риск порождается при принятии решений в условиях неопределенности.

В целях выявления предметной области риска, его экономического предназначения и сущности автор считает необходимым рассмотреть его функции. Современные экономисты неоднозначно относятся к определению функций риска, выделяя в основном инновационную, защитную, регулятивную, аналитическую, компенсирующую и социально-экономическую. По мнению автора, вышеобозначенные функции недостаточно полно отражают сущность риска и его экономическое предназначение. В связи с этим на рис. 1 автором представлены уточненные и дополненные функции риска.

Таким образом, понимание сущности риска сводится либо к исторической категории, то есть риск представляет собой осознанную человеком возможную опасность, либо к экономической категории, представляющий собой возможность появления какого-либо события, предполагающего отрицательный, нулевой или положительный конечные результаты. Одни ученые делают основной акцент только на негативной стороне риска, то есть рассматривают его как историческую категорию (И. Т. Балабанов, В. А. Гамза, Ю. Ю. Екатеринославский, Н. В. Хохлов, Г. В. Чернова и др.), другие отечественные и зарубежные исследователи (С. Н. Воробьев, Э. Холмс, В. Е. Барбаумов, R. Ericson, L. Condamin, J.-P. Louison, P. M. Collier [9]) относят риск к экономической категории, отождествляя его с возможными потерями, при этом давая шанс получить незапланированный доход в результате умелого управления риском.

На водном транспорте также ведется активное дискутирование и обсуждение в области управления рисками. Кроме этого, отечественные и зарубежные авторы исследуют содержание понятия риска и предлагают авторские определения согласно вышеобозначенным (табл. 1) концептуальным подходам. Так, например, проблему риска в хозяйственной деятельности на предприятиях водного транспорта исследовал в своей работе А. Ю. Михеев, определяя риск на водном транспорте как «вероятность потерь части дохода любого предприятия и отрасли в целом или возможность получения части дополнительной прибыли по сравнению с существующим вариантом в результате деятельности, связанной с преодолением неопределенности» [4].

Ю. А. Линцова в своей работе применительно к системе управления инвестиционными рисками судоходных компаний придерживается теории «риск — потери» и определяет риск как «вероятность наступления рисковосодержащего события, связанного с выбором из предлагаемых альтернатив одного или нескольких инвестиционных решений в условиях неопределенности, влекущего за собой возможность недополучения (или убытка) запланированной величины прибыли от реализации инвестиционного проекта» [3].

Т. В. Санжиева, например, в своей работе по интеграции риск-менеджмента и сбалансированной системы показателей в управлении судоходной компанией предлагает понимать под риском «потенциальную опасность возникновения отрицательных отклонений от запланированных результатов в процессе работы компании, которая отражается на ее основных экономических показателях вследствие неопределенности условий функционирования под воздействием факторов внешней и внутренней среды» [7].

Более детальное изучение данного вопроса позволяет определить, что для транспортных предприятий, к которым относятся морские брокерские компании, риск отождествляется исключительно в совершении негативных и нежелательных последствий происшедших событий из-за воздействия факторов внешней и внутренней среды компании. Именно такой смысл риска лежит в базе методов и систем управления рисками в транспортных предприятиях.

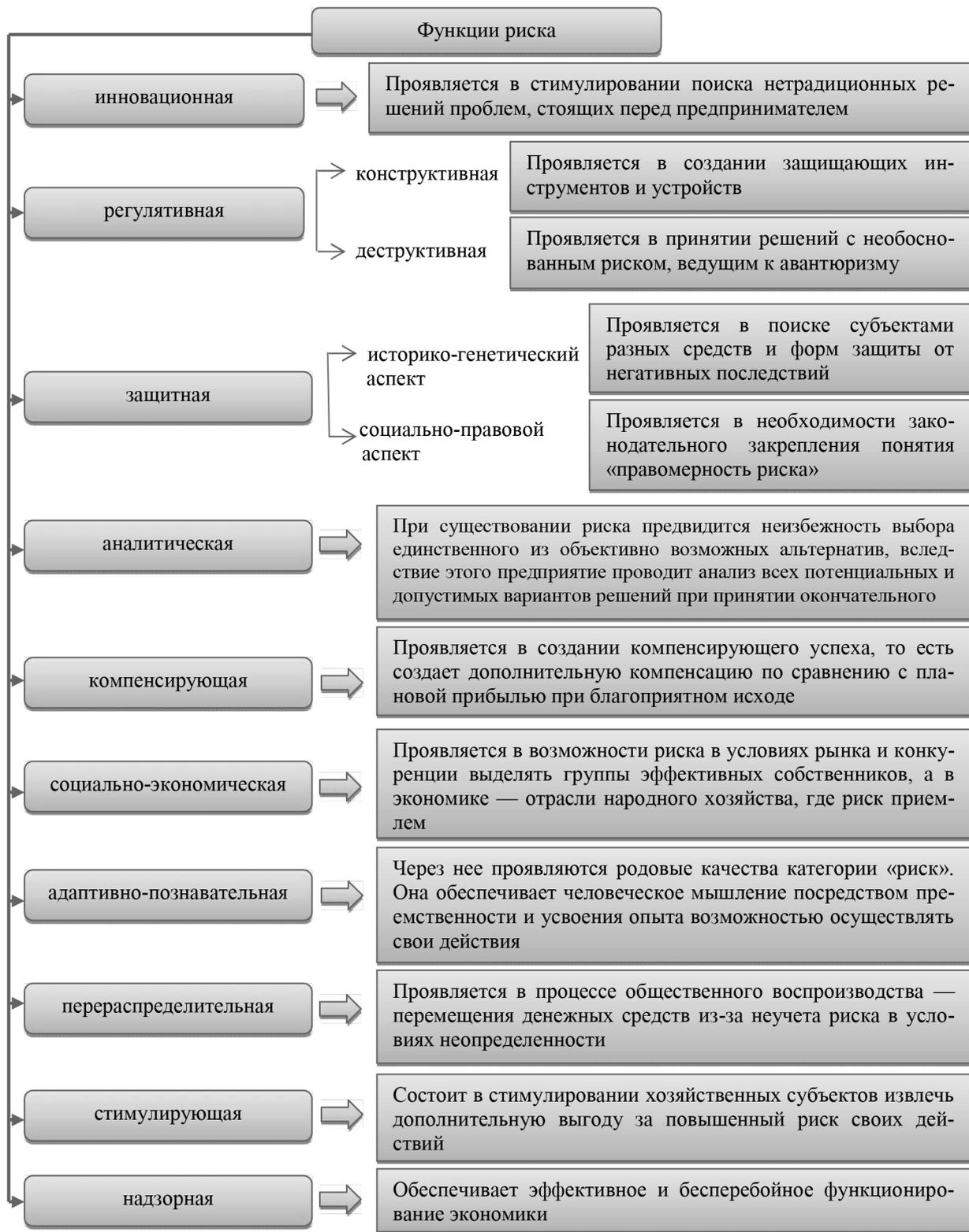


Рис. 1. Функции понятия «риск», отражающие его сущность

Исходя из этого, учитывая проведенный анализ и обобщив различные точки зрения на проблему определения и содержания сущности понятия «риск», а также принимая во внимание тот факт, что объектом исследования являются морские брокерские компании, автор предлагает следующее определение термина «риск»: риск — это потенциальная или вероятная опасность воз-

никновения рискосодержащего события, связанного с отрицательным отклонением от запланированных результатов в процессе деятельности компании, вследствие неопределенности условий функционирования под воздействием факторов внутренней и внешней среды.

Список литературы

1. Американский капитализм и управленческие решения (теория и методы принятия решений / под ред. Л. И. Евенко. — М.: Наука, 1977. — 288 с.
2. Боди З. Финансы: пер. с англ. / З. Боди, Р. Мертон. — М.: Издат. дом. «Вильямс», 2000.
3. Линцова Ю. А. Управление инвестиционными рисками судоходных компаний: дис. ... канд. экон. наук / Ю. А. Линцова. — Новороссийск, 2007. — 202 с.
4. Михеев А. Ю. Управление хозяйственными рисками на предприятиях водного транспорта: дис. ... канд. экон. наук / А. Ю. Михеев. — СПб., 2004. — 152 с.
5. Найт Ф. Х. Риск, неопределенность, прибыль / Ф. Х. Найт; пер с англ. М. Я. Каждана. — М.: Дело, 2003. — 360 с.
6. Принципы экономической науки: в 3 т.: пер. с англ. / А. Маршалл. — М.: Прогресс: Фирма «Универс», 1993. — 309 с.
7. Санжиева Т. В. Интеграция риск-менеджмента и сбалансированной системы показателей в управлении судоходной компанией / Т. В. Санжиева. — СПб., 2013. — 151 с.
8. Тэпман Л. Н. Риски в экономике: учеб. пособие для вузов / Л. Н. Тэпман; под ред. В. А. Швандара. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 380 с.
9. Keynes J. M. The General Theory of Employment, Interest and Money / J. M. Keynes. — N. Y., 1936 = Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж. М. Кейнс // Мальтус К., Кейнс Д., Ларин Ю. Антология экономической классики. — М.: Эконом-Ключ, 1993.
10. Collier P. M. Risk and Management Accounting: Best Practice Guidelines For Enterprise-wide Internal Control Procedures / P. M. Collier, A. J. Berry, G. T. Burke. — Oxford: Elsevier Ltd., 2007. — P. 160.

УДК 338.47:656.61

Е. Ю. Грасс,
канд. экон. наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный морской
университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРИНГА И ЛИЗИНГА НА ПОКАЗАТЕЛИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF FACTORING AND LEASING ON FINANCIAL RATIO OF TRANSPORT COMPANIES

В статье рассмотрены современные методы управления оборотным капиталом в транспортных компаниях. На примере транспортно-экспедиторской компании приводится прогнозный расчет влияния факторинга и лизинга на показатели финансового состояния.

Modern methods of control over the current capital in transport companies are considered. In the article The expected calculation of influence of factoring and leasing on indicators of a financial state has been given on the example of the transport-forwarding company.

Ключевые слова: оборотные активы, дебиторская задолженность, факторинг, лизинг, транспортно-экспедиторские компании, показатели финансового состояния.

Key words: ccurrent assets, accounts receivable, factoring, leasing, transport-forwarding company, financial ratios.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ механизма управления оборотными средствами предприятия является одним из главных факторов повышения экономической эффективности производства. Наличие инфляции, неплатежи дебиторов и другие кризисные явления вынуждают предприятия изменять свою политику по отношению к оборотным средствам, искать новые источники пополнения, изучать проблему эффективности их использования.

На каждом конкретном предприятии величина оборотных средств, их состав и структура зависят от множества факторов производственного, организационного и экономического характера. Наличие у предприятия собственного оборотного капитала, его состав и структура, скорость оборота и эффективность использования во многом определяют состояние предприятия и устойчивость его положения на финансовом рынке.

При низком уровне оборотного капитала производственная деятельность нестабильна. Предприятие испытывает нехватку денежных средств для своевременной закупки запасов и выплаты кредиторской задолженности, возникает угроза потери ликвидности, нарушаются сроки выполнения работ и услуг. Замедление оборачиваемости средств организации является неформальным признаком банкротства [1, с. 28].

Дополнительное наращение оборотных средств имеет определенные ограничения. Рост оборотного капитала оправдан, если сопровождается активизацией объемов продаж, то есть темп роста выручки должен опережать темп роста оборотного капитала. В случае если темп роста выручки от продаж будет отставать от темпа роста оборотных средств, происходит излишнее высвобождение активов (бездействующие запасы, денежные средства), возникает избыточная ликвидность, предприятие несет дополнительные издержки по их обслуживанию, что приводит к снижению прибыли.

Ускорение оборачиваемости оборотных средств повышает эффективность использования товарно-материальных ценностей предприятий, улучшает их финансовое состояние.

Ускорение оборачиваемости оборотных средств позволяет либо при том же объеме производства высвободить из оборота часть оборотных средств, либо при том же размере оборотных средств увеличить объем производства.

Для эффективного управления оборотным капиталом каждое предприятие должно следовать основным принципам организации оборотных средств:

- 1) нормирование оборотных средств;
- 2) использование оборотных средств строго по целевому назначению;
- 3) обеспечение сохранности и рационального использования оборотных средств;
- 4) ускорение оборачиваемости оборотных средств.

Многие предприятия в настоящее время пренебрегают принципом нормирования, что является одной из причин кризисного состояния их платежно-расчетной дисциплины. Реализация принципа нормирования позволяет экономически обоснованно установить необходимый размер собственных оборотных средств и тем самым обеспечить условия для успешного осуществления ими производственной и платежно-расчетной функций.

В практике нормирования оборотных средств используются несколько методов: метод прямого счета; аналитический, опытно-лабораторный; отчетно-статистический; коэффициентный.

Нарушение второго принципа путем отвлечения из производственного оборота авансированных оборотных средств на покрытие убытков, потерь по бесхозяйственности, на оплату завышенных банковских процентов по ссудам, на взносы в бюджет налоговых платежей может привести к кризису платежно-расчетной дисциплины, росту огромной задолженности поставщикам за поставляемые материалы, персоналу по заработной плате, бюджету по налоговым платежам.

Организация оборотных средств предприятий обязательно включает систематический контроль за сохранностью и эффективностью использования посредством ревизий и обследований на основе статистических данных, оперативной и бухгалтерской отчетности. Регулярная проверка наличия складских запасов с целью выявления лишних и ненужных и своевременное их списание позволяет увеличить оборачиваемость материальных запасов.

Методы учета материальных затрат оказывают влияние не только на конечные финансовые результаты деятельности предприятия, но и на показатели оборачиваемости оборотных средств. Проведем краткую сравнительную характеристику методов учета материальных затрат. В России наиболее распространенным был метод оценки запасов по фактической себестоимости каждой единицы запасов. Однако в условиях длительного хранения запасов, характерного для многих предприятий, во-первых, занижается себестоимость продукции, во-вторых, существенно занижается стоимость остатков материалов, а значит, искусственно завышается их оборачиваемость.

Использование метода оценки материалов по стоимости последних закупок (ЛИФО) приводит к искажению величины остатков материалов в сторону их уменьшения и, следовательно, к завышению коэффициента оборачиваемости. Оценка запасов товарно-материальных ценностей по стоимости первых закупок (метод ФИФО) приводит к тому, что себестоимость реализованной продукции формируется исходя из наиболее низких цен на материалы, а их остатки оцениваются по максимальной стоимости. Поэтому оборачиваемость текущих активов в данном случае будет объективно ниже, чем при использовании ранее рассмотренных методов оценки запасов. С точки зрения учета материальных затрат наиболее рациональным является метод их учета по средней себестоимости.

Структура оборотных средств и их источников показана в бухгалтерском балансе. Чистый оборотный капитал представляет собой разность между текущими активами и краткосрочной кредиторской задолженностью, поэтому любые изменения в составе его компонентов прямо или косвенно влияют на его размер и качество. Рост чистого оборотного капитала оценивается всегда положительно, за исключением его увеличения за счет безнадежных дебиторов.

Так, например, результаты исследования объемов и состояния дебиторской задолженности на предприятиях водного и морского транспорта показали, что удельный вес просроченной задолженности в общей ее величине на предприятиях морского транспорта составляет около 17 %, а на предприятиях водного транспорта — 22 % [2, с. 157]. В стивидорных компаниях г. Новороссийска доля сомнительной задолженности в составе общей величины дебиторской задолженности в 2012 г. составила 9,45 % [3, с. 133].

Для транспортно-экспедиторских компаний характерно значительное превышение стоимости оборотного капитала над основным капиталом в структуре активов. По данным исследования М. Б. Ивановой [4, с. 48], стоимость оборотных средств в транспортно-экспедиторских компаниях г. Новороссийска превышает стоимость основного капитала в 2,2 раза. В среднем доля дебиторской задолженности составляет 42 % от величины оборотных средств.

Наибольшие резервы повышения эффективности использования оборотных средств заключены в совершенствовании системы расчетов. Среди всех элементов оборотного капитала, особенно в транспортных организациях, преобладает дебиторская задолженность за оказанные работы и услуги.

Современные методы управления дебиторской задолженностью позволяют ускорить ее оборачиваемость и улучшить финансовое состояние организации.

Политика управления дебиторской задолженностью представляет собой часть общей политики управления оборотными активами и маркетинговой политики предприятия, направленной

на расширение объема реализации продукции и заключающейся в оптимизации общего размера этой задолженности и обеспечении своевременной ее инкассации.

Задачами управления дебиторской задолженностью являются:

- 1) ограничение приемлемого уровня дебиторской задолженности;
- 2) выбор условий продаж, обеспечивающих гарантированное поступление денежных средств;
- 3) ориентирование на большее число покупателей с целью уменьшения риска неуплаты одним или несколькими крупными покупателями;
- 4) определение скидок или надбавок для различных групп покупателей с точки зрения соблюдения ими платежной дисциплины;
- 5) ускорение востребования долга;
- 6) уменьшение бюджетных долгов;
- 7) оценка возможных издержек, связанных с дебиторской задолженностью, то есть упущенной выгоды от неиспользования средств, замороженных в дебиторской задолженности.

Рассмотрим способы по управлению дебиторской задолженностью, которые позволяют ускорить ее оборачиваемость и свести к минимуму возможные потери:

- 1) выставление счетов с авансом;
- 2) страхование кредитов;
- 3) факторинг.

Управление оборотным капиталом должно проводиться с учетом минимизации совокупных издержек финансирования.

Организация должна выстроить систему расчетов таким образом, чтобы использовать краткосрочную кредиторскую задолженность как источник покрытия активов. Этот источник самый дешевый, вместе с тем для него характерен высокий уровень риска невыполнения обязательств, в отличие от ситуации, когда финансирование оборотного капитала осуществляется преимущественно за счет долгосрочных источников.

Рассмотрим на примере экспедиторской транспортной компании влияние факторинговых операций на оборачиваемость оборотного капитала и показатели финансового состояния.

Таблица 1

Данные отчетного баланса, тыс. руб.

Наименование статьи актива	Отчетный год	Наименование статьи пассива	Отчетный год
Основные средства	10 000	Уставной капитал	10
Итого: внеоборотные активы	10 000	Нераспределенная прибыль	18 100
Запасы	100	Итого: капиталы и резервы	18 110
Дебиторская задолженность	28 000		
Финансовые вложения	2000	Итого: долгосрочных обязательств	0
Денежные средства и денежные эквиваленты	1000	Кредиторская задолженность	23 000
Прочие оборотные активы	10		
Итого: оборотные активы	31 110	Итого: краткосрочные обязательства	23 000
Баланс	41 110	Баланс	41 110

Выручка транспортной организации в отчетном году составила 43 млн руб.

По данным отчетного баланса определим показатели, характеризующие финансовое состояние организации.

Показатели финансового состояния за отчетный период

Наименование показателя	Рекомендуемое нормальное значение	Значение показателя в отчетном году
Коэффициент абсолютной ликвидности	$\geq 0,2$	0,13
Коэффициент быстрой (срочной) ликвидности	$\geq 0,8$	1,35
Коэффициент текущей ликвидности	≥ 2	1,35
Коэффициент оборачиваемости оборотного капитала	—	1,38
Наличие собственных оборотных средств	—	8110
Коэффициент финансовой независимости	$\geq 0,5$	0,44
Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами	$\geq 0,1$	0,26

Рассчитанные значения показателей финансового состояния показывают, что финансовая устойчивость и платежеспособность предприятия нарушены. Коэффициент финансовой независимости составляет 0,44. Это означает, что величина собственного капитала предприятия составляет 44 % от общих источников финансирования. Коэффициент абсолютной ликвидности ниже рекомендуемого значения. Только 13 % от всей суммы краткосрочных обязательств транспортное предприятие может оплатить в ближайшее время. Коэффициент срочной ликвидности, наоборот, имеет избыточное значение — 1,35. Это вызвано тем, что в структуре имущества значительный удельный вес занимает дебиторская задолженность (68,13 %). Коэффициент текущей ликвидности недостаточен, менее 2, и составляет 1,35. Это означает, что величина оборотного капитала у предприятия недостаточна для обеспечения рекомендуемого норматива.

Транспортно-экспедиторские компании оказывают услуги по экспедированию и перевозке грузов большому числу клиентов, часть из которых не выполняет свои обязательства по оплате за оказанные услуги в срок. Основными направлениями политики управления дебиторской задолженностью могут быть следующие:

1) обеспечение гарантированного поступления денежных средств, например 50 % предоплата за оказываемые услуги, обеспечение крупных сумм дебиторской задолженности залогом (поручительство, материальные ценности, имущество), использование вексельной формы расчетов;

2) определение скидок или надбавок для различных клиентов с точки зрения соблюдения платежной дисциплины;

3) оценка возможных издержек, связанных с дебиторской задолженностью, то есть упущенной выгоды от неиспользованных средств, вложенных в дебиторскую задолженность. Например, при досрочном получении сумм дебиторской задолженности полученные денежные средства можно направить на досрочное погашение кредитов, что позволит снизить сумму процентов к уплате, либо направить денежные средства на закупку материалов, либо направить полученные средства на краткосрочные финансовые вложения.

В настоящее время активно развивается рынок факторинговых услуг. Факторинг является современным инструментом управления дебиторской задолженностью. Для управления сомнительной или просроченной дебиторской задолженностью привлекаются услуги коллекторских агентств.

Рассмотрим более подробно содержание факторинга.

Факторинг — кредитование поставщиков или компаний, оказывающих услуги, путем выкупа краткосрочной дебиторской задолженности. Между факторинговой компанией и поставщиком услуг заключается договор о том, что ей по мере возникновения требований по оплате выполненных услуг предъявляются счета-фактуры или другие платежные документы. Факторинговая компания осуществляет дисконтирование этих документов путем выплаты клиенту 60–90 % стоимости требований. После оплаты услуг покупателем факторинговая компания доплачивает остаток средств поставщику, удерживая процент с него за предоставленный кредит и комиссионные платежи за оказанные услуги. Иногда факторинговая компания берет на себя риск неплатежа, выступая в качестве страховщика финансовых рисков.

Схема факторинга для транспортной компании будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

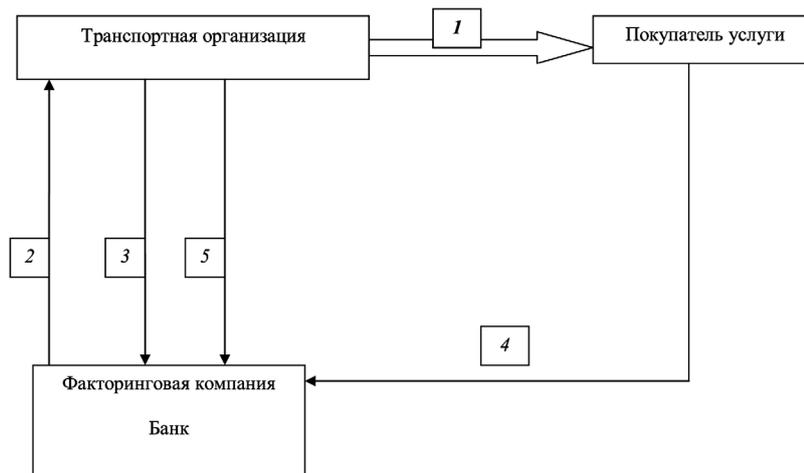


Рис. 1. Схема факторинга для транспортной компании:

- 1 — поставка товара на условиях отсрочки платежа;
- 2 — уступка права требования долга по оплате услуг банку (или фактору);
- 3 — финансирование (до 90 % от суммы поставленного товара) сразу после предоставления счета за услуги транспортного предприятия;
- 4 — оплата за оказание услуг и выполненных работ;
- 5 — выплата остатка средств за оказанные услуги за минусом комиссии фактора

Стандартные условия факторинга в коммерческих банках — это выплата в размере 90 % от суммы оказанных услуг по договору и обслуживание непросроченных задолженностей с отсрочкой до 90 дней.

Для того чтобы определить, какую часть дебиторской задолженности можно отдать на факторинг, следует провести группировку ее по срокам погашения. Рассмотрим структуру дебиторской задолженности транспортной компании по срокам (0–10 дней, 10–30 дней, 31–90 дней, 91–365 дней).

Распределение дебиторской задолженности по срокам представлено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение дебиторской задолженности по срокам

Группировка дебиторской задолженности по срокам задолженности, дни	Отчетный год	
	Сумма, тыс. руб.	Удельный вес, %
0–10	4200	15
10–30	5600	20
31–90	11 200	40
91–365	5600	20
Свыше 365	1400	5
Итого	28 000	100

Дебиторская задолженность на конец отчетного года в нашем примере составила 28 млн руб. С отсрочкой платежа до 90 дней она составляет 21 млн руб. Используя факторинг для этой категории клиентов, компания сокращает свою задолженность на 90 %.

$$21\ 000 \times 90\ \% = 18\ 900 \text{ тыс. руб.}$$

После получения денег от клиентов банку оплачивается факторинговое вознаграждение.

Факторинговое вознаграждение обычно включает в себя три составляющие:

- 1) фиксированный сбор за обработку документов по одной услуге (100 руб.);
- 2) процент за пользование денежными ресурсами 15–17 %;
- 3) комиссия за финансовый сервис (процент от суммы услуги) — 2 %.

В среднем процент за пользование услугами факторинговой компании составит 19 %. Определим суммы факторинговой комиссии с учетом срока дебиторской задолженности:

$$4200 \times 2\ \% + 0,1 + ((4200 \times 15\ \%)/365) \times 10 \text{ дней} = 84 + 0,1 + 17,26 = 101,36 \text{ тыс. руб.}$$

$$5600 \times 2\ \% + 0,1 + ((5600 \times 15\ \%)/365) \times 30 \text{ дней} = 112 + 0,1 + 69,04 = 181,14 \text{ тыс. руб.}$$

$$11\ 200 \times 2\ \% + 0,1 + ((11\ 200 \times 15\ \%)/365) \times 90 \text{ дней} = 224 + 0,1 + 414,25 = 638,35 \text{ тыс. руб.}$$

Допустим в нашем примере транспортная компания передаст на факторинг дебиторскую задолженность со сроком погашения 31–90 дней — 11 200 тыс. руб. В этом случае на расчетный счет от факторинговой компании поступит сумма в размере:

$$11\ 200 \times 90\ \% = 10\ 080 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма общей дебиторской задолженности в балансе уменьшится на 10 080 тыс. руб. За счет поступивших денежных средств транспортная компания может погасить часть кредиторской задолженности. Погашение текущей кредиторской задолженности позволит повысить показатели ликвидности. Составим прогнозный баланс с учетом эти изменений. В табл. 3 представлены данные прогнозного баланса.

Таблица 3

Прогнозный баланс № 1, тыс. руб.

Наименование статьи актива	Отчетный год	Наименование статьи пассива	Отчетный год
Основные средства	10 000	Уставной капитал	10
Итого: внеоборотные активы	10 000	Нераспределенная прибыль	18 100
Запасы	100	Итого: капиталы и резервы	18 110
Дебиторская задолженность	17 920		
Финансовые вложения	2000	Итого: долгосрочных обязательств	0
Денежные средства	1000	Кредиторская задолженность	12 920
Прочие оборотные активы	10		
Итого: оборотные активы	21 030	Итого: краткосрочные обязательства	12 920
Баланс	31 030	Баланс	31 030

По данным прогнозного баланса № 1 определим показатели, характеризующие финансовое состояние организации в табл. 4.

Таблица 4

Показатели финансового состояния по данным прогнозного баланса № 1

Наименование показателя	Рекомендуемое нормальное значение	Значение показателя в отчетном году
Коэффициент абсолютной ликвидности	$\geq 0,2$	0,23
Коэффициент быстрой (срочной) ликвидности	$\geq 0,8$	1,61

Таблица 4
 (Окончание)

Коэффициент текущей ликвидности	≥ 2	1,63
Коэффициент оборачиваемости оборотного капитала	—	2,14
Наличие собственных оборотных средств	—	8110
Коэффициент финансовой независимости	$\geq 0,5$	0,58
Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами	$\geq 0,1$	0,39

Как видно из табл. 4, показатели финансового состояния транспортной компании улучшились. Коэффициент финансовой независимости составил 0,58. Величина собственного капитала предприятия составила 58 % от общих источников финансирования. Коэффициент абсолютной ликвидности в норме выше рекомендуемого значения и составляет 0,23. Коэффициент оборачиваемости оборотного капитала увеличился и составил 2,14 оборотов за год. Таким образом, факторинг оказывает положительное влияние на показатели финансового состояния и ускоряет оборачиваемость оборотного капитала.

В нашем примере коэффициент текущей ликвидности находится ниже рекомендуемого значения, равного 2.

Для выполнения нормативного значения величина оборотного капитала транспортного предприятия должна составлять:

$$OA = 2 \times KO, \quad (1)$$

где КО — краткосрочные обязательства, тыс. руб.; ОА — величина оборотных активов, тыс. руб.

По данным отчетного баланса (табл. 1) величина оборотного капитала, при которой выполняется норматив, должна составлять

$$OA = 2 \times 23\,000 = 46\,000 \text{ тыс. руб.}$$

Недостаток оборотного капитала составляет:

$$OAn = 46\,000 - 31\,110 = 14\,890 \text{ тыс. руб.}$$

Увеличить коэффициент текущей ликвидности можно за счет увеличения оборотного капитала или за счет сокращения кредиторской задолженности.

Рассчитаем эти же показатели по данным прогнозного баланса:

$$OAn = 12\,920 \times 2 - 21\,030 = 4810 \text{ тыс. руб.}$$

Если предприятию требуется пополнить величину чистого оборотного капитала и при этом решается задача расширения объемов производственной деятельности, а собственных свободных денежных средств недостаточно, то в этом случае предпочтительнее и рациональнее использовать инструмент финансового лизинга. Увеличить сумму оборотного капитала возможно для транспортной компании только при условии наращивания объемов производственной деятельности. Рассмотрим это на примере приобретения грузовых автомобилей для перевозки скоропортящихся грузов.

Например, для расширения сферы оказываемых услуг для обслуживания грузопотока по скоропортящимся грузам требуется приобрести автомобили-рефрижераторы в количестве 2 шт. Стоимость каждого рефрижератора составляет 3 млн руб. Как видно из данных отчетного баланса, на расчетном счете транспортной компании всего 1 млн руб. и на депозите 2 млн руб. Этой суммы недостаточно для приобретения автомобилей. Но для того, чтобы не изымать всю сумму из оборотного капитала, предлагается приобрести автомобили в лизинг на 3 года. Проведем расчет затрат и экономической выгоды от финансового лизинга.

По условиям договора лизингодатель приобретает в собственность у выбранного лизингополучателем продавца один грузовой рефрижераторный автомобиль стоимостью 3 млн руб. Стои-

мость предмета лизинга 3 млн руб. НДС составляет 18 %. Размер и порядок уплаты лизинговых платежей установлены графиком лизинговых платежей. По условию лизинговой компании первоначальный взнос составляет не менее 20 % от стоимости лизингового объекта.

Первоначальный взнос за автомобиль составит:

$$3000 \times 0,20 = 600 \text{ тыс. руб.}$$

Соответственно за два автомобиля — 1200 тыс. руб.

Данная сумма денежных средств есть в наличии у предприятия.

Расчеты проводились с калькулятора на сайте лизинговой компании ООО «Ресо-Лизинг». Срок лизинга составляет 3 года. Ежемесячный платеж составил 180 390 руб. Общая сумма платежей (включая выкупной платеж), подлежащая уплате лизингополучателем лизингодателю, составляет 7694,04 тыс. руб.

НДС к зачету с сумм лизинговых платежей составляет:

$$\text{НДС} = 7694,04 \times \frac{18}{118} = 1173,67 \text{ тыс. руб.}$$

Сумма уменьшения налогооблагаемой базы по налогу на прибыль составит:

$$7694,04 - 1173,67 = 6520,37 \text{ тыс. руб.}$$

Экономия по налогу на прибыль составит:

$$6520,37 \times 0,2 = 1304,07 \text{ тыс. руб.}$$

Проведем расчет экономической эффективности от приобретения автомобиля в лизинг.

Приобретение грузового автомобиля потребует ввести в штат дополнительную единицу — одного водителя.

Годовой фонд оплаты труда с учетом платежей во внебюджетные фонды на одного водителя при уровне оплаты труда в 20 тыс. составит:

$$Z_{\text{фот}} = 20 \times 1,3 \times 12 \text{ месяцев} = 312 \text{ тыс. руб.}$$

В среднем два раза в неделю предприятие организует транспортировку оптовых партий груза в Москву. В год автомобиль совершит 104 поездки в Москву:

$$54 \text{ недели} \times 2 = 104 \text{ поездки.}$$

Расстояние между Новороссийском и Москвой составляет 1513 км. Норма расхода бензина грузовой машины составляет 25 л на 100 км. Соответственно расход топлива на это расстояние составит 378,3 л. Цена бензина составляет 30 руб. за литр. Рассчитаем расходы на топливо с учетом возвращения порожнем автомобиля:

$$2 \times 378,2 \times 30 = 22\,698 \text{ руб.}$$

Годовые расходы на топливо составят:

$$104 \times 22698 = 2\,360\,592 \text{ руб.}$$

Ежемесячные расходы составят 2360,59 тыс. руб.

Согласно пп.10 п. 1 ст. 264 Налогового кодекса РФ в составе прочих расходов учитываются арендные (лизинговые) платежи за арендуемое (принятое в лизинг) имущество. Поэтому величина прочих расходов увеличится на годовую величину лизинговых платежей.

Общая величина дополнительных затрат состоит из суммы затрат на оплату труда, отчислений во внебюджетные фонды, затрат на топливо и лизинговых платежей с учетом первоначального взноса в первый год лизинга:

$$312 + 22360,59 + (1200 + 12 \times 180,39) = 6037,27 \text{ тыс. руб.}$$

Перевозка 20 т грузов на автомобиле-рефрижераторе из Новороссийска в Москву стоит 70 тыс. руб. Доходы от перевозки грузов составят:

$$Д = 104 \times 70 = 7280 \text{ тыс. руб.}$$

Прибыль от перевозки грузов в первый год лизинга составит:

$$П = 7280 - 6037,27 = 1242,73 \text{ тыс. руб.}$$

Прибыль от перевозки грузов во второй год лизинга составит:

$$П = 7280 - (12 \times 180,39) = 5115,32 \text{ тыс. руб.}$$

Прибыль от перевозки грузов в третий год лизинга составит:

$$\Pi = 7280 - (12 \times 180,39) = 5115,32 \text{ руб.}$$

Таким образом, в результате предложенного мероприятия по приобретению автомобиля на условиях финансового лизинга транспортная компания получит дополнительную прибыль в размере 1242,73 тыс. руб. (в первый год) и в последующие два года — 5115,32 тыс. руб. Полученная дополнительная прибыль увеличит чистую прибыль и соответственно величину собственного капитала предприятия. В результате повысится финансовая устойчивость и улучшится финансовое состояние предприятия.

Проведем прогнозный расчет показателей финансового состояния, учитывая влияние предложения по лизингу. По хозяйственным операциям, связанным с получением дохода от перевозки и понесенных расходов по лизинговым платежам, выплате заработной платы и прочим расходам, произведен взаимозачет. Полученная экономия и прибыль от перевозки грузов увеличит величину денежных средств в активе баланса и величину нераспределенной прибыли в пассиве бухгалтерского баланса. Прогнозный баланс № 2 будет иметь следующий вид (табл. 5).

Таблица 5

Прогнозный баланс № 2 на два года с учетом полученной экономии от финансового лизинга, тыс. руб.

Наименование статьи баланса	Баланс № 1	Первый год лизинга	Второй год лизинга	Третий год лизинга
Основные средства	10 000	10 000	10 000	10 000
Внеоборотные активы, всего	10 000	10 000	10 000	10 000
Запасы	100	100	100	100
Дебиторская задолженность	17 920	17 920	17 920	17 920
Финансовые вложения	2000	2000	2000	2000
Денежные средства	1000	1000 +1243	2243 +5115	7358 +5115
Прочие оборотные активы	10	10	10	10
Оборотные активы, всего	21 030	22 273	27 388	32 503
Уставный капитал	10	10	10	10
Нераспределенная прибыль	18 100	18 100 +1243	19 343 +5115	24 458 +5115
Капиталы и резервы, всего	18 110	19 353	24 468	29 583
Кредиторская задолженность	12 920	12 920	12 920	12 920
Краткосрочные обязательства, всего	12 920	12 920	12 920	12 920
Итого: валюта баланса	31 030	32 273	37 388	42 503

Рассчитанные прогнозные значения показателей финансового состояния представлены в табл. 6 и отображены на рис. 2.

Таблица 6

Прогнозные значения показателей финансового состояния

Наименование показателя	Прогнозный баланс № 1	Первый год лизинга	Второй год лизинга	Третий год лизинга
Величина собственных оборотных средств, тыс. руб.	8110	9353	14468	19583
Коэффициент финансовой независимости (автономии)	0,58	0,59	0,65	0,69
Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами	0,39	0,42	0,53	0,60
Коэффициент текущей ликвидности (покрытия)	1,63	1,72	2,12	2,52

Величина собственных средств увеличилась за 3 года на 11 473 тыс. руб. за счет прибыли, полученной от перевозки грузов. Коэффициент финансовой независимости в результате прироста прибыли увеличился на 0,11 и составил на третьем году 0,69. В результате пополнения оборотного капитала денежными поступлениями от перевозки грузов коэффициент текущей ликвидности увеличился с 1,63 до 2,52. На рис. 2 для наглядности полученных результатов отобразим динамику коэффициентов финансового состояния транспортного предприятия.

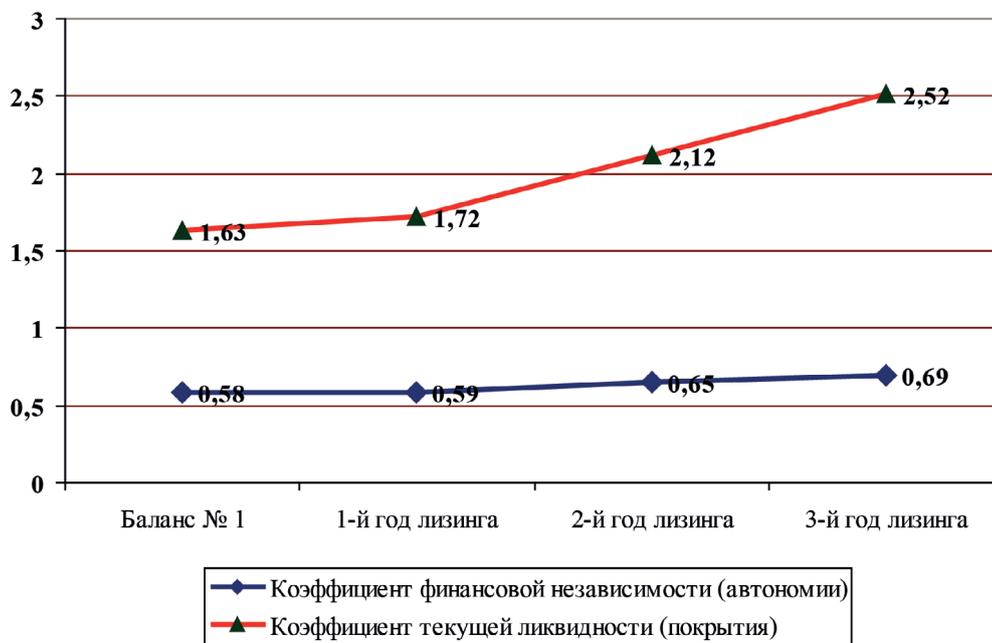


Рис. 2. Прогнозные значения показателей финансовой устойчивости

Рассчитанные показатели свидетельствуют о повышении финансовой устойчивости и улучшении финансового состояния.

Таким образом, экономические расчеты показали, что факторинг позволяет ускорить оборачиваемость оборотного капитала и улучшить показатель абсолютной ликвидности и коэффициент финансовой независимости. Лизинг позволяет не только расширить объемы производственной деятельности, но и пополнить величину оборотного капитала.

Список литературы

1. Лисафеева В. В. Учет и анализ банкротств: учеб. пособие / В. В. Лисафеева. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2010. — 28 с.
2. Грасс Е. Ю. Методы антикризисного управления дебиторской и кредиторской задолженностью на предприятиях водного транспорта / Е. Ю. Грасс // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2011. — № 1.
3. Ботнарюк М. Б. Формирование конкурентной стратегии морских транспортных узлов на основе концепции маркетинга взаимодействия (теория, методология, практика): моногр. / М. Б. Ботнарюк. — Новороссийск: ФГБОУ ВПО «ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова», 2013. — 188 с.
4. Иванова М. Б. Методические основы оценки уровня конкурентоспособности транспортно-экспедиторской компании: моногр. / М. Б. Иванова. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2008. — 96 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ
В ЗАДАЧАХ РАЗВИТИЯ СЦЕНАРИЕВ
НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

**USE OF TECHNOLOGY OF EXPERT ESTIMATION
IN TASKS OF DEVELOPMENT SCENARIOS AS TRANSPORT
AND ENERGY INDUSTRY**

Осуществлена оценка энергоэффективных показателей с позиции экспертного фактора. Затронуты аспекты влияния показателей климата в вопросах оценки территории как транспортно-энергетического потенциала. Предложено применение технологии сценарного анализа для оценки составляющих затрат при планировании развития транспортной инфраструктуры.

The estimation of energy-efficient performance from the perspective of the expert factor. With by aspects of the impact of climate factors in the assessment area as transport and energy potential. Suggested to use of technology scenario analysis to evaluate cost of components in the planning of transport infrastructure development.

*Ключевые слова: эксперт, энергоэффективность, транспорт, сценарий.
Key words: expert, energy, transport, the script.*

ИСТОРИЧЕСКИ сложилось так, что человек всегда в своей жизнедеятельности учитывал природно-климатические факторы (ПКФ) места своего обитания (проживания). Рациональное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека — неотъемлемое условие устойчивого экономического и социального развития любой страны, в том числе и Украины. Климат оказывает существенное влияние на отрасли экономики региона, государств. Отрасли экономики в разной степени подвержены влиянию ПКФ, а именно: сельское хозяйство — 18 %; энергетика 15 — %; коммунальное хозяйство — 15 %; водное, гидромелиоративное хозяйство — 10 %; строительство — 10 %; рекреация и туризм — 10 %; охрана и восстановление природного потенциала — 10 %; транспорт— 7 %; промыслы, в том числе морские, — 5 %. От природно-климатических условий как естественных природных ресурсов зависят условия жизни и деятельности человека, направления и уровень развития экономики той или иной территории. Учитывая то, что климат является одним из основных средообразующих факторов, его изменения на фоне сложной экологической ситуации на Украине могут вызывать серьезные социально-экономические последствия [1, с. 530–533].

Одной из задач, стоящих перед современным обществом, является создание условий для интенсификации экономического роста, повышения качества жизни населения. Достижение поставленной задачи возможно путем обеспечения устойчивого развития страны, регионов, что может быть достигнуто в том числе и привлечением инвестиций в реальный сектор экономики страны, регионов. Уровень устойчивого развития, объем роста инвестиций в основной капитал являются индикаторами инвестиционной привлекательности региона. Повышение инвестиционной привлекательности способствует дополнительному притоку капитала, экономическому подъему. Природно-климатические факторы (ПКФ) оказывают влияние на все хозяйственные процессы в регионах, поэтому необходимо определять такие отправные данные, которые позволяли бы видеть и понимать уровень влияния ПКФ на экономическую деятельность региона, что делает эту задачу очень непростой [2].

Рыночная экономика в классическом виде в наше время коррелирует принципы саморегулирования, законы спроса и предложения, но более не способна осуществлять роль основной движущей силы развития общества. Все большее значение приобретают экологические факторы.

Известно, что взаимодействие человека и окружающей природной среды оказывает существенное влияние на степень и темпы экономического роста в двух направлениях [2]. С одной стороны, это антропогенное воздействие на природную окружающую среду, которое заключается в следующем:

- увеличение потребления ископаемого топлива;
- возрастающее использование химических веществ в сельском хозяйстве;
- расширение и увеличение числа свалок мусора;
- деградация пахотных земель;
- уменьшение лесных массивов;
- загрязнение почв, рек, морей, океанов и атмосферы;
- истощение озонового слоя и перераспределение озона в слоях атмосферы;
- повышение концентрации парниковых газов.

Данный ряд факторов может аккумулировать к тенденции глобального изменения климата с негативными социально-экономическими последствиями.

С другой стороны, наблюдается негативное влияние аномальных природных явлений на экономическую и социальную жизнь регионов страны.

Анализ экологической ситуации на Украине свидетельствует о том, что, несмотря на спад производства и осуществление в последнее время ряда природоохранных мероприятий, как национального, так и регионального значения, обстановка на территориях, наиболее развитых экономически, остается неблагоприятной, а загрязнение природной среды — значительным.

Нерациональная эксплуатация природных ресурсов приводит к их исчерпанию, а незначительные ставки платы за природные ресурсы способствуют неумеренной эксплуатации природных богатств, подрыву воспроизводства возобновляемых ресурсов.

Следует заметить, что Украина стоит на пороге техногенных катастроф, которые могут повлечь за собой не только экологические, но и людские потери, а в рамках последних геополитических изменений ситуация значительно накалена.

Значительными являются последствия радиоактивного загрязнения в результате чернобыльской катастрофы и захоронения ядерных отходов. Так же следует отнести к основным причинам неблагоприятной экологической ситуации на Украине: экстенсивное развитие экономики, сопровождающееся огромными объемами добычи сырья, отсутствием системы переработки многокомпонентных сырьевых ресурсов, а также производственных и бытовых отходов в рамках экологического производства; деформационную структуру народного хозяйства с превалированием природоэксплуатирующих производств, создающих чрезмерную нагрузку на экосистемы без возможности регулирующих факторов; ненадежность (отсталость) технических систем и недостаток квалифицированных кадров; наличие устаревшего и неэффективного природоохранного оборудования, а также комплекса мер; концепция «грязных» производств многих промышленных районов и городов; несовершенство системы оценок эффективности производств, не учитывающих в полной мере экологические издержки; нерациональное использование лесных, водных и земельных ресурсов, нарушение правил хранения и использования минеральных удобрений и т. д.; отсутствие совершенной системы экологического регулирования природоохранной деятельности на большинстве территории; декларируемость системы экологической защиты при фактическом отсутствии показателей эффективности.

Со вступлением Украины в ВТО вопрос конкуренции становится весьма остро, а следовательно, необходимо выполнять ряд факторов. На Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. была сформирована концепция устойчивого развития, которая должна прийти на смену концепции экономического роста [4]. В соответствии с этой концепцией основным направлением социально ориентированных обществ становится учет значительного

числа показателей, которые отображают уровень социальных, экологических и экономических процессов. Данная динамика получила отражение в концепции устойчивого развития, которая призвана сменить концепцию экономического роста. Эта концепция подразумевает использование более сложных и полных моделей [1].

По мнению авторов, необходимо учитывать не только социальные, экономические и экологические процессы, но и природно-климатические, характеризующиеся природно-климатическими факторами.

Полученные нами результаты подтверждают высокий уровень влияния воздействия ПКФ на функционирование и развитие социально-экономических систем [2].

Надвигающееся глобальное потепление на планете тем более подтверждает необходимость учета влияния ПКФ на развитие социально-экономических систем.

Украина по сравнению со странами Западной Европы обладает более суровым и неблагоприятным климатом, что требует дополнительных затрат на функционирование СЭС.

Таблица 1

Основные показатели социально-экономического развития Украины (2012 г. — 12 мес.) [4]

	Фактически за 2012 г.	Темпы роста, %			
		декабрь 2012 г. к		2012 г. к 2011 г.	справочно: 2011 г. к 2010 г.
		ноябрю 2012 г.	декабрю 2011 г.		
Объем реализованной промышленной продукции (товаров, услуг), млн гривен	1014906,6	—	—	—	—
Индекс промышленной продукции	—	96,1	92,4	98,2	107,6
Объем продукции сельского хозяйства, млн гривен	258 270	—	—	95,5	119,9
Производство продукции животноводства:					
мясо (реализация скота и птицы на убой в живом весе), тыс. т	3136,3	130,0	108,5	103,4	103,5
молоко, тыс. т	11388,6	88,7	102,8	102,7	98,6
яйца, млн шт.	19116,7	100,5	106,2	102,3	109,6
Объем продукции строительства, млн гривен	62280,0	—	—	86,2	111,0
Грузооборот, млн ткм	394648,1	105,0	90,2	92,4	105,8
Пассажиروоборот, млн пас./км	132479,7	94,3	95,8	98,8	103,2
Экспорт товаров, млн долл. США	63084,7	—	—	101,9	134,3
Импорт товаров, млн долл. США	76860,7	—	—	102,9	138,1
Сальдо (+, -), млн долл. США	-13776,0	—	—	—	—
Оборот розничной торговли, млн гривен	804330,8	—	—	115,9	114,8
Среднемесячная заработная плата одного работника					
номинальная, гривен	3025	109,0	110,6	114,9	117,6
реальная, %	—	108,6	111,1	114,4	108,7

Таблица 1
(Окончание)

Задолженность по выплате заработной платы — всего, млн гривен	893,7	94,0	91,4	—	80,2
Количество зарегистрированных безработных на конец периода, тыс. чел.	506,8	114,8	105,0	—	—
Индекс цен производителей промышленной продукции	—	98,5	100,3	100,33	114,23
Индекс потребительских цен	—	100,2	99,8	99,83	104,63

Осуществляя анализ транспортных коммуникаций, следует уделить особое внимание процессам планирования. Сеть дорог общего пользования на Украине изношена до предела. 90 % сети автодорог сформированы при СССР (так как были построены начиная с 1950–1960-х гг.). На то время расчетные нагрузки были намного меньше, чем сейчас, например, до 1972 г. дороги 1–2-й категории проектировали из расчета 6 т на ось, а с 2000-го — уже 11,5 т на ось. Стоимость дорог зависит от категории дороги, рельефа местности, наличия мостов, других искусственных сооружений и многих других факторов. Строительство одного километра дороги 1-й категории, например южный обход Днепропетровска, в 2013 г. с земляным полотном, развязками, искусственными сооружениями и т. д. стоило около 45–47 млн гривен. Для сравнения, в Польше 1 км аналогичной по параметрам дороги стоит 85 млн гривен. Вопрос разницы себестоимости актуален всегда. Бюджетная программа на 2013 г. на развитие и содержание сети дорог Украины предусматривает на дорожные работы 5,139 млрд гривен и 8,4 млрд гривен предусмотрено для выплат по кредитам. На Украине на обогрев 1 кв. м жилья расходуется 186 кВт, в то время как в Европе — 50 кВт [4].

В мировой практике диагностика объектов инвестирования проводится методами, основанными на использовании многих групп индикаторов. Многообразие методов диагностики сводится чаще всего к методам факторного анализа и экспертных оценок.

Факторный анализ необходимо использовать при большом числе показателей различного рода, он заключается в составлении укрупненных групп, состоящих из близких по смыслу факторов, и дальнейшая работа ведется с укрупненной группой факторов.

На современном этапе исследований при диагностике отдельных территорий должны использоваться не только жестко формализованные алгоритмы количественных методов получения решений, но и методы качественного анализа построения вариантов сценариев. В современной и зарубежной литературе сегодня широко применяется метод сценариев для решения данного рода задач. Главное его преимущество перед методами экономико-математического моделирования состоит в существенной упрощенности и в том, что эксперт (ЛПР) может пользоваться не только информацией, основанной на статистических временных показателях, но и нерегулярной, разовой информацией сугубо качественного характера.

В качестве базиса информации для составления рейтингов инвестиционной привлекательности применяют статистические данные и приводятся экспертные оценки по заданным этапам процедуры:

- выбирается и обосновывается набор показателей, наиболее точно, по мнению экспертов, отражающих состояние инвестиционного комплекса региона;
- каждому показателю или группе однородных показателей присваиваются весовые коэффициенты, соответствующие его (их) вкладу в инвестиционную привлекательность региона;
- производится обработка показателей;
- рассчитывается интегральный показатель инвестиционной привлекательности региона.

В качестве исходной информации для составления рейтингов инвестиционной привлекательности используются статистические данные о количественных значениях показателей государственных органов статистики. Такой выбор источников исходных данных связан с традиционной проблемой, возникающей у экспертов на этапе формирования баз данных о состоянии экономической и социально-политической региональной системы и заключающийся в сложности поиска информации [5, с. 26–32]. Анализ используемых в настоящее время методов определения инвестиционной привлекательности объектов и имеющейся статистической информации показывает, что можно выделить ряд групп показателей, которые могут использоваться при расчетах инвестиционной привлекательности регионов (табл. 2). Выделены девять групп факторов, включающих в себя 62 показателя.

Таблица 2

Индексные показатели

№ п/п	Группы факторов	Показатели	Индекс
1	Экономико-географическое положение (ЭГП)	площадь, млн кв. км	g1p1
		выход к морским границам	g1p2
		наличие транспортных коридоров	g1p3
		наличие зон приоритетного развития, шт.	g1p4
		объекты природно-заповедного фонда	g1p5
		выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, млн т	g1p6
2	Ресурсно-сырьевой потенциал (РСП)	топливно-энергетические ресурсы	g2p1
		металлургические ресурсы	g2p2
		строительное сырье	g2p3
		водные ресурсы	g2p4
		лесные ресурсы	g2p5
		рекреационные ресурсы	g2p6
3	Трудовой потенциал (ТП)	площади плодородных почв, тыс. га	g2p7
		плотность населения, чел./кв. км	g3p1
		численность населения, чел.	g3p2
		стоимость рабочей силы, у. е./ч	g3p3
		предложение рабочей силы, чел.	g3p4
		миграционный прирост населения, чел.	g3p5
4	Экономический потенциал (ЭП)	среднегодовая численность штатных работников, чел.	g3p6
		индексы объема продукции промышленности, %	g4p1
		индексы продукции сельского хозяйства, %	g4p2
		оптовый товарооборот, млн у.е.	g4p3
		розничный товарооборот, млн у. е.	g4p4
		чистый доход, млн у. е.	g4p5
		валовой региональный продукт, млн у. е.	g4p6
		индекс промышленной продукции, %	g4p7
		финансовый результат деятельности малых предприятий, млн у. е.	g4p8
		количество активно работающих предприятий сферы услуг, шт.	g4p9
		доход от реализованных услуг, млн у. е.	g4p10
		количество предприятий и организаций, шт.	g4p11
		оборот розничной торговли, млн у. е.	g4p12
		уровень развития малого предпринимательства	g4p13
		финансовый результат, млн у. е.	g4p14
		процент предприятий, получивших прибыль, %	g4p15
		уровень рентабельности операционной деятельности, %	g4p16
наличие рыбного хозяйства	g4p17		

Таблица 2
 (Окончание)

5	Инфраструктурный потенциал (ИНП)	плотность дорог, км/кв. км	g5p1
		наличие аэропортов	g5p2
		наличие морских портов	g5p3
		наличие межрегиональных транспортных узлов	g5p4
		грузооборот транспорта, млн т	g5p5
		пассажирооборот транспорта, млн пасс.	g5p6
6	Научно-технический потенциал (НТП)	численность специалистов научной деятельности, чел.	g6p1
		общая сумма затрат на инновации, млн у. е.	g6p2
		количество специалистов со степенью, чел. с докторской научной	g6p3
		внедрение новых прогрессивных технических процессов	g6p4
		освоено производств новых видов продукции	g6p5
		количество специалистов со степенью, чел. с кандидатской научной	g6p6
		количество научных организаций, шт.	g6p7
количество научных привлеченных инновационных проектов	g6p8		
7	Здравоохранение (З)	количество лечебных учреждений, шт.	g7p1
		плановая емкость амбулаторно-клинических учреждений, кол-во посещений за смену	g7p2
		количество больничных коек, шт.	g7p3
		количество медико-консультационных центров, шт.	g7p4
8	Инвестиционный потенциал (ИП)	объем капитальных инвестиций, млн у. е.	g8p1
		объем прямых иностранных инвестиций, млн у. е.	g8p2
		объем экспорта, млн у. е.	g8p3
		объем импорта, млн у. е.	g8p4
		объем инвестиций в основной капитал, млн у. е.	g8p5
9	Инвестиционные риски (ИР)	законодательные	g9p1
		политические	g9p2
		социальные	g9p3
		экономические	g9p4
		экологические	g9p5
10	Природно-климатический потенциал (ПКП)	среднегодовые изотермы (лето), °С	g10p1
		среднегодовые изотермы (зима), °С	g10p2
		среднегодовой уровень осадков, мм рт. ст.	g10p3
		влажность воздуха, %	g10p4
		среднегодовые показатели силы ветра, м/с	g10p5
		показатель комфортности климата	g10p6
		сейсмические риски и риски природно-климатических катастроф	g10p7

Исходные данные для построения сценария целей приведены в таблице конечных целей (табл. 3), которая представляется в виде базового дерева целей (рис. 1). Где цель C_0 является глобальной целью и отражена на графе в виде «корневой» вершины графа. Рассмотрим процедуру построения дерева целей для конечной цели «Выбрать оптимальный метод для решения задачи рационального распределения энергетических потоков». Данная цель может быть достигнута при использовании подцелей C_1 — «Эвристические методы», C_2 — «Метаэвристические методы», C_3 — «Алгоритмические методы».

Дерево целей обрывается на так называемые простые подцели, которые нецелесообразно дальше раскладывать на составляющие [6].

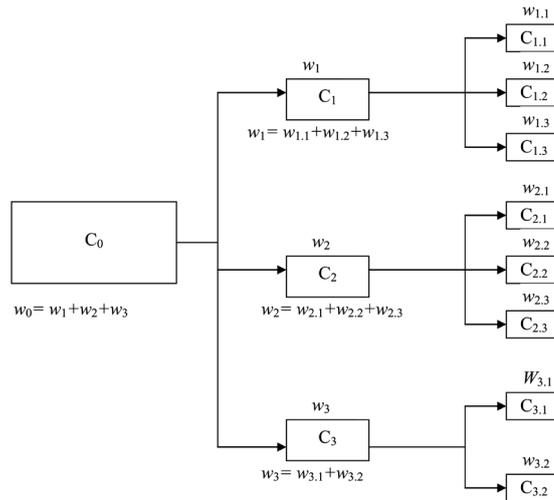


Рис. 1. Базовое дерево целей

Выделим основные подцели: $C_{1.1}$, $C_{1.2}$, $C_{1.3}$, $C_{2.1}$, $C_{2.2}$, $C_{2.3}$, $C_{3.1}$, $C_{3.2}$. Далее идентифицируются весовые коэффициенты вершин деревьев, характеризующие значимость соответствующих целей/подцелей.

При этом если вершина дерева C_i имеет вес ω_i и ей подчиняются вершины C_{i1} , ..., C_{in} с весами ω_{i1} , ..., ω_{in} , то можно говорить о критериальном условии $\omega = \omega_i + \omega_{i1} + \omega_{i2} + \omega_{in}$.

Таблица 3

Индексирование показателей

Обозначение цели	Содержание цели
C_0	Выбор лучшего метода для решения задачи энергозатрат
C_1	Использовать эвристические методы
C_2	Использовать метаэвристические методы
C_3	Использовать алгоритмические методы
$C_{1.1}$	Возможность использования гибридных методов
$C_{1.2}$	Возможность получения приемлемого решения при значительно малом числе итерационных расчетов
$C_{1.3}$	Невозможность решения комплексных задач
$C_{2.1}$	Возможность реализации адаптивного подхода к задаче
$C_{2.2}$	Возможность реализации сложной оптимизационной задачи
$C_{2.3}$	Возможность избежать попадания в локальные оптимумы на основании вероятностной природы
$C_{3.1}$	Значительная вычислительная (расчетная) составляющая
$C_{3.2}$	Использовать некоторые методы, входящие в эту группу, в качестве низкоуровневых алгоритмов в сочетании с другими оптимизационными задачами

Таблица 4

Шкала сравнительной значимости целей

Лингвистическое значение	Числовое (балльное) значение
Одинаковая значимость целей C_i и C_j	1
Некоторое (слабое) преобладание значимости C_i над значимостью C_j	3
Существенное (сильное) преобладание C_i над C_j	5
Очевидное (очень сильное) преобладание C_i над C_j	7
Абсолютное преобладание C_i над C_j	9
Промежуточное значение между соседними значениями шкалы	2, 4, 6, 8

Для каждого фрагмента целевого дерева, начиная с нулевого ранга, эксперты строят матрицы попарных сравнений значимости целей. В верхних левых клетках крайнего левого столбца указываются веса родительских вершин. На пересечении C_i строки и столбца C_j указываются следующие значения r_{ij} при условии:

- 1, if $C_i = C_j$;
 - число баллов $r_{ij} = a_{ij}$ по шкале сравнительной значимости целей (табл. 2), если C_i более важна, чем C_j ;
 - величина $r_{ij} = 1/a_{ij}$, если C_i менее важна, чем C_j .
- Вес цели C_i вычисляются по формуле [10]:

$$\omega(C_i) = \frac{\omega(C_{\text{main}}) \cdot \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}} \right)},$$

C_{main} — вес родительской вершины фрагмента; n — число целей нижнего уровня фрагмента дерева. Выполненные таким образом расчеты позволяют получить набор коэффициентов (весов) значимости целей (подцелей). Упорядочив их по убыванию веса и приняв некоторое пороговое значение $\omega(C_i) \geq \gamma$, $\gamma \in [0, 1]$ (γ — некоторое значение из интервала $[0, 1]$).

Для обоснованного определения значимых подцелей значимым является определение взаимодействий простых подцелей, представленных вершинами дерева, из которых не исходит стрелок, и им аналогичных. C_i коррелирует с подцелью C_j ($i, j = 1, \dots, m$), если достижение C_i влияет на достижение C_j и данная тенденция может быть представлена как стремление к подцели C_i и может способствовать/препятствовать достижению подцели C_j .

Задача агрегации ЭО сводится к определению интегральной оценки Q_i , учитывающей влияние на C_i всех подцелей дерева. Такая оценка определяется посредством формирования матрицы и как алгебраическая сумма вида [7, с. 75–83]:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot v_{ij},$$

где ω_j — вес подцели C_j ; v_{ij} — экспертная оценка с учетом знака, вписанного в клетку (C_i, C_j) , матрицы взаимодействия (коэффициент корреляции C_i с C_j), $v_{ij} \in [-1, +1]$.

Интегральные оценки ранжируют подцели: подцель C_i тем значимее, чем больше ее оценка Q_i . Это позволяет из множества отобрать более значимые.

При решении сложных задач возникает необходимость расширения возможности рассматриваемого анализа посредством придания «элемента адаптации», выраженного через теорию нечетких множеств. На основании этого отобранные подцели можно трактовать лингвистически переменными, принимающими качественные значения, тогда для каждой выбранной подцели можно построить свою функцию принадлежности $\mu(C_i)$.

Для каждой альтернативы рассчитывается индекс достижимости глобальной цели (IRG), равный сумме произведений интегральных оценок подцелей $C_{1,3}$, $C_{2,1}$ и $C_{3,1}$ на соответствующие значения функций принадлежности $\mu(C_i)$:

$$\text{IRG} = \sum_{j=1}^3 \frac{1}{4} (C_j \cdot Q(C_j)).$$

В рамках данного подхода решаются следующие задачи [6]:

- формирование системы критериев и разработка на этой основе форм анкет для опроса экспертов;
- формализованная аналитическая и качественная оценка сценариев по частным (локальным) и агрегированным критериям;
- выбор на основе полученных оценок наиболее эффективных альтернатив.

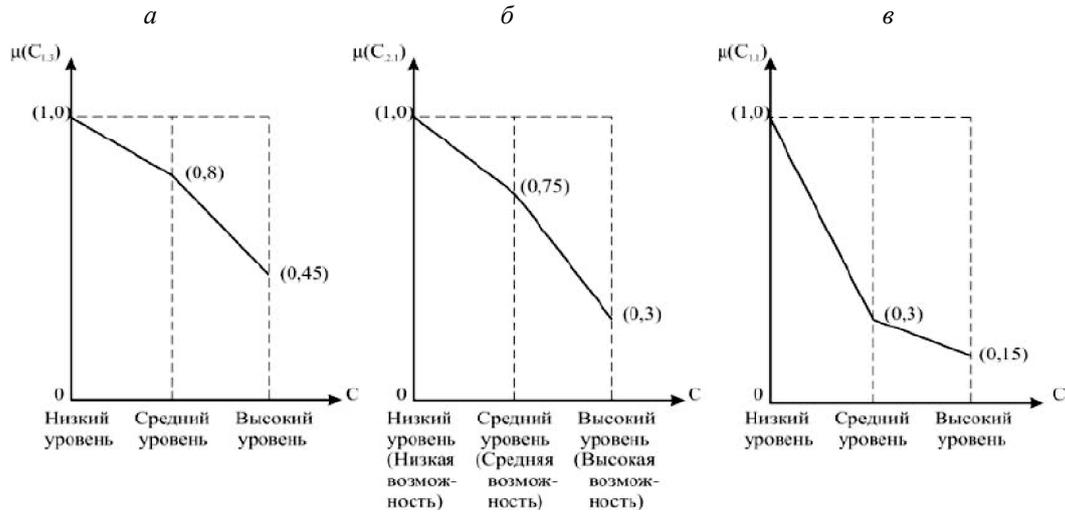


Рис. 2. Функция принадлежности выбранных подцелей [7]:

- a* — возможность использования гибридных методов;
- б* — возможность получения решения удовлетворительного качества при относительно небольшом расчете;
- в* — возможность реализовать адаптивный подход к задаче

Одной из основных составляющих оценивания альтернативных сценариев является формирование системы критериев, которые должны по возможности полно отражать их свойства и характеристики. При этом общая совокупность частных (локальных) критериев может быть агрегирована (кластеризована) по различным группам (рис. 2).

Далее эксперты выставляют альтернативам оценки по локальным критериям в пределах 10-балльной шкалы, которые представляют совокупность чисел f_{jk} , где $j = 1, \dots, m$ — число экспертов, а $k = 1, \dots, l$ — число критериев.

Затем рассчитываются оценки, усредненные по числу экспертов:

$$f_k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_{jk}.$$

Нормированные оценки по локальным критериям определяются по формуле

$$y_{ok} = 1 - 0,1f_k, \quad y_{ok} \in [0, 1], \quad k = 1, \dots, l,$$

которым сопоставляется обращенная нормированная фундаментальная шкала (табл. 5).

Такая шкала позволяет поставить в соответствие количественным оценкам нечеткие качественные градации. Применение обращенной шкалы (когда альтернативы с высокой эффективностью получают оценки, близкие к нулю, а с неприемлемой — близкие к единице) необходимо для расчета обобщенных аналитических оценок сценариев путем свертки локальных оценок по нелинейной схеме компромиссов [6; 7]:

$$Y(y_o) = \sum_{k=1}^l \frac{1}{(1 - y_{ok})}.$$

Таблица 5

Обращенная нормированная фундаментальная шкала

Критерии качества	Оценки по фундаментальной шкале (f_{ik})	Оценки по обращенной нормированной шкале (y_{ok})
Неприемлемое	0–3	1,0–0,7
Низкое	3–5	0,7–0,5
Удовлетворительное	5–6	0,5–0,4
Хорошее	6–8	0,4–0,2
Высокое	8–10	0,2–0,0

Как видно, в случае ограничений, если оценка по какому-либо критерию близка к неприемлемому значению, знаменатель уменьшается и в наихудшем случае приближается к нулю, схема «сигнализирует» об этой ситуации. Такой подход позволяет «штрафовать» альтернативы при приближении оценок по критериям к предельно допустимым значениям. Полученная нейтральная оценка нормируется по формуле

$$Y_0 = \frac{Y(y_0)}{Y_{\max}}, \quad Y_{\max} = l \frac{1}{1 - y_{0 \max}},$$

где $y_{0 \max}$ — величина гранично допустимой оценки из интервала неприемлемых значений. В соответствии с обращенной шкалой (табл. 5) наиболее эффективной является альтернатива, для которой $Y_0 = \min$.

Расчет оценок по агрегированным критериям проводится методом вложенных скалярных свертков по формуле [6]:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^{J_i} \frac{1}{[1 - y_{0ij}]}, \quad i = 1, \dots, I,$$

где Φ_i — оценки по агрегированным критериям; I — количество групп критериев; J_i — количество локальных критериев в группах.

Обобщенная оценка рассматриваемой альтернативы вычисляется по формулам [6; 7]:

$$\Phi_0 = \sum_{i=2}^I \frac{1}{[1 - \Phi_{oi}]}, \quad \Phi_{oi} = \frac{\Phi_i}{B_i}, \quad B_i = J_i \cdot \frac{1}{(1 - y_{0 \max})}, \quad i = 1, \dots, I,$$

где Φ_{oi} — нормированные оценки сценария по агрегированным критериям; B_i — предельно допустимая оценка по агрегированным критериям.

Затраты дорожной организации на борьбу с зимней скользкостью $Z_{\text{з}}$ можно определить как стоимость противогололедных материалов и стоимость эксплуатации машин при проведении работ по состоянию на выбранный год:

$$Z_{\text{к}} = 10^3 q \cdot B \cdot C_{\text{пгм}} + S_{\text{эм}},$$

где q — норма расхода противогололедных материалов, г/м²; B — ширина полностью очищенной поверхности проезжей части, м; $C_{\text{пгм}}$ — стоимость 1 т противогололедного материала, у. е.; $S_{\text{эм}}$ — стоимость эксплуатации машин при обработке 1 км дороги.

Затраты на эксплуатацию машин при борьбе со снежным накатом на 1 км дороги:

$$S_{\text{эм}} = N_{\text{ц}} (S_{\text{эм, пгм}} \cdot B + S_{\text{эм, очист}} \cdot K_{\text{пер}}),$$

где $S_{\text{эм, пгм}}$ — стоимость эксплуатации машины при россыпи противогололедных материалов на 1000 м² покрытия; $S_{\text{эм, очист}}$ — затраты на эксплуатацию машин на очистку дорог; B — ширина очистки, м; $K_{\text{пер}}$ — коэффициент, учитывающий ширину проезжей части (для дорог 3-й категории — 1,0; для дорог 2-й категории — 1,07; для дорог 1-й категории — 2,86); $N_{\text{ц}}$ — количество циклов очистки.

Затраты на эксплуатацию машин при борьбе с рыхлым снегом на 1 км дороги:

$$S_{\text{эм}} = N_{\text{ц}} \cdot S_{\text{эм, очист}} \cdot K_{\text{пер}}.$$

При положительных значениях S_j потребитель несет потери при любом решении. Матрица потерь раскрывает результативность функционирования либо конкретного потребителя, либо дорожной отрасли экономики однотипного в климатическом отношении региона при возможных сочетаниях принимаемых решений (d_j) и условий погоды (Φ_j).

Сложность синоптических условий проявляется через ошибочность прогнозов и потери потребителя. Статистический анализ результатов прогнозирования условий погоды проведен с использованием матриц сопряженности методических, инерционных и случайных прогнозов.

При использовании прогностической информации о погодно-климатических условиях и выборе потребителем оптимальной стратегии потери можно предотвратить, а предотвращенный ущерб (D_{st}) рассчитать по формуле

$$D_{st} = p_t(S_{12} - S_{11} + S_{21}) \cdot K_{t, \text{оя}},$$

где p_t — вероятность успешного прогноза; %; S_{ij} — составляющие матриц потерь, у. е.; $K_{t, \text{оя}}$ — коэффициент, учитывающий заблаговременность прогноза и продолжительность опасного явления погоды.

С позиции влияния климатических факторов на процессы судоходства следует заметить основные аспекты. На море основными погодными факторами являются осадки. Процесс управления судном при плавании в штормовую погоду до сих пор остается тяжелой и ответственной задачей, который требует интеграции знания и учета всех видов воздействия штормовых условий на судно. Современные конструкции судов обеспечивают существенную прочность, надежную работу судовых механизмов в составе эксплуатационных мореходных качеств. Основные факторы, действующие на судно во время шторма, — ветер и волнение. Осадки уменьшают видимость, а тем самым и скорость судна. Сильный ветер оказывает влияние на судно в зависимости от конструктивных особенностей, увеличивает сопротивление движению судна, ухудшает его управляемость. При развитых надстройках, избыточном надводном борте, небольшой осадке увеличиваются крен и дрейф судна. Если курс проходит вблизи берега, отмелей, рифов, то дрейф в их сторону во время плавания становится опасным.

В сильный шторм волны могут повредить или смыть палубные грузы, разрушить люковые закрытия, вентиляторы, судовые устройства и системы. Это создает опасность проникновения воды в трюмы, влечет за собой проблемы для хранения груза, а иногда и гибель судна. Волны имеют характеристику: размер, период колебаний и скорость распространения. Состоят волны из чередующихся между собой валов (возвышений) и впадин (углублений).

В океанах волны достигают 150 м длины, 7–8 м высоты с периодом 8–10 с. Наибольшие океанские ветровые волны достигают высоты 18–25 м при длине около 400 м. На морях высота волн 5–6 м и длина около 80 м. Сильное волнение значительно осложняет мореплавание и морской промысел, затрудняет производство погрузочно-разгрузочных работ на открытых рейдах, а также других работ на море. Сильное волнение нередко бывает причиной гибели судов и людей. Известно, что при совпадении периода собственных колебаний судна с периодом волны возникает явление резонанса, которое может привести к разрушению судна. При увеличении качки рекомендуется изменить курс по отношению к направлению волнения таким образом, чтобы судно не оказалось лагом к волне, и, может быть, даже уменьшить скорость судна.

Процесс волнения оказывает также большое влияние на скорость судна, вызывает его дрейф и рыскание. При этом суда теряют скорость не только при встречном волнении, но и при попутном. При процессе движения навстречу штормовой волне возможен слеминг, в результате чего может быть повреждена обшивка судна. Одновременно вибрация и резкие встряски вызывают неисправность оборудования (например, обрыв такелажа и трубопроводов, выход из строя электро- и радионавигационных приборов, различных машин и механизмов). Известно, что судно, недостаточно загруженное, а также с чрезмерным дифферентом на корму, испытывает большие затруднения во время шторма. Это способствует возникновению слеминга. Для оценки опасности региона плавания в ожидаемых штормовых условиях судоводители должны иметь достаточную информацию об интенсивности волнения и силе ветра и знать факторы для поддержки и обоснованности принятия их решений:

- мореходные качества судна и его способность противостоять воздействию волнения и ветра;
- положение судна относительно центра циклона или штормовой зоны;
- возможные пункты отступления корабля или спасения экипажа;
- нахождение близлежащего порта-убежища и якорных стоянок, защищенных от воздействия ветра и волнения.

В зависимости от этого капитан судна обязан принять решение: о курсе и скорости хода при уклонении его от циклона, при следовании через штормовую зону или при расхождении с ней, об использовании внутренних фарватеров, о маневрировании короткими галсами под укрытием берега, о постановке на якорь в бухте, об уходе в порт-убежище и т. п.

Произведена оценка влияния ПКФ для транспортно-энергетической отрасли на примере Украины. Отображены основные показатели статистической направленности регионального значения. Сделано заключение о важности принятия решений экспертными группами по оценке регионального транспортно-энергетического потенциала с учетом метода сценариев. Обосновано, что применение методов развития сценариев и групповое обоснование решений экспертами приводит к более безошибочным и правильным решениям. Модифицирована таблица индексных показателей регионального развития в тренде транспортно-энергетического потенциала. Предложено применение индекса достижимости глобальной цели для оценки эффективности проектируемого дерева целей экспертами.

Список литературы

1. *Ходаков В. Е.* Влияние природно-климатических факторов на процессы развития социально-экономических систем: [Текст] / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова // Стратегия качества в промышленности и образовании: II Междунар. конф., Варна, Болгария. — Т. 1 (4.1).
2. *Ходаков В. Е.* Влияние природно-климатических факторов на социально-экономические и производственные системы: моногр. / В. Е. Ходаков, Н. А. Соколова, С. Г. Черный. — Гринь Д. С., 2013. — 354 с.
3. *Zgurovsky M.* The Sustainable Development Global Simulations in Respect of Quality and Safety of Human Life / M. Zgurovsky. — К.: Polytekhnik, 2007. — 218 p.
4. Информационный портал: Государственная служба статистики Украины [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://ukrexport.gov.ua/rus/economy>
5. *Леснінова М. В.* Застосування методів факторного аналізу для побудови рейтингу інвестиційної привабливості фінансового стану підприємств / М. В. Леснінова // Статистика України. — 2004. — № 3.
6. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
7. *Коваленко И. И.* Классификация групповых экспертных оценок с применением адаптивных робастных статистических процедур / И. И. Коваленко, А. В. Швед // Системные технологии. — 2010. — № 1 (66).

УДК 656.025

К. Ю. Арбузов,
ООО «Настоящая экспедиторская компания»

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

METHODICAL APPROACHES TO THE ESTIMATION OF STATE AND DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

В статье рассматриваются различные подходы к классификации индикаторов и показателей, характеризующих состояние и использование инфраструктуры водного и других видов транспорта, позво-

ляющие определить слабые звенья развития и функционирования инфраструктуры и разработать пути устранения негативных явлений.

In the article they discuss various approaches to the classification of indicators and indexes that characterize the state and use infrastructure of maritime and other transport, allowing to determine weak elements of development and functioning of infrastructure and to develop ways to eliminate negative facts.

*Ключевые слова: показатели, индикаторы, инфраструктура водного транспорта, классификация.
 Key words: metrics, indicators, infrastructure of maritime transport, classification.*

ОЦЕНКА состояния и использования транспортной инфраструктуры водного транспорта, как и других видов транспорта, производится с использованием показателей и индикаторов. На их основании можно определить слабые звенья инфраструктуры и разработать пути устранения негативных последствий.

Для упорядоченного представления показателей и индикаторов необходимо использовать различные классификации. В настоящее время в стратегиях развития транспортной инфраструктуры часто используется классификация по целям и задачам развития. Данная дифференциация показателей по целям и задачам наблюдается в «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», «Стратегии развития водного транспорта Российской Федерации до 2030 года» и др. К примеру, в проекте «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» показатели разделены по шести целям [4]:

- формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры;
- обеспечение доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг по критериям качества для грузовладельцев на уровне потребностей инновационного развития экономики страны;
- обеспечение качества транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами;
- интеграция в мировое транспортное пространство и реализация транзитного потенциала страны;
- повышение уровня безопасности транспортной системы;
- снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду.

Данная классификация показателей представляется в виде иерархической модели (рис. 1).



Рис. 1. Иерархическая классификация показателей и индикаторов по целям

Выполненное исследование показало, что данная классификация наряду с положительными моментами имеет ряд недостатков, к которым можно отнести жесткое структурирование и отсутствие полноты представленных данных. Поэтому целесообразно рассмотреть другую классификацию показателей в виде фасетной модели.

Фасет — набор значений отдельного признака классификации, где все фасеты взаимно независимы [1].

Приведенные ниже показатели и индикаторы использованы из используемой литературы [3; 4; 5; 6].

В предлагаемой классификации все показатели, характеризующие состояние транспортной инфраструктуры, дифференцируются по следующим признакам (рис. 2).

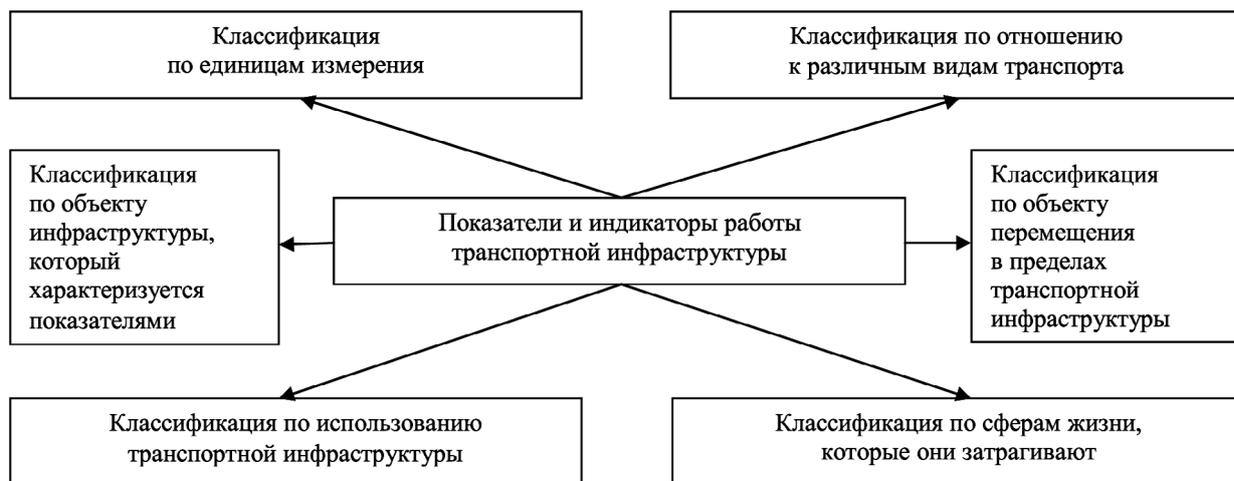


Рис. 2. Фасетная классификация показателей и индикаторов, характеризующих транспортную инфраструктуру

В зависимости от вида транспорта показатели и индикаторы, характеризующие транспортную инфраструктуру, можно разделить на две группы (рис. 3):

- 1) общие показатели для всех видов транспорта с незначительными специфическими особенностями;
- 2) специфические показатели, относящиеся к определенному транспорту.



Рис. 3. Дифференциация показателей по отношению к различным видам транспорта

Примеры показателей, относящихся к различным видам транспорта, отражены в табл. 1.

Таблица 1

Дифференциация показателей по отношению к различным видам транспорта

Показатели и индикаторы работы транспортной инфраструктуры	
<p>Общие показатели для всех видов транспорта Пример — количество перевезенных пассажиров, млн чел.;</p>	<p>Специфические показатели, относящие к определенному виду транспорта: Морской транспорт: Пополнение транспортного флота, тыс. дедвейт-тонн</p>
	<p>Внутренний водный транспорт: Протяженность построенных грузовых причалов в речных портах, км</p>
	<p>Железнодорожный транспорт: Протяженность железнодорожных путей</p>
	<p>Воздушный транспорт: Численность аэродромов гражданской авиации</p>
	<p>Автомобильный транспорт: Доля дорог федерального значения, не отвечающих нормативным требованиям</p>
	<p>Трубопроводный транспорт</p>
	<p>Городской автомобильный и электрический транспорт: Количество перевезенных пассажиров автобусом, млн чел.</p>

В зависимости от единиц измерения показатели и индикаторы можно распределить на три группы (рис. 4):

- 1) натуральные показатели и индикаторы. К ним относятся показатели, которые представляют информацию мерой, весом и т. п. К ним относятся объем перевозок контейнеров (TEU);
- 2) показатели, значение которых измеряется на промежутке от нуля до единицы, данные показатели так же измеряются в %. Пример — доля судоходных гидротехнических сооружений, имеющих неудовлетворительный уровень безопасности, в %;
- 3) стоимостные показатели и индикаторы. К ним относятся показатели, характеризующие работу инфраструктуры в денежном выражении. К ним относится стоимость доставки груза (руб./т·км).

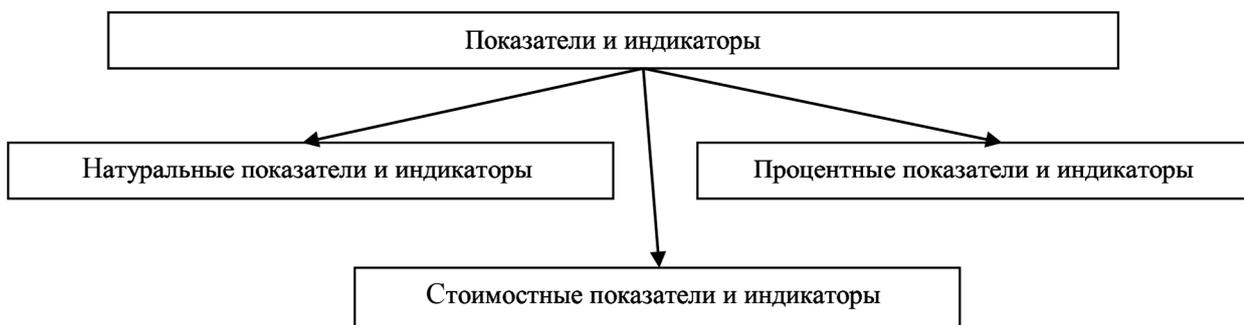


Рис. 4. Дифференциация показателей по единицам измерения показателя

В зависимости от объекта инфраструктуры показатели и индикаторы можно разделить на две группы (рис. 5):

- 1) показатели, характеризующие подвижной состав. Пример — общий уровень износа транспортных средств, в %;

2) показатели, характеризующие стационарные объекты транспортной инфраструктуры, такие как пути, складские и перегрузочные комплексы. Пример — уровень износа стационарных инфраструктурных объектов водного транспорта, в %.



Рис. 5. Дифференциация показателей по объекту инфраструктуры, который характеризуется показателем

Дифференциация показателей и индикаторов, характеризующих работу транспортной инфраструктуры по временному признаку (рис. 6):

1) показатели, характеризующие состояние транспортной инфраструктуры. Пример — протяженность грузовых причалов в речных портах, км;

2) показатели, характеризующие динамику использования инфраструктуры. Данные показатели характеризуют динамику изменения объемов работы инфраструктуры во времени, снижение и увеличение объемов по сравнению с предыдущими периодами. Они наиболее важны для разработки стратегии развития транспортной инфраструктуры. Пример — увеличение пропускной способности морских портов по отношению к уровню прошлого года, в %.



Рис. 6. Дифференциация показателей и индикаторов по использованию транспортной инфраструктуры

Показатели и индикаторы, характеризующие транспортную инфраструктуру в зависимости от объекта перемещения, можно разделить на две группы (рис. 7):

1) показатели, характеризующие грузовые перевозки. Пример — объем перевалки грузов в речных портах;

2) показатели, характеризующие пассажирские перевозки. Пример — пассажирооборот речных портов, млн пассажиров.



Рис. 7. Дифференциация показателей и индикаторов по объекту перемещения в пределах транспортной инфраструктуры

Показатели и индикаторы можно дифференцировать в зависимости от сфер жизнедеятельности общества, которые они затрагивают:

1) экономические. Показатели, характеризующие воздействие транспортной инфраструктуры на экономику региона и страны в целом. К данным показателям относятся данные по перевозкам, состояние и изменение транспортной инфраструктуры, направленные на повышение эффективности. Пример — грузооборот портов, млрд т;

2) социальные. Показатели, оценивающие влияние транспортной инфраструктуры на социальную сферу жизни общества. Пример — прирост количества сельских населенных пунктов, обеспеченных постоянной круглогодичной связью с сетью автомобильных дорог общего пользования по дорогам с твердым покрытием, в отчетном году;

3) экологические. Показатели и индикаторы, характеризующие воздействие транспортной инфраструктуры на экологическую обстановку. Пример — объемы выбросов и сбросов загрязняющих вредных веществ.

Некоторые показатели можно отнести как к одной группе, так и к другой. Примером может служить такой показатель, как динамика аварийности судов. Данный показатель можно рассматривать как с социальной точки зрения — ранение и гибель людей, так с экологической — попадание в водоемы топлива пострадавших транспортных средств, а также перевозимый груз (различные химические соединения).

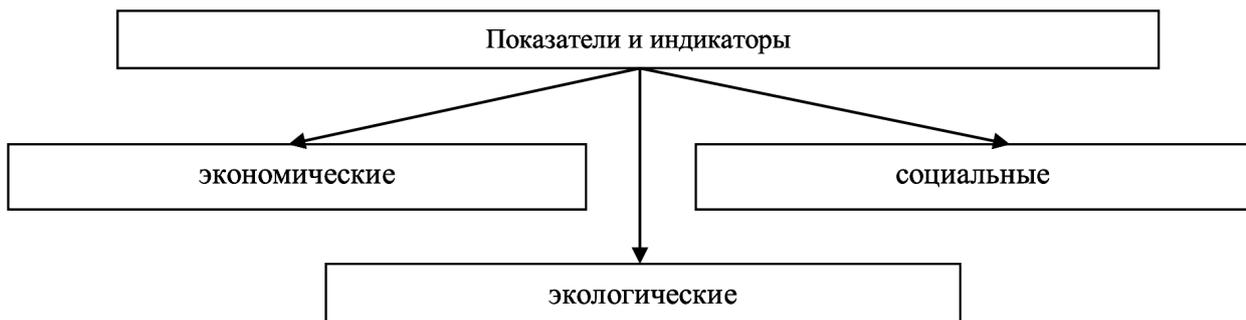


Рис. 8. Дифференциация показателей и индикаторов по сферам жизни, которые они затрагивают

Основным преимуществом предложенной классификации является гибкость структуры. Изменения в одном из фасетов не оказывают влияния на остальные. При данной классификации существует возможность объединения объектов в одну систему для осуществления информационного поиска по любому сочетанию фасетов.

Для более полной классификации показателей и индикаторов целесообразно иерархическую модель дополнить необходимыми элементами фасетной модели. Для примера можно рассмотреть иерархическую модель с учетом классификации по отношению к различным видам транспорта, предложив тем самым комбинированную классификацию.

Так, классификацию показателей и индикаторов проекта «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года» можно представить следующим образом.

**Классификация показателей и индикаторов по целям с учетом классификации
по отношению к различным видам транспорта**

Цель 1. Формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры	
<p>Общие показатели для всех видов транспорта — густота транспортной сети, сокращение протяженности участков транспортных коммуникаций, на которых имеются ограничения пропускной и провозной способности; — обеспечение резервов пропускной способности транспортной сети по видам транспорта на основании направления грузо- и пассажиропотоков; — доля населенных пунктов, имеющих доступ к одному или нескольким видам транспортных коммуникаций, в %; — достижение скоростных параметров на транспортных коммуникациях (соответствие лучшим мировым стандартам)</p>	<p>Специфические показатели, относящиеся к определенному виду транспорта: Внутренний водный транспорт: — протяженность внутренних водных путей, ограничивающих пропускную способность единой глубоководной системы европейской части России, в км; — перевалка грузов в речных портах, млн т</p>
	<p>Морской транспорт: — перевалка грузов морскими портами РФ, в млн т</p>
	<p>Автомобильный транспорт: — доля протяженности автомобильных дорог общего пользования федерального значения, обслуживающих движение в режиме перегрузки, в %; — доля протяженности автомобильных дорог общего пользования федерального значения, обслуживающих движение в режиме перегрузки, в тыс. км; — доля протяженности автомобильных дорог общего пользования высших категорий (1-й и 2-й) в общей протяженности автомобильных дорог федерального значения, в %; — доля протяженности автомобильных дорог общего пользования высших категорий (1-й и 2-й) в общей протяженности автомобильных дорог федерального значения, в тыс. км; — протяженность автомагистралей и скоростных дорог, в тыс. км; — доля автомобильных дорог, соответствующих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям по сети автомобильных дорог общего пользования федерального значения, в тыс. км; — протяженность автомобильных дорог, соответствующих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям по сети автомобильных дорог общего пользования федерального значения, в тыс. км; — протяженность всех автомобильных дорог общего пользования, в тыс. км; — протяженность автомобильных дорог необщего пользования, в тыс. км</p>
	<p>Авиационный транспорт: — численность аэродромов гражданской авиации, в ед.; — численность посадочных площадок гражданской авиации, в ед.</p>
	<p>Железнодорожный транспорт: — доля протяженности линий железнодорожного транспорта общего пользования, имеющих ограничения пропускной способности</p>
	<p>Трубопроводный транспорт Городской автомобильный и электрический транспорт</p>

Таблица 2
 (Продолжение)

Цель 2. Обеспечение доступности, объема и конкурентоспособности транспортных услуг по критериям качества для грузовладельцев на уровне потребностей инновационного развития экономики страны	
<p>Общие показатели для всех видов транспорта — коммерческая скорость движения магистральных товарных потоков, в км/сут; — сокращение срока доставки грузов в мультимодальном сообщении, в % к уровню прошлого года; — обеспечение срочности доставки грузов. Складские запасы для гарантированного товарного производства, в днях; — уровень контейнеризации перевозимых грузов в межрегиональном сообщении, в международном сообщении, в %; — развитие транспортно-логистических технологий; — повышение производительности труда на транспорте; — обновление парков подвижного состава, улучшение их качественных характеристик; — движение товаров в пути, часов в сутки; — повышение рентабельности всех видов транспортной деятельности; — удельные транспортные издержки в цене конечной продукции, в %; — снижение энергоемкости, в % к прошлому году; — повышение фондоотдачи, в % к прошлому году; — показатели использования подвижного состава видов транспорта, в том числе коэффициент использования пробега с грузом и грузоподъемности</p>	<p>Специфические показатели, относящие к определенному виду транспорта:</p> <p>Внутренний водный транспорт</p>
	<p>Морской транспорт</p>
	<p>Автомобильный транспорт: — увеличение коммерческой скорости доставки продукции автомобильным транспортом, в % к уровню прошлого года; — доля контейнерных и контрейлерных перевозок в общем объеме перевозок контейнеропригодных грузов автомобильным транспортом, в %; — доля автомобильного транспорта общего пользования в общем объеме перевозок грузов автомобильным транспортом, в %; — средний возраст парка грузовых автотранспортных средств, в годах</p>
	<p>Авиационный транспорт</p>
	<p>Железнодорожный транспорт: — скорость доставки грузовых отправок железнодорожным транспортом. В том числе: маршрутных отправок, контейнеров, из них контейнеров в транзитном сообщении, в км/сут; — доля отправок, доставленных железнодорожным транспортом в нормативный срок, в %;</p>
	<p>Трубопроводный транспорт</p>
<p>Городской автомобильный и электрический транспорт</p>	

Цель 3. Обеспечение доступности и качества транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами	
<p>Общие показатели для всех видов транспорта</p> <ul style="list-style-type: none"> — подвижность населения, в пасс.-км на 1 чел. в год; — обеспечение ценовой доступности транспортных услуг для населения; — доля транспорта в потребительских расходах домашних хозяйств России, в том числе для групп населения с низкими доходами, в % 	<p>Специфические показатели, относящие к определенному виду транспорта:</p> <p>Внутренний водный транспорт</p>
	<p>Морской транспорт</p>
	<p>Автомобильный транспорт:</p> <ul style="list-style-type: none"> — прирост количества сельских населенных пунктов, обеспеченных постоянной круглогодичной связью с сетью автомобильных дорог общего пользования по дорогам с твердым покрытием, в ед.
	<p>Авиационный транспорт:</p> <ul style="list-style-type: none"> — коэффициент авиационной подвижности, поездки/чел; — доля пассажирских самолетов, эксплуатируемых менее 10 лет в составе коммерческого парка, в %; — регулярность пассажирских перевозок воздушным транспортом; — коэффициент доступности авиаперевозок, в ед.
	<p>Железнодорожный транспорт:</p> <ul style="list-style-type: none"> — участковая скорость движения поездов по пассажирскому движению в пригородном сообщении. В дальнем следовании, в том числе на основных пассажирских направлениях, в км/ч
	<p>Трубопроводный транспорт</p>
	<p>Городской автомобильный и электрический транспорт:</p> <ul style="list-style-type: none"> — доля парка подвижного состава автомобильного и городского наземного электрического транспорта общественного пользования, оборудованного для перевозки маломобильных граждан, в %; — средний возраст парка пассажирских автотранспортных средств, в годах

Таблица 2
 (Продолжение)

Цель 4. Интеграция в мировое транспортное пространство и реализация транзитного потенциала страны	
<p>Общие показатели для всех видов транспорта — перевозки транзитных грузов через территорию России, в млн т; — экспорт транспортных услуг, в млрд долл. США; — рост объемов перевозок экспортно-импортных грузов универсальными видами транспорта по факту пересечения границы (к уровню прошлого года), в %; — рост доли отечественных транспортных компаний в обеспечении внешнеторговых перевозок, в %</p>	<p>Специфические показатели, относящиеся к определенному виду транспорта: Внутренний водный транспорт</p>
	<p>Морской транспорт: — доля в суммарном дедейте морского транспортного флота, контролируемого Россией, судов под российским флагом, в %; — суммарный дедейт морского транспортного флота, контролируемого Россией (всего в том числе под российским флагом), в млн т</p>
	<p>Автомобильный транспорт: — доля российских перевозчиков в объеме международных автомобильных перевозок грузов, в %</p>
	<p>Авиационный транспорт: — доля экспорта в общем объеме авиатранспортных услуг российских авиакомпаний, в %</p>
	<p>Железнодорожный транспорт</p>
	<p>Трубопроводный транспорт</p>
Цель 5. Повышение уровня безопасности транспортной системы	
<p>Общие показатели для всех видов транспорта — снижение аварийности по видам транспорта; — снижение количества актов незаконного вмешательства; — уровень безопасности состояния объектов транспортной инфраструктуры; — подготовка квалифицированных кадров для транспортной отрасли, в тыс. чел.</p>	<p>Специфические показатели, относящиеся к определенному виду транспорта: Внутренний водный транспорт</p>
	<p>Морской транспорт</p>
	<p>Автомобильный транспорт: — социальный риск гибели в дорожно-транспортных происшествиях, в количестве погибших на 1 млн населения</p>
	<p>Авиационный транспорт: — число авиакатастроф на 100 тыс. ч налета на регулярных перевозках, в ед./100 тыс. ч; — выпуск пилотов коммерческой авиации образовательными учреждениями Минтранса России, в чел.</p>
	<p>Железнодорожный транспорт: — снижение уровня аварийности на железнодорожном транспорте (к уровню прошлого года), в %</p>
<p>Трубопроводный транспорт</p>	
<p>Городской автомобильный и электрический транспорт</p>	

Цель 6. Снижение вредного воздействия транспорта на окружающую среду	
Общие показатели для всех видов транспорта — снижение выбросов на видах транспорта; — снижение энергоемкости работы транспортной системы, в % к прошлому году	Специфические показатели, относящие к определенному виду транспорта: Внутренний водный транспорт
	Морской транспорт
	Автомобильный транспорт: — объем загрязняющих вредных веществ от автотранспортного комплекса, в % к уровню прошлого года; — доля альтернативных видов топлива в общем топливопотреблении автотранспортных средств, в %; — доля парка грузовых автомобилей, использующих альтернативные виды топлива, в %; — доля утилизированных отходов (включая вторичную переработку) на автомобильном транспорте, в %; — величина удельного энергопотребления на автомобильном транспорте, в граммах условного топлива на т-км (пасс.-км)
	Авиационный транспорт: — доля в общем объеме перевозок самолетов российских авиакомпаний, соответствующих требованиям главы 4 приложения 16 Конвенции ИКАО по уровню авиационного шума и эмиссии, в %; — средний расход авиатоплива на единицу транспортной работы, в кг/ткм
	Железнодорожный транспорт: — снижение на железнодорожном транспорте общего пользования (к уровню прошлого года) выбросов загрязняющих веществ, сброса недостаточно очищенных сточных вод, в %; — снижение энергоемкости перевозок на железнодорожном транспорте (к уровню прошлого года); — удельный расход электроэнергии на тягу поездов, удельный расход условного топлива на тягу поездов, в %
	Трубопроводный транспорт Городской автомобильный и электрический транспорт

Таким образом, представленная классификация обладает большей гибкостью и наглядностью представленных данных, показывает хорошую приспособляемость классификации к изменению решаемых задач, для решения которых она и создается. Видно, каких именно видов транспорта коснутся преобразования, а какие останутся без изменений. На основании этого можно принять управленческие решения по повышению эффективности функционирования инфраструктуры как водного, так и других видов транспорта.

Список литературы

1. Кузнецова А. И. Инфраструктура. Вопросы теории, методологии и прикладные аспекты современного инфраструктурного обустройства. Геоэкономический подход / А. И. Кузнецова. — М.: КомКнига, 2006. — 456 с.
2. Прокофьева Т. А. Логистика транспортно-распределительных систем: Региональный аспект / Т. А. Прокофьева, О. М. Лопаткин. — М.: РКонсульт, 2003. — 400 с.: ил.
3. Долгосрочная целевая программа «Развитие транспортного комплекса республики Татарстан на 2011–2015 годы».
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
5. Салимова Т. А. Теория и практика управления качеством / Т. А. Салимова; науч. ред. Э. М. Коротков. — Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. — 172 с.
6. Бугроменко В. Н. Белая книга автомобильных дорог Рязанской области / В. Н. Бугроменко, А. Ю. Староселец, Е. Г. Мясоедов. — М.: Географком, 1999. — 113 с.

УДК 001.89

Т. А. Пантина,
д-р экон. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

М. Н. Савельева,
канд. филос. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

PROBLEMS AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC ACTIVITY OF THE UNIVERSITIES OF WATER TRANSPORT

Проведен анализ основных показателей научной деятельности вузов водного транспорта, предложен комплекс мероприятий по повышению ее эффективности.

Analyze the main indicators of scientific activity universities waterway transport, proposed a package of measures to improve its efficiency.

Ключевые слова: научная деятельность, мониторинг, эффективность, образовательные организации, SWOT-анализ, мероприятия.

Key words: science, monitoring, efficiency, educational organizations, SWOT-analysis, events.

В СООТВЕТСТВИИ с Федеральным законом от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» [1] прикладные научные исследования — исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач.

На современном этапе развития России прикладные исследования и разработки играют важнейшую роль в инновационном развитии транспортного комплекса, в технологическом обновлении сферы материального производства, способствуют экономическому росту и формированию позитивного имиджа страны на международной арене. Субъектами научно-технической деятельности в отрасли являются ведущие вузы, научно-проектные организации, малые инновационные предприятия, реализующие научно-исследовательские проекты по заказам государственных организаций, фондов поддержки научной и научно-технической деятельности по итогам участия в конкурсных процедурах или выполняют научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по хозяйственным договорам с другими организациями.

Важным резервом развития научных исследований и создания инноваций на водном транспорте являются образовательные организации высшего образования, для которых научная деятельность наряду с образовательной является основным видом деятельности: ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова» (далее — ГУМРФ), ФГБОУ ВПО «Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова» (далее — ГМУ); ФГБОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского» (далее — МГУ); ФГБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта» (далее — ВГАВТ); ФГБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» (далее — НГАВТ); ФГБОУ ВПО «Московская государственная академия водного транспорта» (далее — МГАВТ).

Основные тенденции научно-исследовательской деятельности в системе высшего образования определяются рядом внутренних и внешних факторов. Анализ статистических данных, результатов самообследования, итогов мониторинга позволил сформировать матрицу SWOT-анализа научной деятельности вузов водного транспорта.

Матрица SWOT-анализа научной деятельности

Внутренние факторы	Внешние факторы
Преимущества (S)	Возможности (O)
<p>1. Наличие сформировавшихся научных школ, подготовка аспирантов транспортных вузов по широкому спектру научных специальностей (55 научных специальностей).</p> <p>2. Традиции и опыт организации и проведения отраслевых научных исследований и разработок (более 60 научно-педагогических школ).</p> <p>3. Квалифицированные научно-педагогические кадры (удельный вес НПП, имеющих ученую степень кандидата и доктора наук в общей численности НПП вузов — 53–79 %).</p> <p>4. Соответствие направлений прикладных исследований потребностям отрасли (95–100 %)</p>	<p>1. Востребованность научно-инновационных разработок, направленных на реализацию целей и задач Транспортной стратегии.</p> <p>2. Наличие нормативно-законодательной базы, определяющей различные формы интеграции науки, образования и производства.</p> <p>3. Возможности интеграции ресурсов отраслевых вузов для разработки и внедрения научно-инновационных проектов, увеличения объемов НИР.</p> <p>4. Возможности взаимодействия компаний, реализующих программы инновационного развития, с высшими учебными заведениями отрасли.</p> <p>5. Наличие механизмов поддержки научно-исследовательской деятельности студентов, аспирантов, молодых ученых в форме конкурсов, грантов, стипендий, премий</p>
Недостатки (W)	Угрозы (T)
<p>1. Снижение кадрового потенциала вузов в сфере научной деятельности.</p> <p>2. Слабая поддержка научно-технических и инновационных разработок со стороны бизнеса при отсутствии фундаментальных исследований (4 отраслевые организации, реализующие НИР).</p> <p>3. Отсутствие полного цикла создания инновационной продукции вследствие слабой интеграции научных организаций, образовательных учреждений и производства.</p> <p>4. Низкая патентная, лицензионная, публикационная активность научно-педагогических работников (показатели публикационной активности ниже, чем вузов ж/д транспорта (на 200 позиций); 2–3 патента в год на вуз; 7 лицензионных соглашений на все вузы).</p> <p>5. Низкая конкурентоспособность отраслевых вузов при участии в конкурсах, проводимых Минобрнауки России (12 грантов на все вузы, 2 ГК по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»).</p> <p>6. Низкая эффективность работы аспирантуры и докторантуры (40 защит на 14 диссертационных советов в год).</p> <p>7. Отсутствие НИОКР по государственным контрактам и договорам с организациями в большинстве филиалов вузов</p>	<p>1. Устаревание материально-технической базы научных исследований.</p> <p>2. Отсутствие бюджетной субсидии на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности (в 2014 г. объем базовой части госзадания для вузов Минобрнауки России составил 3,9 млрд руб.).</p> <p>3. Прогрессирующее старение кадров, занятых в научной сфере (5 % научных исследователей (канд. и д-ров наук) находится в возрастной категории до 30 лет, 32 % — в возрастной категории от 60 и старше).</p> <p>4. Относительно низкий уровень заработной платы молодых ученых по сравнению с возможным уровнем заработной платы в других сферах деятельности.</p> <p>5. Низкая инновационная активность производственных предприятий России, слабая востребованность научных разработок производством (инновационная активность организаций 10,3 % за 2012 г., при среднем показателе по Европейскому Союзу — 44 %)</p>

Показателями эффективности научной деятельности вуза на данном этапе являются показатели мониторинга, проводимого ежегодно Минобрнауки России. Основным показателем, характеризующим эффективность научной деятельности, является «Объем НИОКР в расчете на одного научно-педагогического работника (далее — НПП)». Пороговое значение показателя устанавливается для каждого региона отдельно.

По итогам мониторинга данных за 2013 г. показатель эффективности научной деятельности превышает пороговое значение для всех вузов, кроме МГАВТ [2].

Таблица 2

Значения показателя эффективности научной деятельности вузов водного транспорта

Объем НИОКР в расчете на одного НПР, тыс. руб.	ГУМРФ	ГМУ	МГУ	ВГАВТ	НГАВТ	МГАВТ
Значение показателя вуза	135,08	136,27	107,66	76,13	63,34	↓124,77
Пороговое значение	122,41	51,28	70,1	70,1	51,28	136,37

Следует отметить, что значение анализируемого показателя существенно зависит от численности НПР, поэтому оптимизация кадрового состава приведет к росту данного и других относительных показателей эффективности деятельности вузов.

При этом необходимо заметить, что вузы, подведомственные Росморречфлоту, не получают целевую субсидию на научную деятельность, в то время как вузы, подведомственные Минобрнауки России, начиная с 2012 г. получают финансирование на проведение научных исследований в форме государственного задания. Бюджетные средства на обеспечение базовой части государственного задания, направленной на адресную поддержку наиболее успешных исследователей, инженерно-технических работников и научных коллективов, в 2014 г. составили 3,9 млрд руб., на проектную часть будут выделены дополнительные средства [3].

Вузы Росморречфлота выполняют НИР и НИОКР в соответствии с заключенными государственными контрактами по результатам конкурсных процедур, в том числе проводимых Минтрансом России и Росморречфлотом, а также договорами, заключенными с организациями, в основном отраслевыми. Денежные средства от выполнения НИР малыми инновационными предприятиями, учрежденными в соответствии с № 217-ФЗ от 2 августа 2009 г., в объем НИОКР не включаются.

Тематика НИР связана с проведением научных исследований, соответствующих сложившимся научно-педагогическим школам в рамках научных специальностей по отраслям наук: технические, экономические, науки о земле (экология).

В вузах, ориентированных на подготовку кадров для внутреннего водного транспорта (ВГАВТ, МГАВТ, НГАВТ, ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова), преобладают научные исследования, связанные с освидетельствованием и паспортизацией портовых гидротехнических сооружений, исследованием состояния сооружений и конструкций объектов водного транспорта, с разработкой мероприятий по обеспечению их надежности и безаварийной эксплуатации, исследованием технического состояния судового грузоподъемного, механического и энергетического оборудования, оценкой технического состояния судов, дефектации, восстановления деталей судовых дизелей и др. Ряд исследований, например обследование плавучих и судовых грузоподъемных кранов, характеризуются широким спектром заказчиков и невысокой стоимостью работ.

Морские вузы выполняют исследования по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, обеспечению безопасности судоходства, по технической эксплуатации и эффективности судовых энергетических установок, по разработке интеллектуальных систем по предупреждению столкновений судов в море, обеспечению экологической безопасности, правовому регулированию деятельности морского транспорта.

Основными заказчиками хоздоговорных НИР являются: администрации бассейнов внутренних водных путей, речные и морские порты, судоходные компании, проектные и производственные организации отрасли. По заказу Министерства транспорта России выполнены всего две НИР (ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова и ВГАВТ), по заказу Минобрнауки России — также две НИР (МГУ имени адмирала Г. И. Невельского). Патентная активность вузов Росморречфлота по сравнению с вузами Минобрнауки России невысокая (оформление 2–3 патентов в год). Определен-

ных успехов по коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в производство добились ВГАВТ (7 лицензионных соглашений).

Общий объем НИОКР вузов находится в интервале от 25 до 102 млн руб. (табл. 3). Удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах образовательной организации составляет от 0,3 до 7 %; доход от НИОКР по договорам с организациями — от 4,8 до 35 млн руб. [2].

Общий объем НИР за 2013 г. составил 266,9 млн руб., их них объем НИР по договорам с организациями составил 95 млн руб., или 35,6 % от общего объема.

Таблица 3

Показатели эффективности научной деятельности вузов водного транспорта

Наименование показателя	ГУМРФ	ГМУ	МГУ	ВГАВТ	НГАВТ	МГАВТ
Общий объем НИОКР, тыс. руб.	102 423	36 111	45 189	26 730	25 615	30 819
Удельный вес доходов от НИОКР в общих доходах образовательной организации, %	7,15	0,27	4,2	4,5	1,47	1,07
Доходы от НИОКР по договорам с организациями, тыс. руб.	35 144	12 311	11 269	14 638	16 900	4790

Следующая группа показателей эффективности научной деятельности связана с публикационной активностью организации.

На современном этапе используется ряд наукометрических показателей: индекс цитирования, индекс Хирша, импакт-фактор в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в международных базах данных и др.

Эти показатели активно применяются при проведении открытого публичного конкурса на распределение контрольных цифр приема; экспертизы заявок на финансирование в рамках федеральных целевых программ или конкурсов на гранты; при создании диссертационных советов и их ежегодном мониторинге; при аттестации научно-педагогических работников и оценке результативности их научной деятельности.

Анализ результатов публикационной активности вузов, подведомственных Росморречфлоту, по данным Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU [4], показал:

- общее число публикаций в РИНЦ за 5 лет в зависимости от вуза составляет от 234 до 1302;
- число публикаций в российских журналах из перечня ВАК находится в интервале от 150 (МГАВТ) до 585 (ГУМРФ), в российских переводных журналах от 7 (МГАВТ) до 33 НГАВТ, в журналах, входящих в Web of Science или Scopus, от 9 (МГАВТ) до 27 (НГАВТ);

- число авторов, имеющих публикации в журналах, входящих в Web of Science или Scopus, от 3 до 13;

- средневзвешенный импакт-фактор журналов, в которых были опубликованы статьи, не превышает 0,11 (ГМУ имени адмирала Ф. Ф. Ушакова).

Можно отметить, что при достаточном количестве публикаций в РИНЦ число публикаций в зарубежных журналах и публикаций с участием зарубежных авторов незначительно.

Однако данные, размещенные на портале eLibrary.ru, часто не соответствуют реальным данным вузов. Это обусловлено следующими причинами:

- отсутствие в базе данных РИНЦ зарегистрированных сотрудников вузов (или зарегистрированных под наименованием другого вуза);

- отсутствие автоматической привязки публикаций и ссылок к авторам, организациям и журналам.

Для получения полной и достоверной информации о цитировании статей в системах Web of Science и Scopus требуется платная подписка на каждую из этих систем. Стоимость такой подписки — от 1,5 до 2 млн руб. в год, что для вузов неприемлемо.

Тем не менее в рейтинге организаций высшего образования (в референтной группе, включающей 861 вуз) вузы Росморречфлота занимают средние позиции в интервале 360–560 [4].



Рис. 1. Сравнительный анализ показателей публикационной активности вузов водного транспорта

Показатели вузов водного транспорта ниже, чем показатели вузов железнодорожного транспорта (160–270), и сопоставимы с показателями вузов гражданской авиации (360–380) [4].

Важным видом научной деятельности в вузах является подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре. В вузах реализуются программы подготовки научно-педагогических кадров по 55 научным специальностям (в соответствии с федеральными требованиями).

Общее количество аспирантов на 1 января 2014 г. составило 884 человека (табл. 4). На базе вузов действуют 14 диссертационных советов. По итогам мониторинга диссертационных советов в 2013 г. общее количество защищенных диссертаций — 40, из них кандидатских защит — 38; докторских — 2.

Таблица 4

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре в вузах водного транспорта

Показатели	ГУМРФ	ГМУ	МГУ	ВГАВТ	НГАВТ	МГАВТ
Количество аспирантов	260	74	126	136	184	104
Количество диссертационных советов	5	2	2	2	2	1
Количество научных специальностей	23	15	12	9	14	10
Количество защищенных диссертаций (кандидатских/докторских)	18/2	8	5	3	3	1

Низкая эффективность работы аспирантуры в 2013 г. связана в том числе с реформированием ряда диссертационных советов.

Необходимо отметить два фактора, влияющие на подготовку научно-педагогических кадров на данном этапе:

— подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре отнесена к третьему уровню высшего образования, процедура защиты на соискание ученой степени кандидата наук в содержание программ не внесена;

— наметилась устойчивая тенденция сокращения бюджетных мест, контрольные цифры приема в 2014 г. по сравнению с 2011 г. сократилось практически в два раза.

Таким образом, в условиях изменения статуса аспирантуры (уровень высшего образования), уменьшения бюджетных мест (табл. 5), возможности приема только специалистов и магистров обеспечение эффективной деятельности диссертационных советов становится проблематичным.

Таблица 5

Контрольные цифры приема (далее — КЦП) в аспирантуру вузов водного транспорта

Год приема	2008	2009	2010	2011	2012	2013
КЦП	167	234	247	258	254	137

Ведущим профессорам, молодым ученым, аспирантам всех вузов водного транспорта предоставляются возможности представления результатов научных исследований на конференциях, симпозиумах, научных семинарах, а также их публикации в ведущих научных изданиях. Однако финансирование данной деятельности осуществляется за счет внебюджетных средств вузов, что обуславливает введение ограничений на участие в конференциях, прежде всего проводимых за рубежом.

Финансирование студенческой науки осуществляется в рамках образовательной субсидии или за счет внебюджетных средств. Вузы Росморречфлота к конкурсному отбору программ развития деятельности студенческих объединений образовательных учреждений высшего профессионального образования, подведомственных Минобрнауки России, не допускаются.

Для повышения эффективности научно-исследовательской деятельности вузов водного транспорта целесообразно решение основных задач на основе реализации комплекса мероприятий (табл. 6). Для сравнения в таблице приведены целевые индикаторы, отражающие вектор развития сектора научных исследований и разработок в РФ в соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы» [5].

Таблица 6

Задачи и мероприятия по развитию научной деятельности вузов водного транспорта

Задачи	Мероприятия	Основные показатели программы к 2020 г.
Сохранение и поддержка ведущих научных школ	— формирование системы приоритетов развития научных исследований вузов; — повышение эффективности подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, докторантуре; — финансовое стимулирование НИР, публикуемых в высокорейтинговых международных журналах; — поддержка деятельности советов молодых ученых	— число публикаций российских авторов в научных журналах, входящих в перечень, утвержденный ВАК, в расчете на 100 исследователей — 2,38; — число публикаций российских авторов в научных журналах, индексируемых в расчете на 100 исследователей: — в базе данных Scopus — 11,6; — в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) — 9,1; — удельный вес средств, полученных от выполнения научной, научно-технической деятельности, в общем объеме средств ведущих российских университетов — 25 %
Развитие инфраструктуры научных отраслевых исследований и разработок	— обновление материально-технической базы научных исследований; — использование современных информационных технологий при выполнении НИР; — совершенствование механизмов эффективного использования интеллектуальной собственности; — выполнение патентных исследований, обеспечение правовой охраны интеллектуальной собственности	— удельный вес стоимости машин и оборудования (в возрасте до 5 лет) в общей стоимости машин и оборудования в организациях, выполняющих научные исследования и разработки, — 40,9 %; — доля инновационной продукции (товаров и услуг) в общем объеме реализованной продукции (товаров и услуг) в сфере научных исследований и разработок — 34 %

Таблица 6
 (Окончание)

<p>Повышение кадрового потенциала вузов, развитие механизмов стимулирования научно-инновационной активности НПР</p>	<ul style="list-style-type: none"> — развитие системы механизмов улучшения качественного состава научных и научно-педагогических кадров; — разработка типовых форм эффективных контрактов с профессорско-преподавательским составом с учетом результативности научной деятельности; — повышение квалификации научных сотрудников и специалистов; — поддержка отдельных научных сотрудников, научно-педагогических работников и творческих научных коллективов (премии, гранты и пр.) 	<ul style="list-style-type: none"> — средний возраст исследователей — 44,9 года; — удельный вес исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей — 42,5 %; — отношение средней заработной платы научных сотрудников к средней заработной плате по субъекту Российской Федерации — 200 %
<p>Системная интеграция вузов с научными организациями, отраслевыми НИИ и предприятиями на основе объединения кадровых и материально-технических ресурсов; интеграция в международное научно-технологическое пространство</p>	<ul style="list-style-type: none"> — заключение договоров стратегического партнерства между отраслевыми вузами на основе совместного использования материально-технической базы и инновационной инфраструктуры; — выполнение НИР на основе совместного использования ресурсов транспортных вузов, научных организаций, производственных предприятий; — организация многопланового взаимного сотрудничества в интересах развития науки, техники, инновационных технологий на водном транспорте в рамках реализации программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций, федеральных государственных унитарных предприятий; — расширение и повышение эффективности участия ППС и научных сотрудников в международных конференциях, симпозиумах, совещаниях; — участие вузов в международных научно-исследовательских проектах 	<ul style="list-style-type: none"> — удельный вес публикаций в соавторстве с зарубежными учеными в общем числе публикаций российских авторов в научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (Web of Science), — 38 %; — удельный вес публикаций в соавторстве с зарубежными учеными в общем числе публикаций российских авторов в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus, — 34,6.

Реализация комплекса предлагаемых мероприятий потребует вложения определенных финансовых ресурсов, однако это позволит обеспечить существенное усиление конкурентоспособности вузов водного транспорта в секторе отраслевых научных исследований.

Список литературы

1. О науке и государственной научно-технической политике: федеральный закон Рос. Федерации от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>
2. Информационно-аналитические материалы по результатам анализа показателей эффективности образовательных организаций высшего образования [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.miccedu.ru/monitoring2013>
3. Минобрнауки России формирует госзадание вузам в сфере науки [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.strf.ru>
4. Сравнение показателей организаций [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.eLIBRARY.RU> <http://elibrary.ru>
5. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы: Постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апреля 2014 г. № 301 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru>

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 629.5.068.3

Д. С. Мизгирев,
канд. техн. наук, доцент,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

А. С. Курников,
д-р техн. наук, профессор,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

О. Л. Почкалов,
аспирант,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД (СОСВ)

EXPERIMENTAL RESEARCH OF MODERN SHIP WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS (WWTS)

Статья посвящена решению актуальной проблемы совершенствования обозначенных систем, являющихся в настоящее время одним из основных элементов инженерной защиты окружающей среды на судах речного флота. Авторами рассмотрены особенности работы существующих схем обработки сточных вод (СВ). Предложены варианты решения проблемы в виде новых технологических схем систем, а также представлены результаты натурных испытаний экспериментальных образцов.

The scientific article «Experimental research of modern ship wastewater treatment systems (WWTS)» authors Mizgirev D.S., Kournikov A.S. and Pochkalov O.L. devoted to solution of actual problems of the improvement of the identified systems, which is currently one of the main elements of engineering protection of environment at the river vessels. The authors consider the existing schemes of wastewater treatment systems. Proposed solutions in the form of new technological schemes of systems, and also presents the results of field tests of experimental samples.

Ключевые слова: судовые сточные воды, очистка сточных вод, судовые станции очистки сточных вод, проектирование судовых станций очистки сточных вод, испытания судовых станций очистки сточных вод.

Key words: ship waste water, waste water treatment, ship wastewater treatment systems, design of ship stations of sewage treatment, the testing of ship waste water treatment plants.



Э КСПЛУАТАЦИЯ судов неизбежно связана с возникновением и решением проблем охраны окружающей среды и обеспечения соответствия эмиссии загрязняющих веществ современным нормативным требованиям.

В процессе эксплуатации при использовании воды для пищевых и хозяйственных нужд на судне скапливаются СВ. В общем случае СВ можно классифицировать по основным признакам [3; 8; 10; 19; 20] в соответствии со схемой, изображенной на рис. 1.

Основные методы очистки СВ перечислены на рис. 2, а их принцип действия и характеристики подробно рассмотрены в литературных источниках [3, с. 463–464; 4; 5; 8; 11; 14; 15, с. 37–48; 20; 21].

Из всего многообразия приведенных методов наибольший интерес представляют те (выделены на рис. 2), которые используются или могут быть использованы на судах и отвечают судовым требованиям.

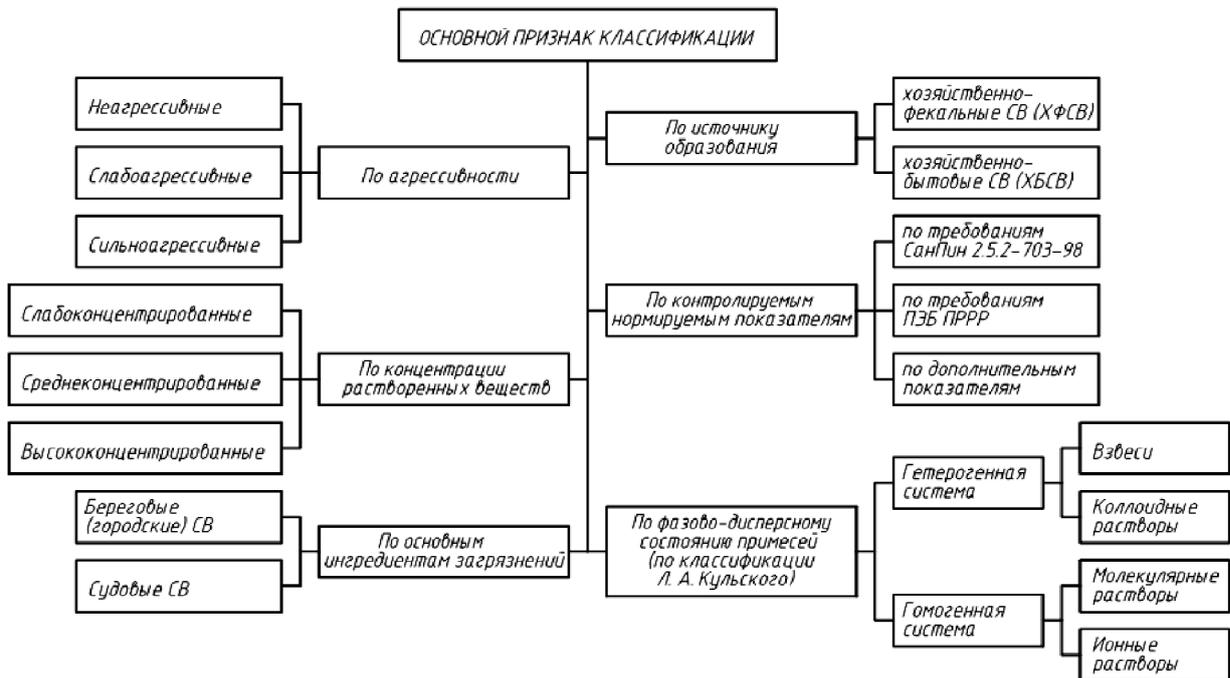


Рис. 1. Классификация СВ

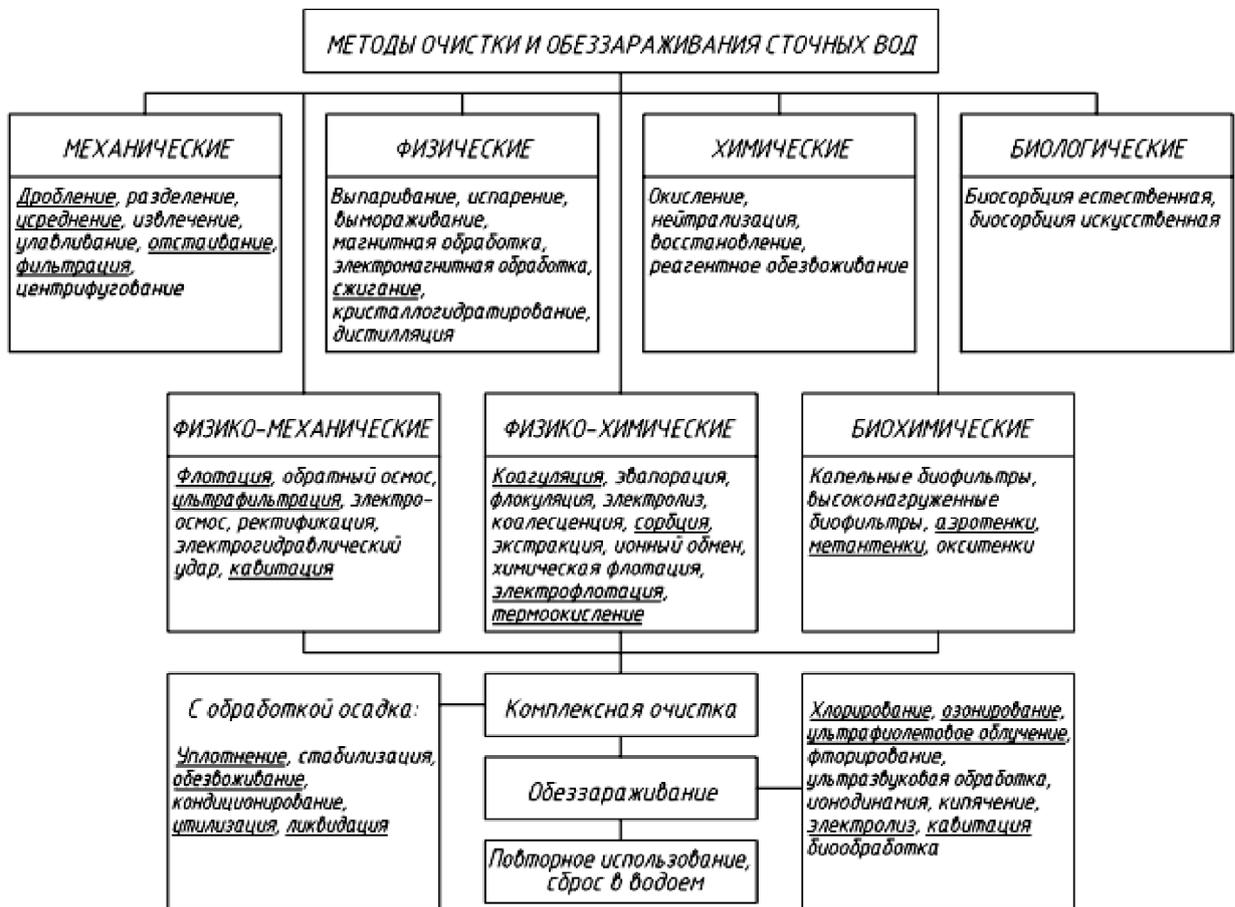


Рис. 2. Основные методы очистки СВ

Эксплуатирующиеся в настоящее время судовые системы для очистки и обеззараживания СВ классифицируют по методу обработки: механическая, биохимическая и физико-химическая.

По первому методу работают СОСВ типа “HL-CONT” (Германия). При простоте и доступности процесса недостатком здесь является отсутствие финишной фильтрации, то есть очищенные СВ не соответствуют нормативным требованиям и не допускаются к сбросу [7].

По второму — системы с продленной аэрацией: «Био-Компакт» «Кареа» (Германия), «Унекс-Био», «СТП» «Унекс-Симултан», (Финляндия), «ЛК» (Польша), «Термобиомак», «Трайидент» (Великобритания), «СТС Диспозер», «Сиуэй» (Япония); с продленной минерализацией: «Эвак МБР», «ЗЕБРА» (Финляндия) [7; 9; 13].

Основное достоинство данных систем — высокая степень очистки СВ, простота установки, возможность повторного использования СВ, возможность полной автоматизации. Недостатками являются: длительность процесса вывода СОСВ на нормальный режим (от 5 до 10 сут); чувствительность к гидравлическим колебаниям нагрузки, изменениям состава, концентрации, солености и температуры СВ; влияние на процесс очистки жиров, масел, ПАВ; значительное время обработки СВ (в среднем 18–24 ч); высокие массогабаритные характеристики; гибель ила в случае прекращения подачи СВ на 20–30 ч.

Третий метод очистки СВ на судах используется чаще. В судовых СВ до 60 % органических загрязнителей находятся в коллоидном состоянии, что не позволяет удалить их фильтрацией или отстаиванием. Доминирующее положение из перечисленных типов систем на речных судах занимают «Сток» и «ЭОС».

Эти системы обладают практически мгновенным запуском, не чувствительны к изменениям состава, температуры, концентрации исходной СВ, а также возможностью регулирования качества обработанной воды до определенных пределов и небольшим типоразмерным рядом из-за отсутствия ограничения по минимальной производительности [7; 8; 25; 26].

Основными недостатками являются: необходимость в расходных материалах (химических реагентах, электродах и т. п.); более высокие строительный и эксплуатационные расходы, а также значительное количество образующегося шлама — до 5 % от объема обработанных СВ.

Проанализировав отмеченные достоинства и недостатки, можно сделать вывод о том, что дальнейшие разработки по совершенствованию судовых СОСВ целесообразно вести в направлении механических и физико-химических методов. Рационально комбинируя их, можно достичь требуемой глубины очистки СВ при одновременном снижении энергозатрат и расходных материалов. Правильные последовательности технологических приемов обработки СВ позволяют дополнить недостатки отдельных методов достоинствами других, а также сократить время обработки СВ.

Разработка СОСВ должна производиться в соответствии с требованиями действующей регламентирующей природоохранной документации СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» и ГОСТ 25298-82 «Установки компактные для очистки бытовых сточных вод. Типы, основные параметры и размеры».

В качестве альтернативы предлагаемым в настоящее время на рынке СОСВ авторами была разработана перспективная схема обработки СВ, защищенная патентом на изобретение [1] и представленная на рис. 3.

Принцип действия системы основан на использовании нескольких химических компонентов и физических воздействий для получения чистой воды в замкнутом контуре.

Технологическая схема очистки вод включает следующие процессы: «грубую» фильтрацию, отстаивание, первичную кавитацию, коагуляцию, флотацию, вторичную кавитацию, озонирование, «тонкую» фильтрацию и УФ-излучение.

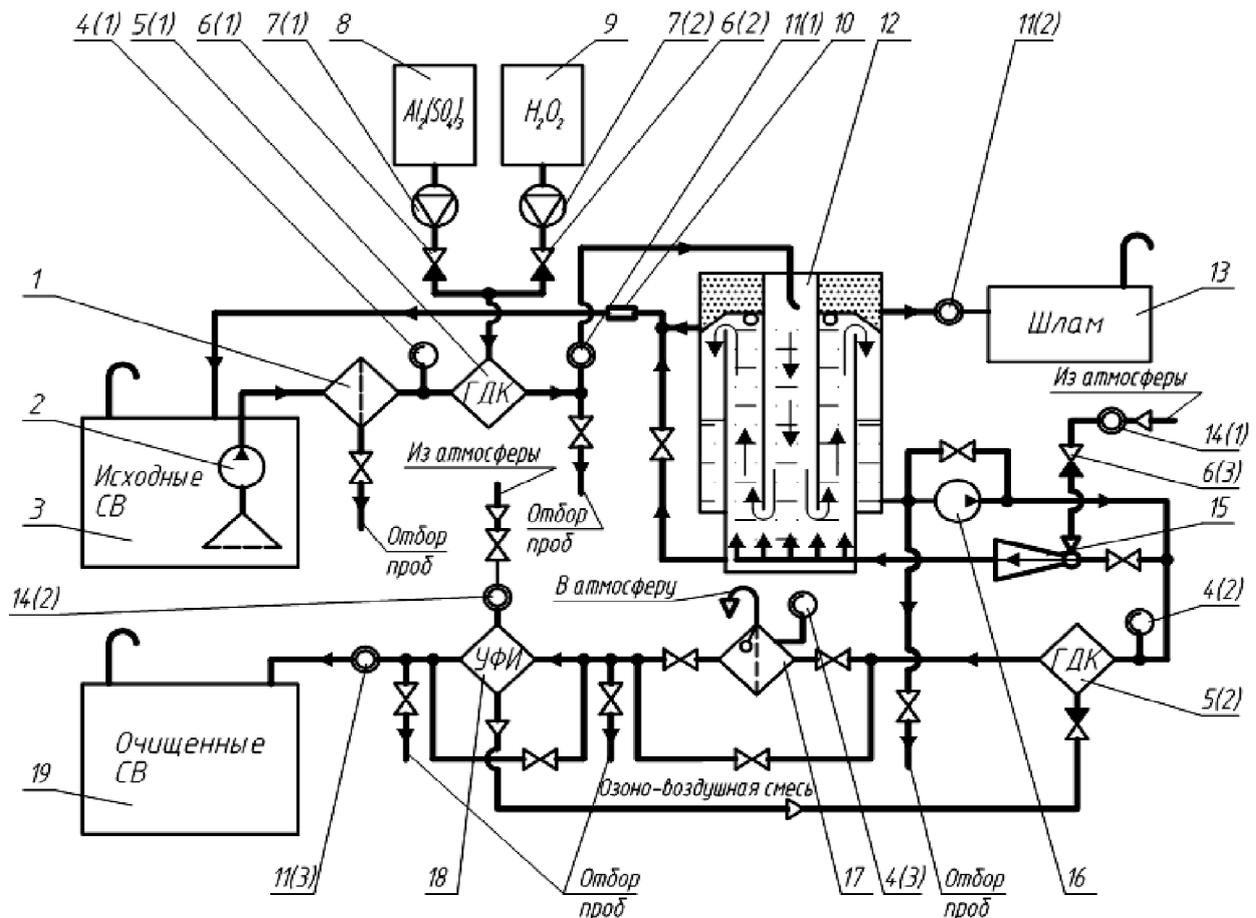


Рис. 3. Принципиальная схема стенда:

- 1 — фильтр сетчатый промывной; 2 — насос фекальный погружной; 3 — емкость исходных СВ;
4 — манометр; 5 — кавитатор гидродинамический; 6 — клапан обратный;
7 — насос-дозатор; 8 — емкость коагулянта; 9 — емкость пергидроля;
10 — вставка гибкая трубопровода стабилизации уровня; 11 — расходомер; 12 — коагулятор-флотатор;
13 — емкость шламовая; 14 — ротаметр; 15 — эжектор; 16 — насос циркуляционный;
17 — контактный фильтр; 18 — УФИО; 19 — емкость очищенных СВ

В настоящее время одним из перспективных физико-механических способов обработки воды является кавитационная обработка.

В общем случае под кавитацией понимают явление разрыва капельной жидкости под действием растягивающих напряжений, обусловленных изменением характеристик полей скоростей и давлений, возникающих при разрежении в рассматриваемой точке жидкости. При разрыве капельной жидкости образуются полости — кавитационные пузырьки (каверны), заполненные паром, газом или их смесью.

Благодаря высокой интенсивности вибрации и температуры в отдельной точке кавитация активно разрушает органические соединения, коллоиды, клеточные мембраны микроорганизмов и даже эффективно уничтожает вирусы. Благодаря этому кавитационную обработку можно использовать и на стадии доочистки СВ для обеззараживания стоков.

Анализ имеющихся в литературе данных по генераторам кавитации показал, что для решения поставленных в работе задач необходимо устройство, отвечающее следующим техническим требованиям: низкий напор на входе (несколько атмосфер); возможность подачи реагентов непосредственно в зону зарождения кавитации; высокая производительность при небольших массогабаритных показателях; простота эксплуатации; долговечность элементов при работе с агрессивными средами.

Нами была выбрана конструкция гидродинамического кавитатора с торообразной камерой. Данное устройство устанавливается непосредственно на напорном трубопроводе насоса, не содержит движущихся деталей, обеспечивает низкое энергопотребление, малые массогабаритные показатели и, как показали эксперименты, надежно работает в большом диапазоне расходов и давлений.

Необходимо отметить, что при подготовке к пуску, промывке и техническом обслуживании систем обязательно используется активный дезинфектант, всегда присутствующий в необходимом объеме при СОСВ. Этими реагентами чаще всего являются активные хлор- или кислород-содержащие препараты.

Таким образом, для судовой СОСВ целесообразно в качестве дополнительного дезинфектанта на отдельных режимах работы вводить пергидроли. Они обладают высокой химической активностью и при разложении образуют активный кислород. Данные реагенты не вступают в химические реакции с озоном и коагулянтом (в отличие от хлора, теряющего свои свойства при попутных реакциях), производятся в составах с высокой концентрацией активного вещества, имеют меньшую токсичность, относительно удобны в судовых эксплуатационных условиях.

В конструкции стенда применен коагулятор-флотатор, конструкция которого защищена патентом на полезную модель [2], заменяющий реакционную колонну и флотатор в «классической» схеме [8; 19; 20].

Устройство содержит корпус, состоящий из трех концентрически расположенных круглых в плане обечаек, внутренняя из которых является камерой коагуляции, куда через тангенциальный ввод подается обрабатываемая вода, внутренняя и средняя образуют камеру флотации, средняя и внешняя — емкость сбора, отстоя и накопления очищенной воды; блок подачи водогазовой смеси; систему стабилизации уровня. Конической перегородкой в верхней части аппарата между наружной и средней обечайками организована камера сбора и удаления пены. В конструкции полностью отсутствуют подвижные детали, удаление пены и отвод обработанной воды осуществляются самотеком.

Флотация загрязнений улучшена применением эжекции атмосферного воздуха. Для предотвращения уноса очищенной воды патрубков отвода пены вварен на уровне верхней кромки конической перегородки, а очищенная вода из нижней части пенной камеры отводится на рециркуляцию.

Для второго эксперимента использовались СВ (фекальные) с т/х ОТ 1505 (п. Октябрьский, Октябрьская БТОФ). Отбор проб выполнен по методике [22]. Анализу подвергались исходные СВ (проба № 1), СВ после кавитатора № 1 (проба № 2), вода после коагулятора-флотатора (проба № 3); после фильтра (проба № 4) и очищенная вода после УФИО (проба № 5).

Испытания производились при расходах: СВ фекальным насосом — 2,4 м³/ч; очищенной воды — 2,0 м³/ч; коагулянта — 1000 г/(м³ СВ); H₂O₂ — 100 г/(м³ СВ); воздуха: эжектором — 0,63 м³/ч; в УФИО — 0,4 м³/ч. Давления: перед кавитатором № 1 — 350 кПа; перед кавитатором № 2 — 800 кПа; перед эжектором — 300 кПа; перед контактным фильтром — 100 кПа.

Были проведены полные исследования по регламентируемым санитарно-гигиеническим и микробиологическим показателям в испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области» по нормативным документам на объем лабораторных исследований и оценку по [23; 24]. Выдержки из Протокола исследований № 1079-1083 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Выдержки из протокола лабораторных исследований СВ

Показатель	Норматив	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4	Проба № 5
Санитарно-гигиеническая лаборатория						
Взвешенные вещества, мг/л	Не нормируется	14,1	8,0	6,4	5,8	1,0
Биохимический показатель кислорода БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Не нормируется	41,5	25,9	16,2	12,3	10,7

Таблица 1
(Окончание)

Микробиологическая лаборатория						
Колифаги, БОЕ в 100 мл	Не более 100	21,0	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Термотолерантные колибактерии ТКБ, КОЕ в 100 мл	Не более 100	270000,0	4200,0	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Общие колиформные бактерии ОКБ, КОЕ в 100 мл	Не более 100	740000,0	7800,0	8500,0	7300,0	Не обнаружено
Патогенные микроорганизмы, в 1000 мл	Отсутствие в 1000 мл	Не обнаружено				
Коли-индекс, в 1 дм ³	Не более 1000	Более 23800,0	23000,0	23000,0	9400,0	Менее 900,0

Из результатов эксперимента следует, что обработанная СВ соответствует нормативам по всем контролируемым показателям. Исходя из работоспособности технологии, целесообразно ее применение в судовых и стационарных СОСВ. Подобная установка может быть также использована и для комплексной очистки загрязненных СВ и природных вод в целях водоснабжения технической (оборотной) водой судов, отдельных производств, предприятий, организаций, бассейнов, малых муниципальных образований и т. д.

В заключение по результатам проделанной работы можно сделать следующие основные выводы, касающиеся вопросов проектирования и производства современных СОСВ.

1. Использование кавитации обеспечивает достаточно высокое обеззараживание СВ как при первичной очистке, так и на финальной стадии обработки.

2. При совместном использовании кавитации и окислительных технологий выявлен синергетический эффект, при котором можно получить высокий эффект очистки СВ.

3. Рациональное совмещение отдельных технологических приемов обработки позволяет не только достичь более глубокой очистки, но и экономит реагенты и электроэнергию.

4. Применение дополнительных дезинфектантов при изменении свойств и состава СВ упрощает и удешевляет конструкцию СОСВ, а также снижает эксплуатационные затраты.

В современных условиях перед речным флотом стоит задача получения максимальной прибыли: для этого необходимо увеличить объем перевозок грузов и пассажиров при снижении затрат на обслуживание флота. Следовательно, необходимо обновить речной флот, оснащая его не только новыми экономичными и комфортабельными судами, но и модернизировать существующие, тем самым обеспечив его инфраструктуру, чему и способствует разработка и внедрение современных СОСВ.

Список литературы

1. Заявка на пат. на изобретение 2012134663/05, МПК С02F1/24, С02F3/02. Способ очистки воды и устройство для его осуществления / Курников А. С., Мизгирев Д. С., Молочная Т. В., Кубарев С. Л. Заявитель и патентообладатель ООО «МИП “Энергосберегающие технологии”». — Заявл. 14.08.2012. — 12 с.: ил.

2. Пат. на полезную модель 132066 U1, МПК С02F1/24. Коагулятор-флотатор / Курников А. С., Мизгирев Д. С. Заявитель и патентообладатель ООО «МИП “Энергосберегающие технологии”». — Заявл. 24.12.2012; опубл. 10.09.2013. — 8 с.: ил.

3. *Абрамов В. О.* Озоно-ультразвуковая обработка сточных вод / В. О. Абрамов, А. Е. Гехман [и др.] // Вода и экология: тез. докл. IV Междунар. конгресс. — М.: СИБИКО Интернэшнл, 2000.
4. Водное хозяйство промышленных предприятий: справ. изд.: в 2 кн. / В. И. Аксенов [и др.]. — М.: Теплотехник, 2005. — Кн. 1. — 640 с.: ил.
5. Водоподготовка на ТЭС при использовании городских сточных вод / И. М. Абдуллин, И. А. Малахов [и др.]. — М.: Энергоиздат, 1988. — 632 с.: ил.
6. *Галеев Р. Г.* Современные закрытые системы очистки сточных вод НПЗ / Р. Г. Галеев, Э. Г. Теляшев [и др.] // Вода и технология: тез. докл. III Междунар. конгресс. — М.: СИБИКО Интернэшнл, 1998. — С. 283–384.
7. Судовые установки очистки сточных вод: способы очистки, устройство, эксплуатация: справ. пособие / Н. Г. Ермошкин [и др.]. — Одесса: ФЕНИКС, 2004. — 56 с.: ил.
8. *Зубрилов С. П.* Охрана окружающей среды при эксплуатации судов / С. П. Зубрилов, Ю. Г. Ищук, В. И. Косовский. — Л.: Судостроение, 1989. — 256 с.: ил.
9. *Косовский В. И.* Судовые биохимические установки для обработки сточных вод / В. И. Косовский // ЦБНТИ Минречфлота РСФСР. — М., 1983. — Вып. 10. — 40 с.
10. *Курников А. С.* Концепция повышения экологической безопасности судна: моногр. / А. С. Курников. — Н. Новгород: Изд-во ВГАВТа, 2002. — 80 с.: ил.
11. *Маслов И. Н.* Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте: учебник для вузов / И. Н. Маслов, Ю. И. Коробов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1997. — 238 с.
12. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. и Протокол 1978 г. — М.: ЦРИА «Морфлот», 1980. — 364 с.
13. Охрана морской среды: учеб. пособие для вузов / В. П. Волошин. — Л.: Судостроение, 1987. — 208 с.
14. Предотвращение загрязнения моря с судов: учеб. пособие для вузов / С. Н. Нунупаров. — М.: Транспорт, 1985. — 288 с.: ил.
15. *Решняк В. И.* Автономные плавучие и береговые сооружения для очистки нефтесодержащих и подсланевых вод / В. И. Решняк // Сб. тр. СПГУВК. — СПб.: СПГУВК, 1996.
16. Российский речной регистр. Правила: в 4 т. — М.: По Волге, 2002. — Т. 4. — 264 с.
17. Средства очистки жидкостей на судах: справ. / под общ. ред. И. А. Иванова. — Л.: Судостроение, 1984. — 272 с.: ил.
18. Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.5.2-703-98. — М.: Минздрав России, 1998. — 144 с.
19. *Фрог Б. Н.* Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. — М.: МГУ, 1996. — 620 с.: ил.
20. *Этин В. Л.* Экологическая безопасность судов и промышленных предприятий водного транспорта: курс лекций для студ. спец. 14.01, 14.02, 24.02, 33.02 / В. Л. Этин, В. Н. Плотникова, В. С. Наумов. — Н. Новгород: ВГАВТ, 1997 — 208 с.: ил.
21. *Юдицкий Ф. Л.* Защита окружающей среды при эксплуатации судов / Ф. Л. Юдицкий. — Л.: Судостроение, 1978. — 160 с.
22. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. — Введ. 20.04.2000. — М.: Изд-во стандартов, 2000. — 46 с.
23. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.1.5.980-00. — М.: Минздрав России, 2000. — 86 с.
24. Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания. Санитарные правила и нормы: СанПин 2.5.2-703-98. — М.: Минздрав России, 1998. — 144 с.
25. Evas. Environmental solutions for the marine industry. EVAC Environmental Solutions Marine Sector / Zodiac Group. — USA, 2005. — № 3. — 20 p.
26. Evas. Environmental solutions for the marine industry. Product catalogue 2006 / Zodiac Group. — USA, 2006. — 495 p.

**THE SQUAT-EFFECT AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS
AT REDUCTION SHIP'S SPEED IN SHALLOW WATER
AND HARMFUL EMISSIONS**

**SQUAT-ЭФФЕКТ И НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ**

The analysis and generalisation of practical recommendations about maintenance of safe navigation in the conditions of heavy traffic in sea transportations are resulted in the article, in particular a question of safe draught maintenance UKC (Under Keel Clearance).

Analytical calculations of "Squat" effect by a method "UKC" of vessel's safe draught in the conditions of "shoal" and "deep" water are made. Calculations are executed according to IMO requirements and a policy of the Company and are originality and practicality in use.

According to the Kiotsky Protocol requirements as for decreasing in issue of components of hotbed gases, concrete recommendations about decreasing of carbon dioxide CO₂ are formulated during operation of ship's power installations.

For the first time calculations of the vessel's Low Sulfur Diesel Fuel (LSDF) bunkering in the areas of the air pool special pollution control by sulphurous connections SECA, ECA are executed. As it is shown by the calculations, that the transition from heavy into light fuel has not any bases as to make clearing of fulfilled gas of the ship power installations from sulphurous anhydride directly onboard a vessel in engine-boiler department by the simplified technology much more cheaply, than expenses for acquisition LSDF.

Practical recommendations about protection of air pool from sulphurous connections are developed. Recommendations — are economically proved and ecologically safe, protected by patents, a principle "Know How".

В статье приведены анализ и обобщение практических рекомендаций по обеспечению безопасного судовождения в условиях повышенного трафика морских перевозок, в частности вопрос обеспечения безопасной осадки UKC (Under Keel Clearance).

Произведены аналитические расчеты Squat-эффекта по методике "UKC" безопасной осадки судна в условиях мелководья и глубокой воды. Расчеты выполнены согласно требованиям ИМО и политики компании, обладают оригинальностью и практичностью в использовании.

В соответствии с требованиями Киотского протокола по снижению эмиссии компонентов парниковых газов сформулированы конкретные рекомендации по снижению эмиссии диоксида углерода CO₂ при эксплуатации судовых энергетических установок.

Впервые выполнены расчеты целесообразности бункеровки судов на Low Sulfur Diesel Fuel (LSDF) в районах особого контроля за загрязнением воздушного бассейна сернистыми соединениями SECA, ECA. Расчетами неоспоримо показано, что этот переход с тяжелого на легкое топливо не имеет под собой никаких оснований, поскольку производить очистку отработанного газа СЭУ от сернистого ангидрида непосредственно на борту судна в машинно-котельном отделении по упрощенной технологии намного дешевле, чем приобретение LSDF.

Разработаны практические рекомендации по защите воздушного бассейна от сернистых соединений. Рекомендации экономически обоснованы и экологически безопасны, защищены патентами, принцип "Know how".

Key words: Squat-effect, UKC, SECA, ECA, low sulfur, fuel, calculathion, technology, carbon dioxide, IMO Requirements.

Ключевые слова: осадка судна, безопасность судовождения, парниковые газы, сернистые соединения, отработанные газы, судовые энергетические установки, расчеты.

Introduction.

Squat is a serious problem for ships are entering harbors with small underkeel margins. The squat effects are that the ship acquires sinkage and trim. Due to this sinkage and trim UKC (under keel clearance) decreases. The distance between bottom and ship becomes very small and measures must be taken to avoid contact of the ship with the bottom. The pressure distribution that develops around a ship moving through the water, distorts the waterline by raising the level of the high pressure regions ahead of the bow and aft of the stern whilst lowering it along the length of the hull, particularly in midships. When a ship moves forward through shallow water, the displaced water is not easily replaced, thus resulting the ship to move vertically down. This bodily sinkage of the vessel is known as squat. This effect is imperceptible and irrelevant in deep water but it does become significant when the ship moves into shallow water. The risk of going aground due to squat must obviously be considered when operating in shallow and restricted waterways so formulae have been developed to estimate the degree of squat that a ship will suffer. On most occasions, the forward motion of the ship causes squat, but squat will also occur with a moored ship alongside a jetty if a tide is present.

It is difficult to calculate the magnitude of squat accurately. However, theoretical and empirical methods of varying reliability exist.

The analysis of last publications. General.

The water depth H and the ship draught T are used as the parameters to define shallow water. If the H/T drops below 1.5, one will, in general, experience a measurable change in the draught of the ship (sinkage). As H/T approaches 1.0 (grounding), the effect of shallow water increases significantly.

The ship's speed is another parameter of importance for the effect of shallow water. The wave pattern created when the ship travels forward depends upon the ship speed relative to the water depth, as there is a maximum depth at which a free-standing wave can travel. If the power to the engine(s) is maintained at the same setting as in deep water, the ship will slow down in shallow water.

Shallow water effect is normally measurable when the under-keel clearance ($H-T$) drops below 50 % of the static mean draught.

As the ship is generally not symmetrical about its half-length and because of the viscous effects of water, the changes in pressure are not identical for the fore and aft parts of the hull. This causes the ship to trim forward or astern depending on the hull shape. Thus, the magnitude of squat depends on the hull shape, the side and under-keel clearance and the speed through the water.

When the ship approaches shallow water it will experience sinkage and trimming — squat — due to changes in the vertical forces acting on the hull. Squat varies in proportion to the square of the speed. A ship with a large block coefficient (greater than about 0.70) will normally tend to squat by the bow.

Different approaches for predicting squat have been suggested in technical literature. The methods cover both theoretical and empirical investigations. The theoretical methods (Tuck & Taylor) generally requires detailed information about the geometry of the hull as well as a computer with adequate software. The empirical methods (Dr. Barrass) are normally based on data from model tests or full-size ships and use the leading hull parameters, the speed of the ship, and the principal geographical data.

Based on a review of ship squat in the literature and comparison of the different empirical methods available, it has been found that the method proposed by Dr. Barrass appears to provide results of reasonable accuracy.

Any draft measurements taken whilst the vessel is moving, either from the shore if the ship is moving in a canal, or by onboard pressure sensors in the hull, will not indicate squat. The raising of the waterline at the bow and stern draft will give a very exaggerated impression of an increase in draft. A large ship experiencing about 50 cm of squat may produce 2 m high bow wave, the fore draft would appear to increase by about 2.5 m, were as UKC has only decreased by a 50 cm. The water level can also rise at the stern but, this will depend upon how the bow and stern wave systems interfere with each other. Mistaking an indicator's increased readings of a ship's draft at the bow and stern for squat does at least to make a master or pilot error on the safe side with regard to the ship's navigation in shallow water. There are some

situations when it may be imperative to increase speed, such as to improve steering control, and idea of the squat effects could deter the master from taking this essential action in shallow water.

A ship tied up to a river berth with a current will also suffer squat and were making with their accompanying distortion of the waterline, even draft reading of the ship alongside may give a false impression of the ship's true draft, trim and deadweight. This can lead to disputes as to how much cargo has been loaded if the vessel is chartered to load a specific tonnage. A master must avoid sailing with insufficient UKC to allow for squat. If a ship is at even keel in deep water and then moves into shallow water of uniform depth, the change of trim depends upon the followings factors [1, 2]:

— if a ship's centre of buoyancy is forward of midships, the hull is fuller in the bow than the stern there is more immersed area and greater convergence of the streamlines forward than aft. Squat will produce a head trimming moment;

— when the centre of buoyancy is aft of midships, as is generally the case in finer lined hulls, squat causes a stern trimming moment;

— the local acceleration of water flow through the propeller creates a stern trimming moment;

— the ship trims by the head as the bow passes over the shoal squat forces concentrate under the forward hull;

— the ship trims by the stern as the stern passes over the shoal squat forces concentrate under the after hull;

— a small list in the deep water or a slight heel due to side wind will increase in shallow water due to squat as the heel angle increases the low side's closer proximity to the seabed will further enhance the heel or at least sustain it.

A ship moving in shallow water with an angle of heel will experience an increase in the list due to the squat forces concentrating in the region of least UKC. Upright vessel will suffer a squat induced list if it moves over a shelving seabed that becomes progressively shallower under one side of the ship.

Shallow water effect and his sign:

1) wave making increases, especially at the forward end of the ship;

2) ship becomes more sluggish to maneuver. A pilot's quote, 'almost like being in porridge';

3) draft indicators on the bridge or echo sounders will indicate changes in end drafts;

4) propeller RPM indicator will show a decrease. If the ship is in 'open water' conditions, i. e. without breadth restrictions, this decrease may be up to 15 % of the service RPM in deep water. If the ship is in a confined channel, this decrease in RPM can be up to 20 % of the service RPM;

5) there will be drop in speed. If the ship is in open water conditions this decrease may be up to 30 %. If the ship is in a confined channel such as a river or a canal then this decrease can be up to 60 %;

6) the ship may start to vibrate suddenly. This is because of the entrained water effects causing the natural hull frequency to become resonant with another frequency associated with the vessel;

7) any rolling, pitching and heaving motions will be reduced as the ship moves from deep water to shallow water conditions. This is because of the cushioning effects produced by the narrow layer of water under the bottom shell of the vessel;

8) the appearance of the mud could suddenly show in the water around the ship's hull say in the event of passing over a raised shelf or a submerged wreck;

9) turning circle diameter (TCD) increases. TCD in shallow water could increase 100 %;

10) stopping distances and stopping times increase, compared to when a vessel is in deep waters [2; 5].

Ais data and squat effect.

The ship's data, received in VTS service via AIS, can be used for many purpose other than identification and traffic surveillance. Such AIS data processes improve work of VTS and increase safety at sea.

Implementing real time analysis of ship squat, it is intended to monitor and predict squat by VTS being prevention of grounding.

Ships equipped with AIS system transmit a series of data, which are divided into three categories: static, dynamic and information about voyage and cargo. VTS receives the necessary waterway data

such as depth, underwater cross section and width from the relevant hydrographic institutes and vector electronic charts which include vector data of the seabed and depths. With the help of computers, depth information can be corrected for tide oscillations in real time. Given that squat is dangerous for ships only in certain circumstances, there is no need to calculate it for all vessels in all areas of navigation and thus unnecessarily spend and slow down computer system resources. It is therefore necessary to introduce conditions which would automatically start the calculation, tracking and prediction of squat and UKC.

Speed and depth/draft ratio should be the basic starting conditions for squat calculation. The reason for that is the fact that squat is primarily caused by the movement of the ship through water and grows approximately proportional to the square of ship speed. Depth/draft ratio indicates an area of shallow water and therefore danger regarding to ship draft.

VTS has to continue to monitor the ship and predict the possible critical situation in shallow waters with the help of computers. To make this possible it is necessary to determine the criteria for calculating the minimum UKC, taking into account the squat effect. The critical UKC alarm is activated if the observed UKC reduced for the calculated squat value is equal or smaller than the minimum allowable UKC. Squat is obtained by calculation using real time ship data and selected adequate empirical formula [1; 2; 5].

Squat Calculating:

$$\text{Maximum Squat} = \frac{C_B \times S^{0,81} \times V^{2,08}}{20}, \text{ m.} \tag{1}$$

C_B = Block co-eff.

$$S = \text{Blockage factor} = \frac{\text{Submerged cross section area of ship}}{\text{Submerged cross section area of channel}} = \frac{b \times d}{B \times D}, \tag{2}$$

where b & d — breadth & draft of ship and B & D ; breadth & depth of the channel respectively;
 V — Vessel's speed relative to the water, in knots.

If the vessel is in open shallow water, B = Breadth of the channel is taken as:

$$B = \{7.7 + 20 (1 - C_B)^2\} \cdot b, \text{ known as the width of influence.}$$

The width of influence ranges from 8.25b for supertankers, to about 9.5b for general cargo ships to about 11.75 ship breadths for container ships.

The presence of another ship in a narrow channel may cause the squats to double in value as they pass/cross the other vessel.

Short — cut Formulae:

$$\text{Maximum Squat} = \frac{C_B \times V^2}{100}, \text{ m} \tag{3}$$

(for open water conditions only, where $D/d = 1.1$ to 1.4).

$$\text{Maximum Squat} = \frac{C_B \times V^2}{50}, \text{ m} \tag{4}$$

(for confined channels only, where $S = 0.100$ to 0.265).

For example: Under Keel Clearans calculation:

Voyage	43d	Date	02.09.2013
Port	Port of Murmansk	Time of Transit	0:51
Vessel Block Coefficient (Cb)	0.781		

Speed (Knots)

Sea Passage	14
Pilotage/Port Approaches	6
Transit areas	6

Height of Tide (Meters)

Transit Area	2.97
Pilotage/Port Area	1.12

A. Vessels Draft (Meters)

At Sea Passage

Maximum Draft (SW)	12.15
Squat	1.53
Deepest Draft (Dynamic)	13.68

In Port Approaches

Maximum Draft (SW)	12.15
Increase (Due density)	0.00
Squat	0.40
Deepest Draft (Dynamic)	12.55

B. Minimum Water Depth (Meters)

Transit Area

Maximum Draft (SW)	12.15
Increase (Due density)	0.00
Squat	0.40
Deepest Draft (Dynamic)	12.55

Sea Passage	100
Port Approach	21
Transit	24
Anchorage	24
Alongside	21

C. Under Keel Clearance:

	Policy	Required	Actual
Sea Passage	30 %	4.15	86.32
Port Approach	15 %	1.9	8.39
Transit	20 %	2.66	11.39
Anchorage	10 %	1.27	11.39
Alongside	5 %	0.63	8.39

But it is not necessary to forget about environmental problems at reduction ship's speed in shallow water and harmful emissions thus.

According to traditional researches, navigation is the reason of formation of 2,7 % of world hotbed gases that makes to 400 million tons CO₂ in a year. For comparison the aircraft emits 650 million tons CO₂ a year [3].

New researches have shown, that actually emissions of “hotbed” gases by sea and river transport can be three times above, than was considered earlier. If conclusions of scientists are true, annual emissions by a world merchant marine fleet have already reached 1,12 billion tons CO₂, or about 4,5 % of all world emissions of “hotbed” gases. Irrespective of, whether calculations in the given research are correct, in many works necessity to begin reduction of emissions of the fulfilled gases in navigation for avoidance of dangerous changes in a climate which are accompanied by increase of mid-annual temperature of a planet is underlined.

It is expected, that public pressure will increase by ship-owners on transition to ecologically pure grades of fuel, and to EU — the account of negative influence of navigation in the scheme of “trade” in emissions.

In April, 2011 IMO have returned to work on a question of reduction of “hotbed” emissions in working group of Committee on Protection of the Sea Environment (MEPC). The committee has considered offers from the governments of the countries, including the tax to bunker fuel or methods of trade in limits of emissions, however the early stage of reforms on reduction of emissions for increase ship’s energy efficiency has been excluded from necessary offers [3; 4].

EU plans to regulate emissions of sea navigation if IMO cannot independently promote in this question. The Eurocommission has stated transport strategy till 2050 in which the purposes directed for more effective and long-term work of transport system on all types of transport contain. Among other, strategy demands transition of transportation of passengers and cargoes with road on railway and sea ways, and also reduction of emissions CO₂ by sea types of transport to EU on 40–50 % in 2050 in comparison with 2005.

The unwillingness was one of deterrents from developing countries to co-operate in question of the EU acts while as unique motive power for the new purposes of reduction of emissions of “hotbed” gases then as the USA have rejected a mention of the bunker extra charge, and China, India and Saudi Arabia have declared, that debate about market measures should be suspended until the new agreement concerning a planetary climate will be entered into.

EU declares, that will operate independently if IMO, “climatic” negotiations do not achieve the object in reduction of quantity of emissions from ships.

Navigation — the most effective type of transport, however, if sector will grow, as it is supposed, on 150–250 %, it can become a problem for environment [3; 4].

If other industrial sectors continue to reduce quantity of emissions in atmosphere, and navigation is not present, the contribution of “hotbed” gases from ships in world emissions will stably grow.

The international chamber of navigation has created a web site devoted to navigation and issue CO₂ in which readiness of branch to reduce world emissions of “hotbed” gases is reflected. Some ship-owners support idea of use of the scheme of “trade” in components “hotbed” gases whereas others consider the tax to ship fuel as more effective way of smoothing of negative tendencies in climate change on a planet.

Some considerations on the special zones emission control of sulfur dioxide (SO₂) from ship power engine.

Annex VI to MARPOL 73/78 put forward requirements for limiting emissions of sulfur compounds. In the area of SECA (Sulfur Emission Control Area) more than 5 degrees West longitude (Baltic, North Sea, English Channel), you must [3]:

- 1) produce low-sulfur bunker on diesel fuel, no more than 1 % by weight (based on Methyl — Mercaptane — MC) from June 1, 2010, 0.1 % by weight. MC — in January 1, 2015;
- 2) maintain overall emissions SO₂ (after the main and auxiliary engines) no more than 6 g/(kW × h).

On August 1, 2012 to join the North American zone SECA 200 — mile zone off the coast of the U. S. and Canada — ECA areas in which valid only diesel Low Sulfur concentration with MC in it an order of magnitude lower than in the area of SECA, — 0,1 % wt. MC.

From 1 January 2016 to join the district ECA areas of the Caribbean, the United States, Puerto Rico, the Virgin Islands.

In the rest of the world uses heavy fuel oil containing , wt% MC:

Since January 1, 2012 — 3.5;

Since January 1, 2020 — 0.5.

Low-sulfur diesel fuel (0.1, 1.0 wt% MC) is much more expensive than the heavy (3.5–4.5 % by weight. MC) as its production caused significant costs, hydrocatalytic stage desulfurization and fractionation [4].

Here is a comparison of damage avoided air basin in connection with the transfer of diesel fuel with high sulfur (4.5 % by weight. MC), low sulfur (0.1 wt% MC).

The calculation of the cost of low sulfur marine and high sulfur fuel.

Calculation of damage avoided air basin is made according to the method described in [6; 7].

Initial data for calculation:

Diesel fuel consumption, *t/year*. — 65.000, MC concentration in diesel fuel, wt%, 4.5 and 0.1.

Damage prevented air basin by switching from high-sulfur to lower sulfur fuel is:

$$P = Y_{4,5\% \text{ MC}} - Y_{0,1\% \text{ MC}} = 26119821.61 - 19278326.56 = 6841495.08 \text{ UAH/year, or } 6,84 \times 10^5 \text{ USD/year (10 UAH/USD — as of April 2014).}$$

At the same time, additional material costs for the acquisition of low-sulfur diesel fuel will be:

$$M3 = 65\,000 \cdot (1200 - 600) = 390 \times 10^5 \text{ USD/year, where 1200 and 600, respectively, the value of 1t sour Low Sulfur fuel (0,1 % by weight. MC) and Heavy Diesel Fuel (4.5 wt% MC), USD/t.}$$

As a result, the material costs for the purchase of low Sulfur diesel fuel (0.1 wt% MC) exceed prevented damage to the air in the pool:

$$\frac{M3}{P} = \frac{390 \cdot 10^5}{6,84 \cdot 10^5} = 57 \text{ times.}$$

As a result, the following conclusions.

Summary.

1. The basic purpose is the ship's squat calculating and his using in VTS services for predicting the danger of grounding. Calculations and conditions are proposed for predicting and alarming the critical under keel clearance in real time.

2. As an example of the further care of environment protection on July, 15th 2011 amendments to addition VI to MARPOL on reduction of emissions of hotbed gases from ships have been approved. The resolution has come into force on January, 1st 2013. One of the basic requirements is presence on vessel SEEMP — Ship Energy Efficiency Management Plan, Energy Efficiency Design Index(EEDY).

3. Use on board a vessel for Main Propulsion (MP) cheap high sulfur diesel fuel without the additional step of catalytic hydrotreating and fractionation (4.5 % by weight. MC);

4. Clean the exhaust gas from sulfur dioxide MP directly on board in engine and boiler room on the simplified technology to minimize level of maximum permissible concentration and emission limits for sulfur dioxide. Simplified exhaust gas cleaning technology from MP SO₂ can be created for practical implementation based on the technical solutions described in [4].

Список литературы

1. *Barras C. B.* Ship Squat — A guide for Masters / C. B. Barras. — 2003. — 127 p.
2. *Tuck R.* Shallow wave problems in ship hydrodynamics / R. Tuck, H. Taylor // Hydrodynamics in the Ocean Environment: 8th Symposium, August 24–28. — Pasadena, CA, 1970.
3. Ensuring environmental safety of navigation: monograph / V. Ye. Leonov [et al.], ed. V. Leonov; Kherson State Maritime Academy (UA), State University of sea and river fleet name adm. S. O. Makarova (RU). — Kherson: RCG KSMA, 2014. — 188 p.

4. Ensuring the safety of navigation and pollution prevention: monography / V. I. Dmitriev [et al.], ed. V. Dmitriev, V. Leonov; Kherson State Maritime Academy (UA), State University of sea and river fleet name adm. S. O. Makarova (RU). — Kherson: RCG KSMA, 2012. — 397 p.

5. Методичні рекомендації до виконання випускної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» за спеціальністю 7.07010401 «Судноводіння» / відповідальний ред. В. Є. Леонов. — Херсон: Видавництво Херсонська державна морська академія, 2013. — 107 с.

6. *Леонов В. Е.* Основы экологии и охрана окружающей среды: моногр. / В. Е. Леонов, В. Ф. Ходаковский, Л. Б. Куликова; под ред. В. Е. Леонова. — Херсон: Изд-во Херсон. гос. морского ин-та, 2010 — 352 с.: рос. мовою.

7. *Леонов В. Е.* Методические указания к выполнению лабораторной работы «Расчет предотвращенного ущерба от выхлопных газов двигателей транспортных средств воздушному бассейну» / В. Е. Леонов. — Новосибирск: НГАВТ, 2003. — 17 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.021, 65.011.56

С. С. Соколов,
канд. техн. наук,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА ПРИ ПОМОЩИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗМЕЩЕНИЕМ ГРУЗА И РЕАГИРОВАНИЯ НА ВНЕШТАТНЫЕ СИТУАЦИИ

CREATION OF SAFE OPERATION INFORMATION SUPPORT OF A SHIP BY MEANS OF AUTOMATION MANAGEMENT BY CARGO PLACEMENT AND RESPONSE TO NON-STAFF SITUATIONS

Статья посвящена вопросу обеспечения безопасности судна при помощи эффективного управления грузовыми процессами. Автором предложены математические модели и алгоритмы автоматизации размещения груза и реагирования на внештатные ситуации, связанные с раскреплением груза.

Article is devoted to a question of ship safety by means of cargo processes effective management. The author offered mathematical models and algorithms of automation cargo placement and response to the non-staff situations connected with breaking-out of freight.

Ключевые слова: безопасная эксплуатация судна, размещение груза, автоматизация карго-планирования.

Key words: safe operation of a ship, cargo placement, cargo planning automation.

РЕШЕНИЕ вопросов транспортной безопасности в последнее время претерпело значительный подъем как на законодательном уровне, так и на практике. В частности в ст. 1 Федерального закона «О транспортной безопасности» от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ Федеральным законом «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам обеспечения транспортной безопасности» от 3 февраля 2014 г. № 15-ФЗ был внесен п. 1.1: «зона транспортной безопасности — объект транспортной инфраструктуры, его часть (наземная, подземная, воздушная, надводная), *транспортное средство*, его часть, для которых в соответствии с требованиями по обеспечению транспортной безопасности устанавливается особый режим прохода (проезда) физических лиц (транспортных средств) и проноса (провоза) грузов, багажа, ручной клади, личных вещей либо перемещения животных» [1].

Безопасность транспортного средства в первую очередь подлежит рассмотрению с точки зрения уменьшения вероятности реализации антитеррористической угрозы. Однако следует помнить и о безопасности эксплуатации транспортного средства. Последнее ставит значительные задачи.

Среди всех транспортных средств особую роль с точки зрения обеспечения необходимого уровня безопасности эксплуатации играют суда. А среди эксплуатационных характеристик судна одной из важнейших является остойчивость.

Данная статья посвящена рассмотрению требований по остойчивости судна, накладываемых на результаты рационального карго-планирования, а также решению задачи восстановления координат первоначального положения груза (формы прямоугольных параллелепипедов) согласно показателям судовых приборов, размещение которого было нарушено в результате внештатных ситуаций.

Соблюдение требований остойчивости при размещении груза

Вопросы рационального размещения груза достаточно подробно и неоднократно рассматривались А. П. Нырковым и автором данной статьи в работах [2; 3, с. 17–20; 4, с. 54–58; 5, с. 89а–92; 6, с. 74–78; 7; 8, с. 75–78; 9, с. 98–105]. Соблюдение требования остойчивости является фундаментальным для водного транспорта и основано на следующих моделях.

Определим основные величины, характеризующие судно, которые будут использоваться в расчетах:

L — длина между перпендикулярами — расстояние между точками пересечения грузовой ватерлинии (ГВЛ — уровень воды по отношению к судну при штиле и полной загрузке);

B — наибольшая ширина судна — расстояние по ширине между плоскостями, параллельными ДП и касательными к корпусу судна в крайних его точках; обычно наиболее широким является мидель-шпангоут, но бывает и смещение наиболее широкого шпангоута в сторону кормы;

H — высота борта — расстояние между основной плоскостью и линией палубы в плоскости мидель-шпангоута;

T — средняя осадка судна — величина углубления судна, определяется как сечение, проходящее через центр тяжести площади ватерлинии;

T_m — углубление судна, измеряется на мидель-шпангоуте; при осадке судна на ровный киль $T = T_m$;

F — высота надводного борта — $F = H - T_m$;

D — масса судна.

Пусть на судне некоторый груз P массой m перенесен так, что центр тяжести (ЦТ) этого груза переместился из точки $A_0 \{x_0, y_0, z_0\}$ в точку $A_1 \{x_1, y_1, z_1\}$. Тогда масса всего судна не изменится, но изменится положение его ЦТ. Разлагая фактическое перемещение на три взаимно ортогональных перемещения параллельно осям координат, рассмотрим перемещение продольное $l_x = x_1 - x_0$, поперечное $l_y = y_1 - y_0$ и вертикальное $l_z = z_1 - z_0$.

Перемещение центра тяжести судна можно найти с помощью теоремы теоретической механики о статических моментах, согласно которой:

$$\begin{aligned} \delta x_g &= Pl_x / D, \\ \delta y_g &= Pl_y / D, \\ \delta z_g &= Pl_z / D. \end{aligned} \quad (1)$$

В результате перемещения появятся две дополнительные пары сил. Одна из них будет действовать в ДП, вызывая дифферент, плечо ее будет равно

$$\delta x_g \cos \psi + \delta z_g \sin \psi, \quad (2)$$

где ψ — угол дифферента.

Другая же будет действовать в поперечной плоскости, параллельной ПМШ, вызывая крен. Плечо ее будет равно

$$\delta y_g \cos \theta + \delta z_g \sin \theta. \quad (3)$$

Моменты этих пар равны:

— дифферентующий:

$$\delta M_{\text{диф}} = D(\delta x_g \cos \psi + \delta z_g \sin \psi); \quad (4)$$

— кренящий:

$$\delta M_{\text{кр}} = D(\delta y_g \cos \theta + \delta z_g \sin \theta). \quad (5)$$

Подставляя выражения (1) в эти формулы, получим:

$$\left. \begin{aligned} \delta M_{\text{диф}} &= P(l_x \cos \psi + l_z \sin \psi); \\ \delta M_{\text{кр}} &= P(l_y \cos \theta + l_z \sin \theta). \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

При достаточно малых углах наклона $\sin \psi \approx \psi$; $\cos \psi \approx 1$; $\sin \theta \approx \theta$; $\cos \theta \approx 1$ это допустимо, если сила тяжести или перемещения груза достаточно мала. Тогда система (6) принимает вид:

$$\left. \begin{aligned} \delta M_{\text{диф}} &= P(l_x + l_y \psi); \\ \delta M_{\text{кр}} &= P(l_y + l_z \theta). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Согласно условиям равновесия действие этих моментов уравнивается действием восстанавливающих моментов.

При равнообъемном наклонении ЦТ судна не меняет своего положения по отношению к системе координат $Oxyz$, связанной с судном, а центр величины (ЦВ — точка приложения приведенной сил плавучести) переместится в сторону наклона (в случае динамического использования судна, например в момент движения по курсу, вместо ЦВ используется центр вращения (ЦВР) — точка пересечения координатных осей вращения судна). Вес судна и сила поддержания $\rho g V$ образуют пару.

Плечо этой пары $\overline{GK} = l$ называется плечом статической остойчивости. Определим величину плеча статической остойчивости из ΔMGK : $\overline{GK} = \overline{MG} \sin \theta$. Восстанавливающий момент получится равным:

$$M_B = Dh_0 \sin \theta. \quad (8)$$

Величину \overline{MG} обозначим h_0 — это поперечная метацентрическая высота. Как было сказано ранее, для малых углов можно предположить $\sin \theta \approx \theta$, а формула (8) переписется в виде

$$M_B = Dh_0 \theta. \quad (9)$$

При наклонении около поперечной высоты также определим продольную метацентрическую высоту: $\mu \overline{G} = H_0$.

В этом случае продольный восстанавливающий момент μ_B выражается в виде

$$\mu_B = DH_0 \psi. \quad (10)$$

Приравняв полученные выражения для дифференцирующего и кренящего моментов, получим

$$P(l_x + l_z \psi) = DH_0 \psi; \quad P(l_y + l_z \theta) = Dh_0 \theta. \quad (11)$$

Отсюда угол дифферента, возникающий вследствие переноса груза, равен

$$\psi = \frac{Pl_x}{D \left(H_0 - \frac{P}{D} l_z \right)}, \quad (12)$$

а угол крена:

$$\theta = \frac{Pl_y}{D \left(h_0 - \frac{P}{D} l_z \right)}, \quad (13)$$

Согласно формуле (13) вычитаемое, стоящее в знаменателях этих формул, — это вертикальное смещение ЦТ судна, которое приводит к смещению метацентрических высот. Следовательно, выражения для метацентрических высот, измененных вследствие перемещения груза, примут вид:

$$\begin{aligned} H_1 &= H_0 + \delta H; \\ h_1 &= h_0 + \delta h. \end{aligned} \quad (14)$$

Поправки к метацентрическим высотам одинаковые, то есть $\delta H = \delta h = -\frac{P}{D} l_z$. Для большинства судов на практике продольная высота много больше поперечной, отсюда в большинстве случаев можно предположить, что $H_1 \approx H_0$. Подставляя (14) в (12), (13), получим:

$$\psi = \frac{Pl_x}{DH_0}; \quad \theta = \frac{Pl_y}{Dh_0}. \quad (15)$$

Рассмотрим возможные варианты переноса груза на судне:

Если имеем перемещение груза в носовую часть, то

$$x_1 > x_0, \quad l_x > 0, \quad \psi > 0, \quad (16)$$

значит, судно получает дифферент на нос.

Если же груз переносится на корму, то

$$x_1 < x_0, \quad l_x < 0, \quad \psi < 0, \quad (17)$$

то есть судно дифферентует на корму.

Если перенос груза осуществляется на правый борт, то

$$y_1 > y_0, \quad l_y > 0, \quad \theta > 0. \quad (18)$$

Если имеем перенос груза на левый борт, то

$$y_1 < y_0, \quad l_y < 0, \quad \theta > 0. \quad (19)$$

Если груз переносится вниз, то, учитывая формулу (14),

$$z_1 < z_0, \quad l_z < 0, \quad \delta h > 0, \quad (20)$$

то есть начальная остойчивость увеличится.

Если груз переносится вниз, то

$$z_1 > z_0, \quad l_z > 0, \quad (21)$$

то есть начальная остойчивость снижается.

Используя теорему Эйлера, определим изменение осадок носом и кормой. Для этого проведем через точку F — ЦТ площади ватерлинии (ВЛ) судна, находящегося в прямом положении, — наклонную $ВЛ_0$ под углом дифферента ψ .

Для изменения осадок носом δT_n и кормой δT_k можно записать выражения:

$$\delta T_n = \left(\frac{L}{2} + x_f \right) \psi; \quad \delta T_k = \left(\frac{L}{2} - x_f \right) \psi, \quad (22)$$

где положительные значения δT_n и δT_k соответствуют увеличению осадок носом δT_n и кормой δT_k , а отрицательные — их уменьшению. Дифферент (в м) определяется выражением [10]:

$$\Delta = \delta T = \delta T_n - \delta T_k = \frac{PLl_x}{DH_0}. \quad (23)$$

Необходимо минимизировать данное выражение:

$$\Delta = \frac{PLl_x}{DH_0} \rightarrow \min. \quad (24)$$

Необходимо, чтобы при любом перемещении груза изменение углов крена и дифферента было минимальным:

$$\left. \begin{array}{l} \theta \rightarrow 0 \\ \psi \rightarrow 0 \end{array} \right\}, \quad (25)$$

следовательно, принимая во внимание (12), (13), учитывая постоянство в оперативной динамике массы перемещаемого груза и массы судна, получим минимизационное условие, накладываемое на продольное и поперечное перемещения и величины изменения метацентрических высот:

$$\left. \begin{array}{l} l_x, l_y \rightarrow 0 \\ \delta H, \delta h \rightarrow 0 \end{array} \right\}. \quad (26)$$

В результате получаем систему основных физико-математических ограничений, соблюдение которых позволит обеспечить безопасную эксплуатацию судна с точки зрения соблюдения требования остойчивости:

— расчет углов крена и дифферента, при перемещении груза — формулы (12), (13);

— возможные отклонения судна от положения равновесия — формулы (16)–(21);
— расчетная формула для дифферента судна при перемещении груза — (23) и система практических требований по эксплуатации судна — формулы (24)–(26).

На практике следует избегать случаев переноса груза, при которых метацентрическая высота станет равной нулю или будет отрицательной, так как это противоречит правилам безопасной эксплуатации судов.

Реагирование на внештатные ситуации, связанные с изменением положения груза — восстановление координат первоначального положения

При недостаточном крепеже, сильной качке, халатности персонала и других факторах возможно раскрепление груза и его падение (перемещение в пространстве). В этом случае одним из мероприятий будет восстановление первоначального положения груза по показаниям судовых приборов (кренометра и дифферентометра).

Подробное описание предлагаемых математических моделей можно найти в [11, с. 70–72]. В данной статье приводится лишь общий ознакомительный обзор.

Метод вычислений координат начального положения груза основан на теории углов Эйлера, которая в данном случае основана на предположении: «при перемещении грузов заданная пространственная система координат поворачивается относительно всех трех осей. Начало координат до перемещения грузов — O , после перемещения — O' . Первая система координат будет определяться базисными векторами: $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$, а вторая — $\bar{i}_1, \bar{j}_1, \bar{k}_1$ ».

Обозначим через a, b, c смещение координат центра второй системы относительно первой, тогда

$$\overline{OO'} = ai + bj + ck. \quad (27)$$

Выразим местоположение i -го груза (до перемещения) во второй системе координат, беря за точку центр тяжести груза — T_i . Заметим, что координаты x_i, y_i, z_i совпадают с координатами вектора $\overline{OT_i}$ в разложении его по базису $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$, а координаты x_{i1}, y_{i1}, z_{i1} совпадают с координатами вектора $\overline{O'T_i}$ в разложении по базису $\bar{i}_1, \bar{j}_1, \bar{k}_1$, то есть для всей системы перемещенных грузов:

$$\begin{cases} \overline{OT_1} = x_1i + y_1j + z_1k \\ \overline{OT_2} = x_2i + y_2j + z_2k \\ \dots \\ \overline{OT_n} = x_ni + y_nj + z_nk \end{cases} \quad (28)$$

$$\begin{cases} \overline{O'T_1} = x_{11}i_1 + y_{11}j_1 + z_{11}k_1 \\ \overline{O'T_2} = x_{21}i_1 + y_{21}j_1 + z_{21}k_1 \\ \dots \\ \overline{O'T_n} = x_{n1}i_1 + y_{n1}j_1 + z_{n1}k_1 \end{cases} \quad (29)$$

Учитывая разложение вектора по базису, в силу правила треугольника получим:

$$\begin{cases} x_1i + y_1j + z_1k = (a + \alpha_{11}x_{11} + \alpha_{21}y_{11} + \alpha_{31}z_{11})i + \\ + (b + \alpha_{12}x_{11} + \alpha_{22}y_{11} + \alpha_{32}z_{11})j + \\ + (c + \alpha_{13}x_{11} + \alpha_{23}y_{11} + \alpha_{33}z_{11})k \\ x_2i + y_2j + z_2k = (a + \alpha_{11}x_{21} + \alpha_{21}y_{21} + \alpha_{31}z_{21})i + \\ + (b + \alpha_{12}x_{21} + \alpha_{22}y_{21} + \alpha_{32}z_{21})j + \\ + (c + \alpha_{13}x_{21} + \alpha_{23}y_{21} + \alpha_{33}z_{21})k \\ \dots \\ x_ni + y_nj + z_nk = (a + \alpha_{11}x_{n1} + \alpha_{21}y_{n1} + \alpha_{31}z_{n1})i + \\ + (b + \alpha_{12}x_{n1} + \alpha_{22}y_{n1} + \alpha_{32}z_{n1})j + \\ + (c + \alpha_{13}x_{n1} + \alpha_{23}y_{n1} + \alpha_{33}z_{n1})k \end{cases} \quad (30)$$

Используя формулы для вычисления коэффициентов α [12] и учитывая, что углом отклонения судна от курса в силу его небольшой величины можно пренебречь, таким образом, $\sin \varphi \approx \varphi$, $\cos \varphi \approx 1$, получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{11} = \cos \psi - \varphi \sin \psi \cos \theta, \\ \alpha_{12} = \sin \psi + \varphi \cos \psi \cos \theta, \\ \alpha_{13} = \varphi \sin \theta, \\ \alpha_{21} = -\varphi \cos \psi - \sin \psi \cos \theta, \\ \alpha_{22} = -\varphi \sin \psi + \cos \psi \cos \theta, \\ \alpha_{23} = \sin \theta, \\ \alpha_{31} = \varphi \sin \theta, \\ \alpha_{32} = -\sin \theta, \\ \alpha_{33} = -\cos \theta. \end{array} \right. \quad (31)$$

В результате формулы для расчета координат возможного перемещения системы грузовых объектов при известных углах отклонения судна от положения равновесия будут выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = a + (\cos \psi - \varphi \sin \psi \cos \theta)x_{11} + (-\varphi \cos \psi - \sin \psi \cos \theta)y_{11} + \\ + (\varphi \sin \theta)z_{11} \\ y_1 = b + (\sin \psi + \varphi \cos \psi \cos \theta)x_{11} + (-\varphi \sin \psi + \cos \psi \cos \theta)y_{11} + \\ + (-\sin \theta)z_{11} \\ z_1 = c + (\varphi \sin \theta)x_{11} + (\sin \theta)y_{11} + (-\cos \theta)z_{11} \\ x_2 = a + (\cos \psi - \varphi \sin \psi \cos \theta)x_{21} + (-\varphi \cos \psi - \sin \psi \cos \theta)y_{21} + \\ + (\varphi \sin \theta)z_{21} \\ y_2 = b + (\sin \psi + \varphi \cos \psi \cos \theta)x_{21} + (-\varphi \sin \psi + \cos \psi \cos \theta)y_{21} + \\ + (-\sin \theta)z_{21} \\ z_2 = c + (\varphi \sin \theta)x_{21} + (\sin \theta)y_{21} + (-\cos \theta)z_{21} \\ \dots \\ x_n = a + (\cos \psi - \varphi \sin \psi \cos \theta)x_{n1} + (-\varphi \cos \psi - \sin \psi \cos \theta)y_{n1} + \\ + (\varphi \sin \theta)z_{n1} \\ y_n = b + (\sin \psi + \varphi \cos \psi \cos \theta)x_{n1} + (-\varphi \sin \psi + \cos \psi \cos \theta)y_{n1} + \\ + (-\sin \theta)z_{n1} \\ z_n = c + (\varphi \sin \theta)x_{n1} + (\sin \theta)y_{n1} + (-\cos \theta)z_{n1} \end{array} \right. \quad (32)$$

Описанные выше закономерности и выражения касаются почти идеального случая — перемещение объектов происходит в одном направлении (или почти в одном направлении). Это возможно, например, при обрыве креплений и падении стопки контейнеров. В этом случае система грузовых объектов имеет коллинеарную систему векторов, задающих направления смещения компонент. На практике необходимо учитывать поправки по осям [11].

Полученные зависимости могут быть использованы на практике для прогнозирования, предупреждения, оперативного реагирования и ликвидации последствий внештатных аварийных ситуаций.

Список литературы

1. О транспортной безопасности: федеральный закон Рос. Федерации от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ (в ред. от 03.02.2014).
2. *Нырков А. П.* Автоматизированное управление и оптимизация технологических процессов в транспортных узлах: дис. ... д-ра техн. наук / А. П. Нырков; СПГУВП. — СПб., 2003.
3. Стохастические модели управления технологическими процессами судоремонта / Н. М. Вихров [и др.] // Морской вестник. — 2013. — № 2 (46).
4. Основные принципы построения защищенных информационных систем автоматизированного управления транспортно-логистическим комплексом / А. П. Нырков [и др.] // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2013. — № 2 (2).
5. *Соколов С. С.* Математическая модель рационального размещения груза в трюмах судна / С. С. Соколов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2010. — № 3.
6. Автоматизация управления мультимодальными перевозками / А. П. Нырков [и др.] // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 2.
7. *Соколов С. С.* Математическое и алгоритмическое обеспечение оперативного управления транспортно-логистическими комплексами: дис. ... канд. техн. наук / С. С. Соколов; ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова. — СПб., 2011.
8. *Соколов С. С.* Четырехмерная модель комплектовки груза на судне / С. С. Соколов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2011. — № 3.
9. *Соколов С. С.* Моделирование размещения груза при мультимодальных перевозках / С. С. Соколов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2012. — № 4.
10. Статика корабля: учеб. пособие / Р. В. Борисов [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Судостроение, 2005. — 256 с.: ил.
11. *Соколов С. С.* Моделирование процесса устранения последствий системного поликомпонентного сдвига грузовых объектов на основе данных судовых приборов / С. С. Соколов, В. Н. Ежгуров // Речной транспорт (XXI век). — 2013. — Т. 1, № 3.
12. *Ильин В. А.* Аналитическая геометрия: учебник для вузов / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. — 5-е изд. — М.: Наука: Физматлит, 1999. — Вып. 3: Курс высшей математики и математической физики. — 224 с.

МЕЖДУНАРОДНОЕ МОРСКОЕ ПРАВО

УДК 347.23

Е. Н. Ключева,
канд. юрид. наук, доцент кафедры транспортного права,
Киевская государственная юридическая
академия водного транспорта
им. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного

ОСОБЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРАВА СОБСТВЕННОСТИ НА МОРСКОЕ СУДНО

LEGAL REGIME OF MARITIME MERCHANT SHIP AS OBJECT OF OWNERSHIP: SHIP REGISTRATION

В статье освещаются основные проблемные вопросы в области регистрации морских судов, в частности рассматриваются вопросы несовершенства процедуры регистрации морских судов. Автором проанализированы взгляды специалистов по морскому праву и действующее законодательство по этим вопросам, а также выражается собственное видение перспектив совершенствования действующего законодательства в этой области.

This article highlights the major issues in the field of registration of ships, in particular questions of procedure imperfections registration of ships. The author analyzes the views of experts on the Law of the Sea and the existing legislation on these issues, as well as to express their vision of the future improvement of the existing legislation in this area.

Ключевые слова: государственная регистрация судов, Государственный судовый реестр, регистрация права собственности, закрытый реестр, право плавания под флагом.

Key words: state registration of vessels, the State Ship Registry, the registration of ownership, closed Register, the right to fly the flag.

ПОНЯТИЕ «регистрация судна» определяется в установлении юридической связи между имуществом (судном) и государством. Это понятие является универсальным. Термин «государственная регистрация судна» можно определить как юридический акт — действие уполномоченного государством органа, направленное на определение национальной принадлежности судна, в результате чего между государством Украина и судном устанавливается прямая (реальная) связь.

Без официальной регистрации в любой стране судно представляет собой лишь плавучий объект, имущество, правовой статус которого определяется местом его нахождения. И только с момента официальной регистрации и получения права плавания под флагом любой страны плавучий объект становится транспортным средством, судном, имеет право быть полноценным субъектом международного судоходства. Таким образом, правовой режим имущества и, в частности, права собственности на судно как на транспортное средство может быть удостоверен только после регистрации судна в любой стране. Законодательством, регулирующим вопросы регистрации судна, а также вопросы правового режима пользования имуществом — судном, и в том числе удостоверение права собственности на судно, являются нормативно-правовые акты страны, предоставившей судну право плавать под своим флагом [6].

Государственная регистрация судов — вопрос определения правового статуса имущества, регистрация судна является юридическим фактом — действием, которое порождает правовые последствия. Предоставление судну национальности и права плавания под флагом соответствующего государства является ключевым моментом регистрации судна. Все остальные процедуры, даже

включая регистрацию права собственности на судно, носят предварительный характер и имеют несравненно меньшее правовое и практическое значение. С правовой точки зрения не существует никакой разницы, в какой стране зарегистрировано судно. Если данное государство является полноправным членом мирового сообщества, не может быть ни приоритетов, ни ограничений к судам, несущим его флаг.

На сегодня государственная регистрация судов на Украине регулируется рядом нормативно-правовых актов. Глава 2 Кодекса торгового мореплавания (далее — КТМ) Украины в общих чертах регулирует порядок регистрации судов [1]. Определено, что национальная принадлежность судна определяется его государственной регистрацией на Украине и получением права плавания под государственным флагом Украины. Постановлением Кабинета министров Украины № 1069 от 26.09.1997 г. утвержден Порядок ведения Государственного судового реестра Украины и Судовой книги Украины (далее — Порядок), согласно которому общее руководство и контроль за регистрацией и ведением учета судов на Украине осуществляет Министерство инфраструктуры [4]. Содержание термина «регистрация судна» заключается в предоставлении судну права плавания под флагом Украины в качестве реализации собственником или лицом, использующим судно на законных основаниях, права пользования имуществом (судном). Целью регистрации судна является контроль государства за порядком правомерного пользования имуществом (судном).

Регистрацию судов в Украине осуществляют:

- капитаны морских портов — в отношении морских судов;
- Укрморречинспекция — в отношении речных судов и судов, которые не подлежат надзору классификационным обществом;
- территориальный орган Госрыбаченства по вопросам государственного надзора за безопасностью мореплавания флота рыбного хозяйства — в отношении рыболовных судов, которые не подлежат надзору классификационным обществом.

Однако надо учесть, что Кодекс торгового мореплавания был принят еще в 1995 г. и что за прошедшие почти 20 лет реалии экономического развития в целом и развития морской отрасли в частности претерпели существенные изменения, в связи с чем ряд норм КТМ устарели и стали неэффективными, а иногда и просто вредными, то есть препятствуют развитию отрасли на практике. Международный опыт уже давно пошел другим, более либеральным и эффективным путем, устранив ряд ограничений на право плавания под тем или иным национальным флагом. Вопрос несовершенства законодательства по регистрации судов поднимался среди специалистов и судовладельцев уже давно.

Под регистрацией понимаются действия по внесению определенных сведений о судне в соответствующий реестр. Судовые реестры бывают национальные или «закрытые», а также международные «открытые», то есть дают право регистрации судна как резидентам данной страны, так и нерезидентам. Существуют также «удобные флаги», то есть такие государства, выдвигающие к судам, которые регистрируются в их судовых реестрах, минимальные требования к техническому состоянию и укомплектованности судна, и осуществляют регистрацию по упрощенной процедуре.

Так, например, регистрация в Панаме является открытой, то есть независимо от гражданства каждый судовладелец вправе зарегистрировать судно под панамским флагом. Регистрация судов в открытых реестрах, как правило, лишена каких-либо ограничений в отношении национальной принадлежности лиц, то есть независимо от гражданства собственника любое судно, зарегистрированное согласно правилам в таком государстве, имеет право работать под его флагом.

Украинское законодательство, в отличие от государств, которые предоставляют так называемые «удобные флаги», имеет закрытый Реестр, то есть определенные ограничения, в частности ограничения относительно определения круга субъектов, имеющих право регистрировать суда в национальных реестрах. Как известно, действующая редакция ст. 32 Кодекса торгового мореплавания Украины (далее — КТМ) предусматривает, что право плавания под государственным флагом Украины может быть предоставлено исключительно тем судам, которые являются госу-

дарственной собственностью или находятся в собственности или в эксплуатации на условиях договора бербоут-чартера физических лиц — граждан Украины, а также юридических лиц, зарегистрированных на Украине, основанных исключительно украинскими владельцами [8].

Получается, как указано в вышеназванной статье КТМ, суда, принадлежащие юридическим лицам, зарегистрированным в соответствии с законодательством Украины, но в составе которых есть учредители физические или юридические лица — нерезиденты Украины, не могут быть наделены правом плавания под государственным флагом Украины, то есть такие юридические лица не имеют права зарегистрировать судно и получить право плавания под флагом Украины. Такие ограничения, конечно, являются барьером для привлечения иностранного инвестирования в развитие отечественного судоходства, именно благодаря существованию этих ограничений судовладельцы вынуждены выбирать для своих судов более удобные флаги [8].

Кроме того, действующей редакцией КТМ Украины не предусмотрена возможность предоставления права плавания под государственным флагом Украины судам, которые принадлежат физическим лицам — субъектам предпринимательской деятельности. Хотя п. 2 ст. 55 Гражданского кодекса наделяет равными правами в осуществлении любой хозяйственной деятельности, в частности связанной с судоходством юридических и физических лиц — субъектов предпринимательской деятельности.

Понятно, что такие недостатки действующего законодательства можно устранить только путем внесения изменений в соответствующие нормативно-правовые акты. В настоящее время в сентябре в Верховную Раду был подан и зарегистрирован законопроект «Проект закона о внесении изменений в ст. 32 Кодекса торгового мореплавания Украины (относительно права плавания под государственным флагом Украины)». Законопроект предлагает внести в ст. 32 КТМ Украины изменения, призванные устранить указанные недостатки. Речь идет о предоставлении права плавания под государственным флагом Украины судам, принадлежащим любым юридическим лицам, созданным в соответствии с законодательством Украины (независимо от состава учредителей), а также физическим лицам — субъектам предпринимательской деятельности.

По мнению специалистов, если данный законопроект будет поддержан Верховной Радой Украины, морскую отрасль Украины может ожидать существенное оживление. Владельцы и эксплуатанты судов, которые в настоящее время не имеют возможности получить право плавания под государственным флагом Украины и вынуждены искать другие, более либеральные и удобные государства, смогут беспрепятственно такое право получить. Это существенно поддержит отечественных судовладельцев, позволит им выйти из тени и плавать под флагом Украины [5].

Также ст. 32 КТМ Украины обязывает регистратора (Укрморречинспекцию) проверять «наличие иностранного капитала» в уставном фонде компании-судовладельца, поскольку, как было сказано выше, только юридические лица, которые основаны исключительно украинскими собственниками, либо те юридические лица, у которых судно находится на условиях договора бербоут-чартера, могут регистрировать право собственности на судно в украинских реестрах. Иностранцам же гражданам дорога к регистратору и вовсе закрыта. Это ограничение пришло из Кодекса торгового мореплавания бывшего СССР и, как считают некоторые эксперты, для привлечения судовладельцев под украинский флаг его нужно отменить [7]. Также известно, что на практике это ограничение легко обойти: достаточно временно исключить нерезидента из предприятия (на момент подачи документов регистратору), после чего ввести его обратно — это не контролируется и санкция за это «нарушение» отсутствует. Так зачем же вынуждать предприятия идти на обман, если можно этого избежать путем внесения соответствующих изменений в законодательство.

Среди специалистов и экспертов в сфере морского судоходства неоднократно обсуждались варианты возрождения торгового флота под украинским флагом, в том числе путем создания украинского международного реестра судов.

Дело в том, что на международном рынке, где работают суда под украинским флагом, значительную часть мирового флота составляют суда, зарегистрированные под «удобными флагами», в странах так называемой «открытой регистрации» (Либерия, Багамы, Панама, Мальта и

др.). Владельцы таких судов вместо многочисленных налогов платят лишь разовый сбор за регистрацию в зависимости от вместимости судна и ежегодные сборы за подтверждение регистрации. Иначе говоря, они находятся на льготных налоговых условиях. При этом и уровень заработной платы экипажей на этих судах ниже, чем в развитых странах. Все это значительно повышает конкурентоспособность таких судов и приводит к оттоку под «удобные флаги» судов, так сказать, традиционных морских держав.

Чтобы противодействовать этой тенденции и сохранять флот под национальными флагами, в развитых странах стали создавать параллельно с обычными реестрами вторые, или международные, реестры с условиями налогообложения, сходными с теми, что в «открытых реестрах» [10]. Среди наших ближайших соседей такие реестры созданы в Турции, Грузии и России. «Удобные» флаги поднимают над своими судами и многие украинские перевозчики, которых «родной» не привлекает из-за необходимости платить больше налогов, сборов, пошлин и т. п. Да и поднимать его может лишь компания, в уставном капитале которой есть средства только отечественных учредителей.

Министерство инфраструктуры совместно с научными кругами и представителями судовладельческого бизнеса Украины продолжает выработать возможные пути развития украинского торгового флота. В частности, актуальным вопросом, над которым сейчас ведется активная работа, остается привлечение под государственный флаг Украины новых судов путем создания на законодательном уровне выгодных для судовладельцев условий работы под флагом нашего государства. В частности, речь идет о введении на Украине практики, которая уже давно используется ведущими странами мира — создание международного реестра судов, пребывание в котором предоставляет судовладельцам ряд преимуществ [11].

С 2001 г. на Украине было разработано несколько вариантов проекта закона о международном реестре судов, но, к сожалению, он до сих пор не принят. В начале 2013 г. Кабинет министров отправил на рассмотрение парламента законопроект «О международном реестре судов Украины», который сейчас дорабатывает Министерство инфраструктуры. Так правительство надеялось привлечь судовладельцев под государственный флаг Украины: альтернативными реестрами отдельные страны удерживают собственников от перевода судов из-под национальной юрисдикции в более выгодные открытые регистры [11].

Поскольку в настоящее время большая часть судов частных украинских судовладельцев эксплуатируется под «удобными» флагами и налоги на прибыль от их эксплуатации не попадают в государственный бюджет Украины, применение режима тоннажного налога не приведет к сокращению бюджетных поступлений государства.

Введение международного реестра позволит в перспективе ускорить обновление флота Украины, повысить долю перевозок внешнеторговых грузов Украины флотом под национальным флагом, предоставить дополнительные рабочие места на судах и на берегу. В смежных областях деятельности предполагается увеличение объемов судостроения для украинских компаний, дополнительное привлечение инвестиций в судостроение, создание дополнительных рабочих мест, дополнительные поступления в страховой и банковский секторы, рост отчислений на социальные нужды. Эксперты считают, что если Украина хочет принять международный реестр, то должна позаботиться о своей международной репутации. В частности, нельзя допускать регистрацию устаревших судов (которых и в самой Украине немало), нужно ограничить их возраст хотя бы десятилетием [8].

Однако это не единственный проблематичный вопрос, который связан с реализацией прав собственника судна при регистрации. Хотелось бы обратить внимание на некоторые практические проблемы в реализации прав собственника судна, приобретенного на аукционе. Так, согласно п. 5 ст. 34 Закона Украины «О нотариате» нотариус после окончания публичных торгов выдает свидетельство о приобретении имущества с аукциона [3]. Но согласно пп. «д» п. 48 Порядка ведения государственного судового реестра Украины и Судовой книги Украины (далее — Порядка) в случае изменения зарегистрированного владельца судна, судовладельца или фрахтователя по бербоут-чартеру судно должно быть исключено из Государственного судового реестра, а также

ввиду того, что право собственности на судно подлежит обязательной регистрации в Государственном судовом реестре Украины, новый владелец должен обратиться в Укрморречинспекцию или в ближайший морской порт с заявлением зарегистрировать судно на его имя [4]. Итак, согласно вышеназванному документу перед новым владельцем стоят следующие задачи: а) исключение судна из Реестра; б) регистрация судна на свое имя в Реестре; в) перерегистрация судна в другом украинском порту [9].

Согласно п. 49 Порядка постоянное исключение судна из Реестра осуществляется лишь по заявлению прежнего собственника. Здесь и возникает проблема, хорошо если предыдущий владелец сделает это без промедления, но что делать новому владельцу, если предыдущий владелец судна отказывается совершать любые действия относительно исключения судна из Государственного судового реестра, не оспаривая при этом результаты публичных торгов. Логично, что это при таких обстоятельствах Укрморречинспекция не принимает заявление об исключении судна из Реестра от нового владельца по формальным причинам, поскольку сначала судно надо исключить из Реестра, а сделать это согласно п. 49 Порядка может только прежний владелец [4]. Получается, приобретя судно на аукционе, новый владелец не может зарегистрировать свое право собственности в соответствии с требованиями законодательства при отсутствии должного содействия предыдущего владельца судна. Как правило, когда речь идет о купле-продаже морских (речных) судов, в договорах обычно специально прописывают обязанность продавца всячески содействовать реализации покупателем своих прав или передать покупателю свидетельство об исключении судна из Реестра или письменное обязательство исключить судно из Реестра. В случае приобретения судна с публичных торгов заставить предыдущего владельца получить такое свидетельство или письменное обязательство становится невозможно, поскольку ни один из нормативно-правовых актов не содержит следующее положение.

Получается, что до момента исключения сведений о владельце судна из Реестра по собственному желанию и заявлением (вместе с уплатой сбора) имущество все еще формально остается его собственностью, даже если это имущество уже было реализовано на аукционе и приобретено другим лицом. Таким образом, нарушаются права нового владельца, который законно приобрел право собственности на судно.

По мнению специалистов и экспертов, чтобы избежать подобных ситуаций в будущем, действующий Порядок необходимо дополнить следующими положениями:

1) пп. 48 Порядка следует дополнить подпунктом «е» о возможности постоянного исключения судна из Государственного судового реестра Украины или Судовой книги Украины в случае реализации (продажи) судна на публичных торгах (аукционе) по заявлению победителя торгов (аукциона);

2) пп. 49 Порядка можно было бы дополнить нормой о том, что основанием для постоянного исключения судна из Государственного судового реестра Украины или Судовой книги Украины является представление лицом, которое приобрело судно на аукционе, соответствующего заявления, заверенных копий акта государственного исполнителя о проведении публичных торгов и нотариального свидетельства о приобретении имущества на аукционе. Заявитель будет оплачивать расходы, связанные с исключением судна из Государственного судового реестра Украины или Судовой книги Украины [9].

Приведенные изменения позволят устранить пробелы в действующем законодательстве относительно реализации прав владельцев судов, приобретенных на аукционе, и упростить процедуру их регистрации. До момента внесения изменений в Порядок единственным возможным выходом для судовладельца становится получение официального отказа Укрморречинспекции в регистрации (снятии с учета) и ее дальнейшее обжалование в судебном порядке.

В результате проведенного исследования положений по регистрации судов в национальных реестрах, можно сделать вывод, что на сегодняшний день назрела необходимость для устранения существующих пробелов в действующем законодательстве, поскольку нормативная база уже не отвечает реалиям сегодняшнего дня.

Список литературы

1. Кодекс торгового мореплавания от 23 мая 1995 г. № 176/95-ВР [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/Z950176.html
2. Хозяйственный кодекс Украины от 16 января 2003 г. № 436-IV [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T030436.html#374
3. О нотариате: закон Украины от 2 сентября 1993 г. № 3425-XII [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T342500.html
4. Порядок ведения Государственного судового реестра и Судовой книги Украины: Постановление Кабинета министров от 26 сентября 1997 г. № 1069 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP971069.html
5. Проект Закона о внесении изменений в ст. 32 Кодекса торгового мореплавания Украины (относительно права плавания под государственным флагом Украины [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=48429
6. Горчаков С. В. Правовые аспекты регистрации судов. Морское судно как объект права собственности и осуществления регистрационных действий / С. В. Горчаков // Юридическая практика. — 2007. 6 февр. — № 6 (476) — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://sealawyer.azovmar.com/index.php?name=articles&op=read&art=18&cat=57>
7. Жихарева В. Международная регистрация судов: перспективы для Украины / В. Жихарева // Порты Украины. — 2013 — № 2 (124).
8. Муравский А. Флаг в руки: правительство хочет ввести международный реестр судов / А. Муравский [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://cfts.org.ua/articles/flag_v_ruki_pravitelstvo_khochet_yvesti_mezhdunarodnyu_reestr_sudov_359
9. Поліщук О. Деякі проблеми реалізації прав власника судна, придбаного на аукціоні / О. Поліщук // Юридична газета. — 2012. — № 35.
10. Петров А. Россия подает пример, создавая международный реестр судов / А. Петров // Порты Украины. — 2006. — № 2 (58).
11. Кому плавать под государственным флагом Украины?: ст. // Порты Украины. — 2013. — № 8 [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.interlegal.com.ua/blog/?p=2649#more-2649>
12. <http://amko.org.ua/blogi/entry/gotovitsya-zakonoproekt-o-mezhdunarodnom-reestre-sudov-ukrainy.html>

УДК 341.1/8

Я. Е. Бразовская,
ст. преподаватель факультета морского права,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В БОРЬБЕ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ МОРЯ НЕФТЬЮ

INTERNATIONAL LEGAL COOPERATION IN COMBATING POLLUTION OF THE SEA BY OIL

Статья посвящена рассмотрению некоторых международно-правовых источников, регламентирующих сотрудничество государств в целях обеспечения готовности на случай загрязнения моря нефтью и охраны окружающей человека среды.

The article is devoted to analysis of the international legal sources governing the cooperation of States in order to ensure readiness in case of oil pollution at sea and protection of the human environment.

Ключевые слова: международное сотрудничество, предотвращение загрязнения с судов, ущерб от загрязнения нефтью, гражданская ответственность.

Key words: international cooperation, prevention of pollution from ships, damage from oil pollution, civil liability.

В СОВРЕМЕННОМ мире серьезную угрозу представляет загрязнение моря нефтью в результате аварий судов, морских установок, на объектах, связанных с обработкой нефти. Во избежание такой угрозы важными представляются предупредительные и предохранительные меры, а также строгое применение существующих международных документов по безопасности на море и предотвращению загрязнения моря, стандартов проектирования, эксплуатации и обслуживания судов, перевозящих нефть, и морских установок.

При возникновении загрязнения нефтью необходимы быстрые и эффективные действия для уменьшения возможного ущерба.

Исходя из размера экономического и экологического ущерба, важным в борьбе с загрязнением нефтью является **взаимопомощь и международное сотрудничество**, включая подготовку планов чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью, **обмену сообщениями** о значительных инцидентах, которые могут нанести ущерб морской среде или береговой линии и интересам государств, а также **исследования и разработки**, относящиеся к средствам борьбы с загрязнением нефтью морской среды.

Одной из первоочередных причин унификации международно-правовых норм по борьбе с загрязнением морской среды, и в частности нефтепродуктами, послужила авария танкера «Эксон Вальдез» у берегов Аляски в марте 1989 г.¹

В результате катастрофы около 10,8 млн галлонов нефти (около 260 тыс. баррелей или 40,9 млн л) попали в море, образовав нефтяное пятно в 28 тыс. км². Всего танкер перевозил 54,1 млн галлонов нефти. Было загрязнено нефтью около 2 тыс. км береговой линии².

Стоит отметить, что указанная авария вплоть до 2010 г.³ считалась наиболее разрушительной для экологии катастрофой⁴, которая когда-либо происходила на море, и явилась причиной заключения Международной конвенции по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству 1990 г. (ОППР)⁵.

Действие Конвенция не распространяется на военные корабли, военно-вспомогательные и суда, используемые государством для правительственной некоммерческой службы.

Конвенция распространяет свое действие не только на суда, но и на морские установки (стационарные и плавучие), на сооружения, занятые в разведке, добыче или производстве газа или нефти либо на погрузке или разгрузке нефти, а также на морские порты и объекты, связанные с обработкой нефти⁶.

¹ Авария танкера «Эксон Вальдез» стала крупнейшей экологической катастрофой подобного рода в истории США. Первым масштабным разливом нефти в современной истории является крушение танкера «Торри Каньон» (март 1967 г.), в результате столкновения с рифом у архипелага Силли на юге Британии около 110 тыс. т нефти вылилось в море, образовав нефтяное пятно в 270 квадратных миль. Было загрязнено нефтью около 180 миль береговой линии, около 15 тыс. птиц и огромное количество животных погибли, прежде чем нефтяное пятно было ликвидировано. См.: Нефть. Крупнейшие катастрофы в истории. 2014. 27 марта // Вести экономики. URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/41068/print>

² Questions and Answers. History of the Spill. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. Проверено 26 мая 2009 г. Архивировано из первоисточника 24 апреля 2012 г.

³ Соответственно вплоть до аварии буровой установки ДН в Мексиканском заливе 20 апреля 2010 г.

⁴ Oil Spill Case Histories 1967–1991, Report No. HMRAD 92-11. Seattle: National Oceanic and Atmospheric Administration, 1992. P. 80.

⁵ Конвенция вступила в силу 13 мая 1995 г. Россия Постановлением Правительства РФ от 23 июля 2009 г. № 607 присоединилась к Конвенции (Бюллетень международных договоров. 2010. № 10).

⁶ Пункты 4, 5 ст. 2 указанной Конвенции.

Одним из обязательных требований Конвенции в силу положений ст. 3 является наличие на борту судна у оператора морских установок плана чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью.

Установлен порядок сообщения о загрязнении нефтью и предпринимаемые действия по получению такого сообщения, регламентируется учреждение национальной системы срочной и эффективной борьбы с инцидентами, вызывающими загрязнение нефтью.

Реализуя положения Конвенции по борьбе с загрязнением морского пространства, государствам следует сотрудничать в поощрении и обмене результатами программ исследований, разработок и оказывать консультативные услуги, техническое обеспечение и оборудование.

В обязанности государств вменяется принятие индивидуально или совместно всех надлежащих мер по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью и борьбе с ним.

Государства, осознавая опасность загрязнения, создаваемую морскими перевозками нефти наливом, и необходимость в обеспечении возмещения ущерба, причиненного вследствие загрязнения утечкой и сливом нефти из судов, считают, что экономические последствия ущерба должны быть возложены не только исключительно на морской транспорт, но и частично на заинтересованных в перевозке груза нефти.

Стоит отметить, что в международном морском праве для принятия мер по предотвращению загрязнения моря нефтью, выливаемой с судов, в 1954 г. была принята Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью¹.

Действие Конвенции распространяется на морские суда за исключением судов, используемых в качестве вспомогательных военных судов; тоннажем не более 500 рег. т; используемых в китобойном промысле; плавающих в Великих озерах Северной Америки, их притоках и соединяющих их водах, простирающихся на восток — до нижнего выхода из канала Лашин у Монреала в провинции Квебек (Канада)².

Статья 6 Конвенции регламентирует наказание за слив с судна нефти или нефтяной смеси в воды, находящиеся за пределами территориальных вод государства, которое не должно быть меньше, чем наказание по законам этой территории в отношении незаконного слива нефти или нефтяной смеси в таких территориальных водах.

Все суда должны быть оборудованы таким образом, чтобы была предотвращена утечка топливной нефти или тяжелого дизельного топлива в льяла, содержимое которого сливается в море без предварительной прогонки через нефтеводяной сепаратор.

Государства, подписавшие указанную Конвенцию, приняли обязательство обеспечить каждый основной порт средствами для приема судов без необоснованной их задержки, отходов от загрязненной нефтью балластной воды или танковой промывочной воды или другими средствами³.

На судно возложена обязанность иметь журнал нефтяных операций (или как часть официального судового журнала, или в другом виде).

Нельзя не согласиться, что для государств всего мира важным является охрана окружающей среды, в том числе морской. Государства, осознавая опасность загрязнения моря и прибрежных территорий морскими перевозками нефти и необходимость обеспечения достаточного возмещения лицам, которым причиняется ущерб вследствие утечки и слива нефти с судов, приняли Международную конвенцию о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью⁴.

Данный международный нормативно-правовой акт устанавливает режим возмещения как ущерба от загрязнения, так и расходов на меры по предотвращению или уменьшению такого ущерба, где бы такие меры ни были предприняты, что является значительным шагом вперед к достижению основных целей Конвенции.

¹ Конвенция была заключена в Лондоне 12 мая 1954 г. и для СССР вступила в силу 3 декабря 1969 г.

² Статья 2 указанной Конвенции.

³ Статья 8 указанной Конвенции.

⁴ Конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью (*англ.* International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage (CLC)) заключена в Брюсселе 29 ноября 1969 г. (в ред. Протокола от 19.11.1976), для СССР вступила в силу 22 сентября 1975 г.

Конвенция CLC устанавливает единые международные правила и процедуру решения вопросов ответственности и обеспечения достаточного возмещения.

Под ущербом от загрязнения Конвенцией понимаются убытки или ущерб, причиненные вне судна, перевозящего нефть, загрязнением, происшедшим вследствие утечки и слива нефти, где бы такая утечка или слив ни произошли, и включают стоимость предупредительных мер и, кроме того, убытки или ущерб, причиненные предупредительными мерами¹.

Действие Конвенции распространяется на любые морские суда и плавучие средства любого типа, фактически перевозящие нефть наливом в качестве груза, под сферу действия Конвенции не подпадают военные корабли и другие суда, принадлежащие государству или эксплуатируемые им и используемые исключительно для правительственной некоммерческой службы.

Собственник судна отвечает за всякий ущерб от загрязнения, который явился результатом утечки или слива нефти из его судна, однако может быть освобожден от ответственности за ущерб от загрязнения, в случае если докажет, что такой ущерб является результатом военных действий, враждебных действий, гражданской войны, восстания или стихийного явления, исключительного по своему характеру, неизбежного и непреодолимого, или вызван действием или бездействием третьих лиц с намерением причинить ущерб или небрежностью или неправомерным действием правительства или другого органа власти, вызванных ненадлежащим исполнением функций по содержанию в порядке огней и других навигационных средств.

Конвенция CLC также предусматривает освобождение от ответственности перед потерпевшим лицом, если докажет, что ущерб от загрязнения произошел всецело или частично в результате поведения потерпевшего лица.

В случае если утечка или слив нефти произошел более чем из одного судна и явился причиной ущерба от такого загрязнения, собственники всех причастных к этому происшествию судов солидарно отвечают за всю совокупность убытков, которые не могут быть разумно разделены.

Конвенция CLC в редакции Протокола 2000 г. предоставляет собственнику судна право ограничить свою ответственность и предусматривает следующие пределы гражданской ответственности судовладельца:

- для судна валовой вместимостью не более 5 тыс. т — 4,51 млн SDR²;
- для судна валовой вместимостью от 5 до 140 тыс. т — 4,51 млн SDR плюс 631 SDR за каждую тонну сверх 5 тыс.;
- для судна валовой вместимостью сверх 140 тыс. т — 89,77 млн SDR.

Однако положениями Конвенции CLC предусмотрено, что собственник судна не вправе ограничивать свою ответственность указанными пределами, если ущерб от загрязнения являлся результатом его действия или бездействия с намерением причинить ущерб или по самонадеянности при понимании возможных последствий, а также если судовладельцем не создан фонд на общую сумму, равную пределу его ответственности (п. 2 и 3 ст. 6 Конвенции)³.

В обязанности собственника судна для покрытия своей ответственности за ущерб от загрязнения в соответствии с п. 1 ст. 7 Конвенции CLC входит страхование или предоставление иного финансового обеспечения (например, гарантия банка или свидетельство, выданное международным компенсационным фондом).

Реализуя цели и в дополнение к Международной конвенции о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью 1969 г., учитывая Резолюцию о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью 1969 г. Международной юридической конференцией по вопросам ущерба от загрязнения моря для компенсации ущерба от загрязнения нефтью

¹ Статья 1 Конвенции CLC.

² Special Drawing Rights (специальные права заимствования) — единица расчетов, применяемая Международным валютным фондом.

³ Официальный сайт Международной морской организации — [http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Oil-Pollution-Damage-\(CLC\).aspx](http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Oil-Pollution-Damage-(CLC).aspx).

государства приняли решение создать Международный фонд, заключив Конвенцию о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью¹.

Как регламентировано в ст. 2, Фонд создается для обеспечения компенсации ущерба от загрязнения в той мере, в какой защита, предоставленная по Конвенции об ответственности 1992 г.², является недостаточной, и для осуществления связанных с этим целей.

В отношении компенсации ущерба Конвенция применяется только к ущербу от загрязнения, причиненному на территории государства (включая территориальное море и исключительную экономическую зону), и к предупредительным мерам, которые предпринимаются для предотвращения или уменьшения такого ущерба.

Фонд принимает обязательство выплатить компенсацию любому лицу, понесшему ущерб от загрязнения, если оно не могло получить полное и достаточное возмещение ущерба, в силу того, что Конвенция об ответственности 1992 г. не предусматривает ответственность за такой ущерб, собственник судна несостоятелен в финансовом отношении и не может выполнить полностью свои обязательства, а финансовое обеспечение, предоставляемое согласно Конвенции об ответственности 1992 г., не покрывает этого ущерба или недостаточно для удовлетворения требований о его возмещении³.

Однако из любого правила почти всегда существуют определенные исключения, так, согласно п. 2, 3 ст. 4 Конвенции фонд освобождается от обязанности выплатить компенсацию при доказательстве, что потерпевшее лицо действовало или бездействовало с намерением причинить ущерб или же ущерб возник вследствие его небрежности, в любом случае Фонд освобождается от этой обязанности наравне с освобождением собственника судна на основании п. 3 ст. 3 Конвенции об ответственности 1992 г. Однако такое освобождение Фонда от ответственности не распространяется на предупредительные меры.

Конвенцией предусмотрен предел ответственности, так общая сумма компенсации в отношении одного инцидента ограничивается таким образом, чтобы совокупность этой суммы и суммы компенсации, фактически выплаченной на основании Конвенции об ответственности за ущерб от загрязнения, не превышала 135 млн расчетных единиц, данное относится и к причинению ущерба от загрязнения вследствие неизбежных и непреодолимых стихийных явлений (пп. «а», «b» п. 4 ст. 4).

Максимальная сумма компенсации в соответствии с п. «с» ст. 4 составляет 200 млн расчетных единиц в отношении любого инцидента, происшедшего в течение любого периода, когда имеются три участника настоящей Конвенции, в отношении которых общее соответствующее количество облагаемой нефти, полученной лицами на территории таких участников в течение предшествующего календарного года, равно или превышает 600 млн т.

Однако Ассамблея Фонда в исключительных случаях может решить, что компенсация может быть выплачена, даже если собственник судна не создал фонд в соответствии с п. 3 ст. 5 Конвенции об ответственности 1992 г.

По мере необходимости Фонд обязан оказывать услуги в обеспечении государства персоналом, материалами и обслуживанием, необходимыми для принятия мер по предотвращению или уменьшению ущерба от загрязнения, и может предоставлять кредит на осуществление предупре-

¹ Конвенция (*англ.* International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage) заключена в Брюсселе 18 декабря 1971 г., СССР к ней присоединился. Специальными протоколами 1976 и 1984 гг. в Конвенцию 1971 г. были внесены поправки, а в 1992 г. она была полностью переработана новым Протоколом (для России Протокол вступил в силу 20.03.2001). В настоящее время действует Международная конвенция о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью 1992 г., полностью заменившая Конвенцию 1971 г. В 2003 г. был подписан факультативный Протокол о создании дополнительного компенсационного фонда.

² В соответствии с п. 1 ст. 1 Протокола 1992 г. об изменении Международной конвенции о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью 1971 г. понимается Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью 1992 г.

³ Собственник судна считается несостоятельным в финансовом отношении, а финансовое обеспечение недостаточным, если лицо, понесшее ущерб, не может получить полное удовлетворение в сумме возмещения, причитающегося в силу Конвенции об ответственности 1992 г., после того как оно предприняло все разумные меры для использования предоставленных ему средств судебной защиты (ст. 4).

дительных мер против ущерба от загрязнения в случае, если Фонд может быть привлечен к выплате компенсации.

Конвенция также регламентирует положения о юрисдикции, взносах, организации и управления Фонда.

Борьба с последствиями загрязнения нефтью требует совместных действий государств, важна взаимопомощь и международное сотрудничество в вопросах обмена информацией о возможностях государств в борьбе с загрязнением нефтью, подготовка планов чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью, а также в исследованиях и разработках, относящихся к средствам борьбы с загрязнением нефтью морской среды.

Государства, продолжая осознавать необходимость охраны окружающей среды в целом и морской среды в частности, серьезную угрозу, которую представляют для морской среды инциденты, вызывающие загрязнение нефтью, а также важность предупредительных и предохранительных мер во избежание загрязнения нефтью, а в случае аварии необходимость быстрых и эффективных действий в целях уменьшения ущерба, заключили Конвенцию по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству 1990 г.¹

Конвенция распространяет свое действия, кроме судов, и на морские установки, под которыми понимает любые стационарные или плавучие морские установки или сооружения, занятые в разведке, добыче или производстве газа или нефти либо погрузке или разгрузке нефти.

Так, операторы морских установок должны иметь планы чрезвычайных мер по борьбе с загрязнением нефтью, а в случае если имело место событие, повлекшее сброс или возможный сброс нефти, безотлагательно сообщить о таком событии прибрежному государству, под юрисдикцией которого находится установка.

Конвенция предписывает государствам действия, необходимые для проведения в случае сброса или возможного сброса нефти по получении сообщения о загрязнении (ст. 5), необходимость учреждения национальной системы срочной и эффективной борьбы с инцидентами, вызывающими загрязнение нефтью (ст. 6).

В заключение стоит отметить, что мировое сообщество давно осознало, что сохранение Мирового океана требует совместных усилий и ведущую роль в координации международной деятельности по охране водных ресурсов занимают международные соглашения, заключаемые между государствами и направленные в том числе и на проведение совместных операций по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, проведения подготовки и учений, решения административных вопросов и других рекомендованных мер, направленных на содействие осуществлению совместных шагов по эффективной борьбе с последствиями загрязнения нефтью.

¹ Конвенция по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству (OPRC), (Лондон, 30 ноября 1990 г.), Россия присоединилась к Конвенции Постановлением Правительства РФ от 23 июля 2009 г. № 607. Конвенция вступила в силу для России 18 декабря 2009 г.

РАЗРАБОТКА МОРСКИХ И ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

УДК 656.61

О. Д. Антонова,
инженер,
ЦНИИ морского флота;

Г. В. Лебедев,
науч. сотрудник, магистр географии,
ЦНИИ морского флота;

Г. Е. Румянцев,
канд. техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

АРКТИЧЕСКИЙ ШЕЛЬФ — ОБЛАСТЬ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ РОССИИ

THE ARCTIC SHELF — AREA OF GEOPOLITICAL AND ECONOMICAL INTERESTS OF RUSSIA

В статье уделяется внимание перспективным проектам ресурсодобывающих компаний в российской Арктике, научным исследованиям и экспедициям. Анализируется ситуация, связанная с использованием шельфов и исключительных экономических зон, причем указывается возможность использования континентального шельфа как естественного продолжения материка, составляющего территорию прибрежного государства.

The article entitled “The arctic shelf — area of geopolitical and economical interests of Russia” focuses on long-term projects of resource companies in the Russian Arctic, research and expeditions. Analyzes the situation associated with the use of shelves and exclusive economic zones, and of the possibility of the use of the continental shelf as a natural continuation of the continent, constituting the territory of the coastal State.

*Ключевые слова: арктическая зона, исключительная экономическая зона, континентальный шельф.
Key words: arctic zone, exclusive economic zone, continental shelf.*



АРКТИКА — одна из наиболее труднодоступных и малозаселенных частей Земли с экстремальными тяжелыми, а часто и смертельно опасными природными условиями.

Тем не менее, и несмотря на это, непосредственно для России Арктика столетиями оставалась неотъемлемой частью ее хозяйственных и политических интересов, средой обитания значительного числа российских граждан, представляла определенную практическую ценность для населения нашей страны и давала возможности вести какую-либо экономическую деятельность.

Освоение Россией арктических областей насчитывает более чем тысячелетнюю историю.

Русскими мореплавателями, охотниками, промысловиками постоянно и весьма активно предпринимались многочисленные попытки проникнуть в глубь Северного Ледовитого океана (СЛО), достичь новых островов и земель и пройти в Тихий океан вдоль берегов России.

Одними из первых русские открыли архипелаг Шпицберген, Новую Землю и другие арктические земли, в том числе Аляску, и приступили к их освоению.

Уже в 1616–1620 гг. царскими указами были закреплены исключительные права России в ряде районов Арктики.

По инициативе великого русского ученого М. В. Ломоносова и при поддержке государства в 1765–1766 гг. были организованы две арктические морские научные экспедиции к Шпицбергену

(русское название — Грумант, Грумантские острова) под командованием флотоводца, впоследствии адмирала, В. Я. Чичагова для отыскания морского пути из Архангельска через Северный Ледовитый океан к берегам Северной Америки.

М. В. Ломоносов основываясь на опыте русских поморов, пришел к выводу о возможности плавания по Северному морскому пути (СМП). М. В. Ломоносов первым выдвинул широкую и разностороннюю программу изучения арктической природы и ее ресурсов.

Особенно важно отметить, что именно Россия положила начало хозяйственному освоению Аляски, после приобретения которой США стали арктическим государством.

Следует отметить, что освоение Арктики объективно является одним из жизненно важных приоритетов России. «Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года» формулируют арктическую стратегию России, которую предстоит реализовывать в ближайшие годы. Особенно сильно геополитическое значение Арктики для России и других стран выросло в последние годы.

Геополитическая обстановка вокруг Арктики, ее действительных и особенно перспективных ресурсов крайне противоречива, как в целом сложны и чрезвычайно противоречивы геополитические условия и тенденции, которые определяют современное состояние международных отношений в мире вообще и конкретно в Арктическом регионе в частности. Эти геополитические противоречия, генерированные энергоресурсной зависимостью мировой экономики, в свою очередь активизируют новые организационные, геополитические и даже военные стратегии развития и практического приложения противоречивых национальных интересов арктических и приарктических государств и транснациональных компаний.

Едиственное решение мирного геополитического развития в Арктике состоит в том, чтобы в международном масштабе развернуть совместную деятельность по развитию международного сотрудничества по повышению безопасности в Арктике вплоть до создания плотных кооперативных межгосударственных связей; по всемерному снижению военного потенциала, по созданию институтов и организационно-политических мер, увеличивающих реальное доверие между странами с разными территориальными, ресурсными и военно-стратегическими интересами.

Мировой финансово-экономический кризис, переоценка и трансформация перспектив развития традиционных энергоресурсных районов, прежде всего стран Персидского залива, послужили бифуркационной точкой современной геополитики в отношении Арктики, а обнаружение в ее недрах богатейших запасов углеводородов стало материальной базой для роста ее геополитического значения. Наличие энергоресурсов на шельфе Арктики привлекло к ней пристальное внимание многих влиятельных государств мира, в том числе расположенных далеко за ее пределами [1; 2; 3, с. 34–53].

В Арктическом регионе предполагается наличие не менее трети всех мировых запасов природного газа, грандиозные запасы нефти (пятая часть неисследованных извлекаемых запасов нефти), угля, драгоценных металлов и других ресурсов. Моря Арктики богаты ценными биоресурсами (рыба, крабы, водоросли).

Геополитические интересы разных стран активизируются нерешенностью многих правовых вопросов. Так, многие государства, стремясь решить перспективы своего экономического и энергоресурсного развития, считают, что с существующей международно-правовой точки зрения территория Арктики пока никому не принадлежит. Крах Советского Союза, имевшего колоссальный политический авторитет и не менее колоссальный военный потенциал в Арктическом регионе, изменил геополитические позиции России.

Еще одним существенным фактором, способствующим заметному росту геополитического значения Арктики и усилению геополитических интересов многих стран к ней, являются глобальные изменения климата. Они сопровождаются интенсивным таянием арктических льдов, что открывает возможности доступа к богатейшим ресурсам углеводородов на арктическом шельфе и их активной эксплуатации. В связи с развитием современных технологий эксплуатация этих ресурсов переходит в практическую плоскость.

Таяние арктических льдов порождает надежды и расчеты на то, что в ближайшие годы могут открыться новые глобальные маршруты мировой торговли через СМП и Северо-Западный проход у канадских берегов.

В результате этого Арктика утратила характер периферийного района Земли и оказалась в фокусе внимания многих государств мира, тем самым привлекая их своим хозяйственным, ресурсным, транспортным и транзитным потенциалами. Прежде удаленный район мира выдвинулся на авансцену мировой политики [7].

В числе самых важных особенностей, которые имеют прямое отношение к политике России в Арктике, следует выделить:

1) в силу своей территориальной мощи Россия обладает наибольшими площадями континентального шельфа, который является продолжением ее территории в пределах исключительных экономических зон, а следовательно, и наибольшими разведанными и неразведанными потенциалами энергоресурсов;

2) являясь доминирующей нефтяной и газодобывающей державой, Россия имеет огромный потенциал по развитию и освоению Арктического региона из всех стран, имеющих арктическое морское побережье. Россия обладает наибольшими среди арктических стран запасами углеводородов;

3) одновременно слабо развитая сеть транспортных коммуникаций России на Крайнем Севере и практическое отсутствие железных дорог ограничивают возможности России по освоению и эксплуатации арктических ресурсных районов. К сожалению, постоянно действующих транспортных артерий, которые соединяли бы районы Арктической зоны России по параллелям, нет, кроме СМП, реальной альтернативы которому в этих богатых ресурсами районах не имеется [4–8].

Слаборазвитость арктической инфраструктуры и ее экономики, малочисленные людские ресурсы, очень тяжелые климатические условия всегда являлись тормозом инвестиционного освоения и развития гигантских арктических пространств России, высокими рисками для приложения экономических интересов.

Изменение климата в Арктике может создать возможность превратить СМП в постоянно действующую национальную транспортную артерию, при помощи которой появится возможность не сезонного, а постоянного, круглогодичного транспортного обслуживания крупнейших центров добычи ископаемых и населения российского Крайнего Севера, а также полнокровной интеграции ресурсного потенциала Арктической зоны России в национальную и мировую экономику [3].

Перспектива активизации промышленной деятельности на шельфе, создания прибрежной инфраструктуры, логистики, новых производств, обслуживающих центров, служб поиска и спасения, обеспечения комфортных условий для проживания и деятельности рабочей силы и т. п. неизбежно приведет к повышению роли и значения СМП как для экономики России, так и для ее мирохозяйственных связей [4].

Концепция развития судоходства по Северному морскому пути представляет собой систему взглядов, принципов и приоритетов в области обеспечения надежного функционирования национальной арктической морской транспортной системы в условиях расширения использования ресурсного потенциала Арктики

Долгосрочные задачи развития морской деятельности в Арктическом регионе на период до 2020 г. определяются Морской доктриной Российской Федерации и состоят в том числе в следующем:

— исследование и освоение Арктики с ориентацией на развитие экспортных отраслей хозяйства;

— обеспечение национальных интересов Российской Федерации в отношении Северного морского пути, централизованное государственное управление этой транспортной системой, ледокольное обслуживание и предоставление равного доступа заинтересованным перевозчикам, в том числе иностранным;

— сохранение мирового лидерства в строительстве и эксплуатации атомных ледоколов;

— обновление и безопасная эксплуатация атомного ледокольного флота;

— государственное финансирование затрат на содержание, строительство и эксплуатацию ледоколов и транспортных судов ледового класса, в первую очередь с атомными энергетическими установками, создание специализированной системы базирования;

— консолидация усилий и ресурсов федерального центра и субъектов Российской Федерации для развития арктического судоходства, морских и речных устьевых портов и осуществления «Северного завоза», а также информационных систем, обеспечивающих указанную деятельность.

В то же время Арктика — важнейший стратегический регион, являющийся зоной интересов не только арктических государств — России, США, Канады, Дании, Норвегии, но и Европейского Союза и других стран с развитой экономикой, таких как Китай и Япония. Прежде всего эти страны привлекают перспективы освоения нефтегазового потенциала арктического континентального шельфа, а также возможность сокращения маршрутов трансконтинентальных перевозок.

Через Арктику проходят кратчайшие морские пути между рынками Северо-Западной Европы и Тихоокеанского региона. Так, при использовании эталонного маршрута Роттердам—Иокогама расстояние по южному маршруту через Суэцкий канал составляет 11 205 морских миль. При использовании Северного морского пути расстояние по этому маршруту сокращается на 3860 морских миль, или на 34 %.

Прогнозируемые последствия глобального потепления климата и активизация пиратских нападений на суда, следующих южными маршрутами, повышают интерес судовладельцев к арктическим трассам.

Дальнейшее освоение Арктики невозможно представить без развития транспортной инфраструктуры, и в первую очередь Северного морского пути.

Правовой статус Северного морского пути как национальной единой транспортной коммуникации Российской Федерации в Арктике определен Федеральным законом «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации».

В условиях интенсификации перевозок опасных грузов наибольшую актуальность приобретают вопросы обеспечения безопасности мореплавания на трассах Северного морского пути, связанные прежде всего с улучшением ледокольного, навигационно-гидрографического и аварийно-спасательного обеспечения.

Главные геополитические приоритеты социально-экономического развития арктических территорий Российской Федерации и предпосылки для этого, несомненно, состоят в приоритетном развитии восстановления и развития инфраструктуры Северного морского пути, которая претерпела значительный урон при развале СССР. Так, развитие современной высокоэффективной и конкурентоспособной системы судоходства в Арктике невозможно без совершенной организации навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) мореплавания на трассах Северного морского пути.

Для решения этой задачи необходимо решить вопросы восстановления комплексного НГО на трассах Северного морского пути и перейти к этапу развития НГО с целью приведения его в соответствие с международными требованиями в рамках выполнения международных обязательств Российской Федерации.

При разработке предложений по внедрению новых, совершенствованию и реконструкции действующих средств навигационного оборудования для обеспечения безопасного плавания судов на трассах СМП использованы предложения судоходных компаний и отдельных судоводителей, рекомендации межведомственных совещаний, а также предложения структурных подразделений ФГУП «Гидрографическое предприятие» (гидрографических баз) по развитию СНО и обеспечению их нормального функционирования в закрепленных районах.

Первоочередные мероприятия предусматривают проведение работ по следующим направлениям:

— расширение сети радиолокационных маяков-ответчиков (РМО) с питанием от экологически чистых энергетических установок (солнечные панели, ветрогенераторы);

— замена плавучих предостерегательных знаков (ППЗ) в связи с износом или утратой на новые;

— замена (в связи с износом) пассивных радиолокационных отражателей (РЛП) на береговых объектах и на ППЗ;

— капитальный ремонт и реконструкция действующих навигационных знаков, замена светотехнической аппаратуры на новые образцы, работающие по энергосберегающей технологии (светодиодная техника), и экологические чистые источники энергии;

— поддержание находящихся в эксплуатации штатных СНО.

Предложения включают в себя определяющие направления деятельности, которые должны обеспечить безопасность мореплавания на трассах Северного морского пути, потребности в навигационном обеспечении морского и речного флота, кораблей ВМФ и Пограничной службы, организаций различной формы собственности, осуществляющих деятельность в Арктике.

Арктика — особый регион Российской Федерации с точки зрения экономики. По данным Центра стратегических разработок (аналитический центр при Правительстве Российской Федерации), в Арктике производится продукция, обеспечивающая получение около 11 % национального дохода страны (при доле населения, равной 1 %) и составляющая 22 % объема общероссийского экспорта. Здесь концентрируются интересы крупнейших российских компаний, ставших в последние годы транснациональными — ОАО «ГМК Норильский никель», Газпром, ЛУКОЙЛ, «Роснефть» и др.

В этом регионе сосредоточены основные запасы важнейших полезных ископаемых, которые являются определяющими для развития экономики России, освоение которых напрямую связано с уровнем развития Северного морского пути как объекта арктической транспортной инфраструктуры.

В ближайшее время в условиях исчерпания запасов традиционных бассейнов нефти и газа возрастет потребность в точной оценке запасов углеводородов морей восточно-арктического шельфа — наименее изученных в России и в мире.

Развитие ледокольного флота, в первую очередь атомного, придаст импульс началу дорогостоящих, но стратегически необходимых работ по точной оценке и освоению запасов углеводородов шельфа восточно-арктических морей.

Ряд нефтяных и газовых месторождений, расположенных вблизи побережья арктических морей, также станет более привлекательным для инвесторов при условии развития ледокольного флота и соответствующей инфраструктуры. Это в первую очередь касается газовых месторождений Ямала, Байдарацкой губы, эстуариев Оби, Енисея, Таза.

Развитие морских маршрутов транспортировки углеводородов в виде сжиженного газа позволит избежать значительных затрат на расширение пропускной способности трубопроводов на всем протяжении от Ямала через европейскую часть России и снизит зависимость России от тарифной политики транзитных стран.

В более отдаленной перспективе при наличии мощного ледокольного флота может оказаться эффективным транспортировка сырья абсолютно в любом направлении, в том числе в страны Западного полушария.

В акватории Баренцева моря к настоящему времени открыто более 10 месторождений нефти и газа, из них одно уникальное (Штокмановское), семь крупных (Ледовое, Лудловское, Мурманское, Долгинское, Приразломное, Медынское-море и Северо-Гуляевское), два средних (Поморское и Северо-Кильдинское) и одно мелкое (Варандей-море). Среди перечисленных скоплений залежей — четыре газовых, два газоконденсатных, четыре нефтяных и одно газонефтяное.

На шельфе Карского моря открыты два газоконденсатных месторождения — Русановское и Ленинградское. Кроме того, ОАО «Газпром» разведало ряд газовых месторождений в Обской и Тазовской губах.

На базе открытых месторождений в ближайшие годы должно начаться формирование новых нефтегазодобывающих центров. К 2020 г. только Баренцевом море добыча должна быть доведена до 20 млн т нефти и 100 млрд м³ газа в год.

Важно отметить, что Россия заинтересована в активном использовании транзитных возможностей страны в области воздушного, автомобильного, железнодорожного и морского транспорта зарубежными странами и компаниями. Именно поэтому использование СМП для международного судоходства, в том числе для осуществления экспортно-импортных поставок России, будет в полной мере отвечать как национальным интересам России, так и интересам развития мировых торгово-экономических связей.

По оценкам специалистов, на дне Северного Ледовитого океана (СЛО) располагается около 25 % мировых запасов нефти и газа, а также богатые залежи алмазов, золота, платины, олова, марганца, никеля и свинца. Запасы арктической нефти, по данным ООН, превышают 100 млрд т, это в 2,4 раза больше всех ресурсов России. Следует также отметить, что, по прогнозам специалистов, уже к 2040 г. из-за глобального потепления значительная часть СЛО будет свободна ото льда, что существенно облегчит добычу природных богатств со дна и удешевит перевозки.

Активное хозяйственное освоение Арктики в наши дни обострило территориальные и другие претензии в Арктическом регионе, который является местом соприкосновения интересов Европы, Азии и Америки. С открытием и освоением крупных месторождений полезных ископаемых в Арктике возросли инвестиционные и коммерческие интересы к ней.

В 1970–1980-х гг. Норвегия, США, Канада и Дания приступили к реализации широкомасштабных программ исследования природных ресурсов Арктики. Большие проекты были осуществлены в СССР, а вслед за открытием крупного нефтегазоносного бассейна на севере Аляски был сооружен «Трансаляскинский нефтепровод». Не менее масштабным было и индустриальное вторжение в советское Заполярье.

Помимо этого, известно секторальное деление региона Арктики между заинтересованными государствами. Российский сектор Арктики охватывает площадь около 9,46 млн км², из которых 6,8 млн км² приходится на водное пространство (это составляет 45 % общей площади СЛО). В пределах сектора континентальный шельф России составляет 6,19 млн км², или 41 % площади всей водной акватории Арктики [2; 5].

Анализируя ситуацию, связанную с использованием шельфов и исключительных экономических зон, необходимо указать на возможность использования континентального шельфа как естественного продолжения материка, составляющего территорию прибрежного государства. То обстоятельство, что большая часть дна СЛО от евразийского побережья до Северного полюса является продолжением Сибирской континентальной платформы и, следовательно, естественным продолжением государственной территории РФ, дает России право на распространение своих исключительных суверенных прав на ресурсы континентального шельфа в пределах арктического сектора. Оформление прав России позволит на законном основании установить внешнюю границу континентального шельфа за пределами 200-мильной экономической зоны и таким образом прирастить «хозяйственную территорию» еще на 1,5 млн км² с прогнозируемыми запасами 15–20 млрд т условного топлива.

Однако в ходе исследования запасов полезных ископаемых Арктики данный регион стал спорным, территориальные претензии на который выдвигают Канада, Норвегия, Россия, Дания и США. Решение проблемы Арктики может произойти только в пределах международного права, идеальным было бы заключить универсальный международный договор, как это сделано по Антарктике [4].

С точки зрения общих интересов России и других арктических стран перспективными являются следующие направления сотрудничества:

1) транзитные перевозки грузов по СМП между портами стран Европы и Тихоокеанского бассейна;

2) разработка морских углеводородных ресурсов в районе разграничения морских пространств между Россией и Норвегией. Этот район арктического шельфа является очень перспективным на наличие таких ресурсов. Политическое решение вопроса о разграничении шельфа между двумя странами ищется путем переговоров в течение многих лет, но пока не найдено. При-

мером такого решения могут служить меры по регулированию рыболовства в смежном участке Баренцева моря, принятые нашими странами много лет назад.

Государства, международные организации и частные компании, заявляющие о своей озабоченности делами Арктики и желании участвовать в решении ее проблем, могут на практике делать это только в сотрудничестве с арктическими государствами, прежде всего прибрежными, при обязательном признании их юрисдикции в Арктике. Учитывая долю арктических пространств, на которые распространяется российская юрисдикция, успешное решение современных проблем Арктики немыслимо без участия Российской Федерации. Государства, искренне стремящиеся поставить ресурсы и возможности современной Арктики на службу всему человечеству, не могут не сделать выбор в пользу сотрудничества в решении этих проблем с Россией.

Список литературы

1. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу: утв. Президентом Рос. Федерации 18 сентября 2008 г. № Пр-1969.
2. Международное морское право: учеб. пособие / С. А. Гуреев, И. В. Зенкин, Г. Г. Иванов; отв. ред. С. А. Гуреев. — 2-е изд. — М.: Норма: ИНФРА-М, 2011. — 432 с.
3. Проблемы Северного морского пути / Совет по изучению производит. сил РАН; ЦНИИМФ. — М.: Наука, 2006. — 581 с.
4. Боякова С. И. Северный морской путь: исторический опыт, современное состояние и проблемы / С. И. Боякова // Современная Арктика: опыт изучения и проблемы. — Якутск, 2005.
5. Международное право / под ред. А. Н. Вылегжанина. — М.: Юрайт: Высш. образование, 2009. — 188 с.
6. Павловский И. В. Политика национальных интересов России: вектор развития современной России / И. В. Павловский. — М., 2008. — 446 с.
7. Синцов А. Г. Север в системе геополитических координат современной России: моног. / А. Г. Синцов. — М.: Городец, 2004. — 207 с.
8. Стратегия развития России и национальная морская политика в Арктике: Арктика–2010: III Всерос. морская науч.-практ. конф., Мурманск, 14–15 сентября 2010 г. — Мурманск: Мурманский гос. техн. ун-т, 2010. — 136 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Л. Н. Галанкин, доктор медицинских наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
galankinln@yandex.ru

В. В. Буров, академик РАЕН, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

А. Н. Маринич, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
amarinich@mail.ru

А. В. Припотнюк, заведующий лабораторией кафедры РНПиС
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Ю. М. Устинов, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

С. В. Ермаков, аспирант
Научный руководитель: В. А. Бондарев, декан судоводительского факультета БГАРФ, про-
фессор кафедры судовождения, доктор технических наук
«Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота» ФБГОУ ВПО «Кали-
нинградский государственный технический университет»
esv.klgd@mail.ru

В. С. Наумов, доктор технических наук, профессор
ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

И. Б. Кочнева, кандидат технических наук, доцент
ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»
iringre@mail.ru

В. И. Дорошенко, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Э. Л. Солнце, старший преподаватель
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

В. И. Дмитриев, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
vlidmi@mail.ru

О. В. Соляков, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
Solyakov1@yandex.ru

Н. В. Турецкий, третий помощник капитана
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
n.turetsky@mail.ru

С. С. Мойсеенко, доктор педагогических наук, кандидат технических наук
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
moiseenkoss@rambler.ru

В. П. Скрыпник, кандидат педагогических наук, доцент
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
skrypnik@duma.kaliningrad.org

О. Г. Фаустова, аспирант
Научный руководитель: С. С. Мойсеенко
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
faustovaoksana@yandex.ru

А. А. Чертков, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Д. С. Тормашев, кандидат технических наук, старший преподаватель
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского флота имени адмирала Ф. Ф. Уша-
кова»

С. В. Сабуров, аспирант
Научный руководитель: В. В. Сахаров, заведующий кафедрой, профессор, доктор техниче-
ских наук
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Н. М. Вихров, доктор технических наук, заведующий кафедрой, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kafshiprepair@spbuwc.ru

В. А. Голицын, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

М. Л. Кузьмицкий, доктор технических наук, старший научный сотрудник
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kuzmitskiymfspb@yandex.ru

Н. М. Ксенофонов, инженер-исследователь
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
ksen_nm@mail.ru

И. Н. Базавлук, конструктор первой категории
ОАО Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин» (ОАО ЦКБ МТ «Рубин»)
iru_256@mail.ru

А. В. Малько, аспирант
Институт проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины

С. О. Барышников, доктор технических наук, профессор, ректор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
rector@gumrf.ru

М. В. Сухотерин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, член-
корреспондент РАН
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kaf_tm@gumrf.ru

Д. А. Аксенов, аспирант
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Б. Д. Кукаленко, доктор технических наук, профессор,
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

С. Г. Чулкин, доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
sergej.chulkin@yandex.ru

А. М. Гапеев, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kaf_gsk@gumrf.ru

А. В. Подрешетникова, аспирант
Научный руководитель: А. М. Гапеев, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
alissa.8@mail.ru

И. М. Бойков, аспирант

ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

А. В. Коптев, кандидат физико-математических наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

В. А. Бобыр, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой

Одесская национальная морская академия (ОНМА)

v.a.bobyr@bigmir.net

Т. В. Головань, аспирант

Научный руководитель: Т. Н. Тимченко, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

golovan@parusmb.ru

Е. Ю. Грасс, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

grasss@list.ru

С. Г. Черный, кандидат технических наук, доцент

Керченский государственный морской технологический университет (КГМТУ)

sergiiblack@gmail.com

К. Ю. Арбузов, аспирант, логист

Научный руководитель: Е. А. Королева, кандидат экономических наук, профессор

ООО «Настоящая Экспедиторская Компания»

kirill.arbuzov@mail.ru

Т. А. Пангина, доктор экономических наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала

С. О. Макарова»

М. Н. Савельева, кандидат философских наук

ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала

С. О. Макарова»

Д. С. Мизгирев, кандидат технических наук, доцент

ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

kaftkm@vgavt-nn.ru

А. С. Курников, доктор технических наук, профессор

ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

kaftkm@vgavt-nn.ru

О. Л. Почкалов, аспирант

Научный руководитель: А. С. Курников, доктор технических наук, профессор

ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

kaftkm@vgavt-nn.ru

В. Н. Жмур, старший преподаватель, капитан дальнего плавания.
Херсонская Государственная Морская Академия (ХГМА)
zhmur.post@inbox.ru

В. Е. Леонов, доктор технических наук, профессор
Херсонская Государственная Морская Академия (ХГМА)
leonov_v_e@i.ua

С. С. Соколов, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
172.sssokolov@mail.ru

Е. Н. Ключева, кандидат юридических наук, доцент
Киевская государственная юридическая академия водного транспорта им. гетмана Петра
Конашевича-Сагайдачного

Я. Е. Бразовская, старший преподаватель
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
bye2004@mail.ru

О. Д. Антонова, инженер
Санкт-Петербургский государственный университет, факультет географии и геоэкологии
(Институт наук о Земле)
olya_antonova_11@mail.ru

Г. В. Лебедев, научный сотрудник, магистр географии
ЗАО Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт мор-
ского флота («ЦНИИМФ»)
tts@cniimf.ru

Г. Е. Румянцев, кандидат технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Научное периодическое издание

**Вестник Государственного университета морского
и речного флота имени адмирала С. О. Макарова**

Выпуск 4 (26)

2014 год

Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*
Дизайнер *С. В. Курбатов*
Технический редактор *М. Н. Евсюткина*
Набор *О. Ю. Собянина*
Корректор *О. В. Миняева*

Подписано в печать с оригинал-макета 27.08.14. Формат 60x90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 26,75. Тираж 500 экз. Заказ № 66

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВПО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2