

ВЕСТНИК

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

Выпуск 2 (24)

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. Растрьгин, 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, 2013. — Вып. 2. — 172 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.



ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ!

**Редакционная коллегия
и редакционный совет журнала
«Вестник государственного университета
морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова» поздравляет
вас с великим праздником — Днем Победы!
Этот день — символ гордости тех, кто отстоял
свободу и независимость нашей страны,
символ решимости и воли русского народа.
В этот светлый день от всей души желаем вам
крепкого здоровья на долгие годы,
благополучия и мирного неба над головой!**



9 мая

С ДНЕМ ПОБЕДЫ!

**17 апреля 2014 г. в Государственном университете
морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова прошел
Четвертый научно-практический семинар (НПС-4)
по проблемам автоматизации процессов обеспечения
безопасности службы экипажа корабля, судна**



Семинар был организован при непосредственном участии Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, некоммерческого партнерства «Институт автоматизации процессов борьбы за живучесть корабля, судна», Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»», ЗАО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота», Института проблем управления Российской академии наук им. В. А. Трапезникова.

В работе семинара приняли участие более 40 ученых и специалистов из 12 организаций отрасли, Главного командования ВМФ РФ, 4 высших учебных заведений, промышленных предприятий и общественных объединений трех городов России.

В ходе НПС-4 были заслушаны и обсуждены доклады по практике формирования и реализации требований руководящих документов по ОБСЭ КС в типовых и нештатных условиях их эксплуатации, эволюции современных требований к системам автоматизации процессов (АП) ОБСЭ КС; проведены учебно-методические демонстрации современных информационных технологий применения методов и программных комплексов автоматизированного обеспечения безопасности службы экипажа корабля, судна (ОБСЭ КС); проанализированы системы информационной поддержки ОБСЭ КС, включая технологии автоматизированного сетевого планирования и управления ОБСЭ подводных лодок и надводных кораблей.

Впервые в рамках цикла НПС по лучшим практикам АП борьбы за живучесть корабля, судна (БЖКС) была практически отработана технология ранговой партнерской сертификации семи заявленных ведущими организациями отрасли технологических решений (ТР) в классе средств и систем информационной поддержки (СИП) решений судоводителя по управлению безопасностью эксплуатации (БЭ), локализации аварийных ситуаций и аварий (ЛА), БЖКС. В том числе заявленные предложения были обстоятельно рассмотрены и квалитетрически оценены членами специально созданного Экспертного совета с использованием двух специально разработанных и зарегистрированных в Федеральной службе по интеллектуальной собственности программных комплексов «МКО» и «КРОПУР».

Открытое заседание Экспертного совета с просмотром авторских презентаций заявленных ТР и их открытым ранговым оцениванием участниками семинара позволило выявить три конкурентоспособных, включая:

1) ТР-175 «Технология и программные комплексы задач информационной поддержки управления техническими средствами при нормальной эксплуатации и борьбе за живучесть корабля (ТПК ИП ТС БЖК)». Заявитель — ОАО «Концерн «НПО «Аврора»».

2) ТР-171 «Технология и программный комплекс Интегрированной системы поддержки принятия решений судоводителя (ТПК ИСППР)». Заявители — СПбГМТУ и ОАО «Концерн «НПО «Аврора»».

3) ТР-176 «Проектирование СИПР для морских подвижных объектов на основе методов теории интеллектуального управления, агентных технологий и полномасштабного имитационного моделирования». Заявитель — ИПУ РАН им. академика В. А. Трапезникова.

По завершению оформления материалов рассмотрения заявленных ТР принято решение выдать заявителям и авторам соответствующие сертификаты качества Системы ранговой партнерской сертификации с указанием достигнутых значений уровня качества по отношению к национальному и международному уровням технологического развития, подписанные ректором ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова профессором С. О. Барышниковым.

По решению семинара было рекомендовано провести следующий семинар на тему «Лучшие практики АП эффективного управления системой БЖ КС».

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ 9

- Галанкин Л. Н., Буров В. В.* Инновационное развитие медицинского обеспечения на морском судне 9
- Фирсов Ю. Г., Кожухов И. В.* Новые методы пространственной визуализации результатов инженерной батиметрической съемки 17
- Труднев С. Ю.* Разработка и исследование модели устройства активной защиты генераторного агрегата от кратковременных перегрузок 23

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА 31

- Иванченко А. А., Макуров В. А., Щенников И. А.* Выбор математической модели для описания характеристики выгорания топлива при доводке судового дизеля с аккумуляторной топливной системой 31
- Кузнецов С. Е., Башкирев О. О.* Надежность электроснабжения в различных режимах работы судна “Prins deer Nederlanden” с высоковольтной электроэнергетической системой 37

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ 44

- Сухотерин М. В., Потехина Е. В., Анненков Л. В.* Определение спектра критических нагрузок и форм равновесия сжатых панелей обшивки корпуса судна 44
- Андреанов Е. Н., Иванов А. Н.* Актуальные вопросы проектирования и расчета механизмов подъема порталных кранов 52
- Безпальчук С. Н., Васильев К. А., Наумова А. К.* Использование полимерных композиционных материалов в технологии изготовления трубопроводов системы судовой вентиляции 60
- Белецкий Е. Н., Петров В. М., Безпальчук С. Н.* Учет физико-механических характеристик композиционных углепластиков, влияющих на процессы разрушения при реализации технологического процесса механической обработки и экстремальных условиях эксплуатации 66

МОРСКИЕ И ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ 74

- Гарибин П. А., Субботин М. В.* Сквозное волнозащитное сооружение с камерой гашения 74
- Колосов М. А., Моргунов К. П., Головков С. А.* Диагностика состояния камеры шлюза по степени гашения напора на верхней голове 83

ЛОГИСТИКА И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	87
<i>Галин А. В.</i> Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития	87
<i>Селиверстов С. А.</i> Методы и алгоритмы интеллектуального анализа процесса организации транспортной системы	92
<i>Маликова Т. Е., Москаленко М. А.</i> Повышение эффективности морской перевозки труб большого диаметра на палубе судна	100
<i>Абулатинов М. А., Карташов М. В.</i> Формирование территориально-транспортного кластера в Волго-Каспийском приграничном макрорегионе	105
<i>Басов Е. А.</i> Методика формирования тарифов на хранение грузов на терминале	115
ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	122
<i>Лаврентьева Е. А., Алексеева Е. Г.</i> Анализ сущности организационно- экономического механизма управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства	122
<i>Морозов А. Н.</i> Инновационные методы управления туристскими пассажиропотоками на внутренних водных путях на основе применения информационных технологий	131
ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	142
<i>Лукина Е. А., Чебан Е. Ю., Этин В. Л.</i> Влияние экологических особенностей различных участков внутренних водных путей на время локализации нефтяных пятен при разливах нефти с судов и объектов внутреннего водного транспорта	142
<i>Филиппова Д. А.</i> Баланс сточных вод при перегрузке песка гидромеханизированным способом	151
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	156
<i>Головченко Б. С., Гриняк В. М.</i> Информационная система сбора данных о движении судов на морской акватории	156
<i>Матвеев А. А.</i> Программное обеспечение и этапы внедрения организационно-технических комплексов проектирования судов	162

CONTENST

NAVIGATION AND SAFETY ON WATER TRANSPORT	9
<i>Galankin L. N., Burov V. V.</i> The new technical and organizational approach in medical support on a ship	9
<i>Firsov U. G., Kozhukhov I. V.</i> The new three dimensional visualization techniques for bathymetric engineering survey	17
<i>Trudnev S. U.</i> Development and research of model of the device of protection of the generating unit from short-term overloads	23
SHIP POWER PLANTS, SYSTEMS AND EQUIPMENT	31
<i>Ivanchenko A. A., Makurov V. A., Schennikov I. A.</i> Selecting a mathematical model for describing characteristics of the fuel burnup at operational development marine diesel engine with common rail system	31
<i>Kuznetsov S. E., Bashkirev O. O.</i> Reliability of electric power supply in different operation modes of the vessel "Prins der Nederlanden" with high-voltage electric power installation	37
SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR	44
<i>Suhoterin M. V., Potekhina E. V., Annenkov L. V.</i> Determination of the spectrum of critical loads and forms balance compressed cladding panels hull	44
<i>Andrianov E. N., Ivanov A. N.</i> Current issues of design and calculation of lifting cranes	52
<i>Bespalchuk S. N., Vasilyev K. A., Naumov A. K.</i> The use of polymer composite materials for fabrication of piping systems of ship ventilation	60
<i>Beletsky E. N., Petrov V. M., Bespalchuk S. N.</i> The physical-mechanical characteristics of composite plastics influence on the processes of destruction at realization of technological process of machining and extreme conditions	66
MARINE AND INLAND WATERWAYS, PORTS AND WATERWORKS	74
<i>Garibin P. A., Subbotin M. V.</i> Through the breakwater structure with damping	74
<i>Kolosoov M. A., Morgunov K. P., Golovkov S. A.</i> Diagnosis of lock chamber degree of suppression head to upstream end of a lock	83
LOGISTICS AND TRANSPORT TECHNOLOGIES	87
<i>Galin A. V.</i> Dry ports as part of inland transport system. Directions of development	87
<i>Seliverstov S. A.</i> Methods and algorithms for mining the process of organizing the transport system	92
<i>Malikova T. E., Moskalenko M. A.</i> Increasing the efficiency of deck large diameter tubes carriage by sea transport	100
<i>Abulatipov M. A., Kartashov M. V.</i> Formation of territorial-transport cluster in the Volga-Caspian border macroregion	105
<i>Basov E. A.</i> The method of tariff calculation for the storage operations	115

ECONOMICS, ORGANIZATION, MANAGEMENT, LANNING AND FORECASTING IN WATER TRANSPORT	122
<i>Lavrenteva E. A., Alekseeva E. G.</i> Analysis of the essence of business and economic control device of the navigational and hydrographic support for shipping	122
<i>Morozov A. N.</i> Innovative management methods for tourist passenger traffic of internal waterways through the use of information technology	131
ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION	142
<i>Lukina E. A., Cheban E. U., Etin V. L.</i> The impact of environmental characteristics of different parts of inland waterways at the time of localization of oil spills from vessels and objects of the internal water transport	142
<i>Filippova D. A.</i> Balance scheme in sand cargo hydrotransport handling	151
INFORMATION TECHNOLOGY	156
<i>Golovchenko B. C., Grinak V. M.</i> Information system for vessels traffic data capture	156
<i>Matveev A. A.</i> Software and introduction stages of organizational-technical complexes of ships projection	162

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 61:656.61

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

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

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА МОРСКОМ СУДНЕ

THE NEW TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL APPROACH IN MEDICAL SUPPORT ON A SHIP

Создана теоретическая модель комплекса новых технических мер и мер по организации профессионального образования для ускоренного внедрения морской телемедицины и создания бакалавриата по морской медицине. Этот комплекс обеспечит морякам во время морского рейса квалифицированную врачебную помощь на судне, что решит важнейшую проблему отсутствия врачебной помощи плавсоставу, не имеющему в экипаже врача.

A theoretical model of a complex of new technical measures as well as the measures for organization of vocational education was created for the accelerated implementation of the marine telemedicine and creation of a bachelor degree on Maritime medicine. This complex will provide a qualified medical aid on the ship during the sea voyage, which will solve the crucial problem of the lack of medical assistance for the crew that does not have a doctor.

Ключевые слова: морская медицина, бакалавр, телемедицина.
Key words: marine medicine, bachelor, telemedicine.



УСКОРЯЮЩЕЕСЯ совершенствование технического оборудования морских судов позволяет делать их все более энергонасыщенными и способными во время морского рейса автономно решать все более сложные задачи все меньшим числом экипажа. Самое значительное уменьшение численности экипажа, связанное не с конструкцией судна, а с его технической насыщенностью, произошло в XX столетии.

Уменьшение численности экипажа 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 обычного, берегового здравоохранения. По данным причинам и по ряду иных обстоятельств возникают вопросы или о совмещении судовым врачом во время рейса другой морской специальности, чтобы таким образом довести до некоторой нормы интенсивность рабочей нагрузки у врача, или об отказе в подготовке врача для каждого судна. Таким образом, на основании ст. 8 Конвенции МОТ № 164 [1], вступившей в силу в 1991 г., в настоящее время на коммерческих судах стало возможным исключение врача из штата экипажа с численностью до 100 человек. Роль медика на таких судах вменена морскому офицеру, прошедшему кратковременные курсы по медицине. Это привело к непростой ситуации — отсутствию квалифицированной врачебной помощи на судне.

Отсутствие во время морского рейса квалифицированной медицинской помощи на судне закономерно повлекло двукратное ужесточение требований береговых комиссий медицинского

освидетельствования плавсостава (КМОП) к состоянию здоровья моряков. Так, согласно манильскому 2010 г. пересмотру ПДНВ–78/95 [2] в настоящее время не допускаются до работы в море моряки, состояние полного здоровья которых не может быть гарантировано береговой медицинской службой в течение 2 лет, в отличие от 1 года, как было ранее. Теперь морская медицина, вместо развиваемого в здравоохранении принципа по максимальному сохранению долголетия профессиональной деятельности работника за счет приближения все более квалифицированного врачебного лечения и диагностики к месту его работы, вынуждена ужесточать медицинские ограничения на профессиональную карьеру моряка. Это нередко нарушает социальные права и социальное положение моряка, отрицательно влияет на моральное и материальное состояние моряка и его семьи.

Наш многолетний опыт в морской медицине показывает, что, несмотря на усилия береговых медицинских учреждений по лечению и диагностике, а также на ужесточение требований КМОП к здоровью плавсостава, современная медицина не может или не всегда может предотвратить возникновение во время морского рейса многочисленной категории заболеваний или травм, возникающих по случайным, внезапным или непрогнозируемым причинам, при которых, по современным стандартам медицинской помощи, с первых часов требуются неотложные лечебно-диагностические манипуляции квалифицированного врача. Это обстоятельство становится все более очевидным не только для врачей морской медицины, но и для моряков. Злободневности вопроса способствует и то обстоятельство, что все морские офицеры проходят обязательное дипломирование по квалификационным требованиям к медицинским знаниям и навыкам, предусмотренным ПДНВ–78/95, уровень которых развивается вместе с манильским пересмотром ПДНВ–78/95 в 2010 г. Поэтому многие моряки из собственного опыта парамедика задают вопрос о необходимости совершенствования медицинского обеспечения экипажа в морском рейсе. Чаще всего предлагается значительно увеличить количество часов, уделяемых на медицинскую подготовку моряка, чтобы довести уровень медицинских знаний и умений у морского офицера до уровня таковых знаний и навыков у профессионального медика, например фельдшера.

Все вышеперечисленное делает актуальным поиск направления в совершенствовании морской медицины, что могло бы стать основой для предоставления морякам во время морского рейса квалифицированной врачебной помощи.

Целью работы является формулировка, анализ и дедуктивная проверка гипотезы о том, что коренным направлением для совершенствования безопасности на водном транспорте в области медицинского обслуживания моряков в морских рейсах может быть комплекс технических и технологических мер по ускоренному внедрению морской телемедицины и бакалавриата морской медицины, имеющий ресурс для развития теории и практики на длительное время, пока будет возможность совершенствовать его технику и технологию.

Задачами работы является исследование:

- возможностей лечебно-диагностической телемедицины;
- возможностей эксплуатации телемедицинских приборов на судне;
- возможности замены врача, обслуживающего телемедицинские приборы, на другого специалиста;
- теоретической модели новой морской медицинской специальности — бакалавра морской медицины;
- возможности подготовки для обслуживания телемедицинских приборов бакалавра морской медицины;
- морских специальностей, углубленное совершенствование которых в области медицинских знаний наиболее органично соответствовало бы и их совершенствованию в основных профессиональных знаниях и навыках.

Объектом исследования явилось оказание во время морского рейса квалифицированной врачебной помощи экипажам морских судов, не имеющих в штате врача.

Предметом исследования явилось изучение целостного единства технических возможностей телемедицины и технологических возможностей ее эксплуатации бакалавром морской ме-

дицины на судне как комплекса по обеспечению в морском рейсе квалифицированной врачебной помощью экипажей судов, не имеющих штатного врача.

В основу исследования легли следующие методы:

- аналогии, для создания идеальной модели по оказанию квалифицированной медицинской помощи на судне, находящемся в морском рейсе без врача;
- сравнения подготовки судового врача и бакалавра морской медицины;
- моделирования новой морской медицинской специальности — бакалавра морской медицины;
- анализа готовности существующих судовых профессий для внедрения в морскую медицину современных технических способов телемедицины и технологии бакалавра морской медицины;
- дедуктивных выводов из гипотезы о новом качестве медицинской помощи на судне, если будет реализован комплекс единства судовой телемедицины и бакалавриата морской медицины.

Возможности лечебно-диагностической телемедицины.

В настоящее время происходит компьютеризация медицинских манипуляторов, лечебно-диагностических приборов и внедрение новых возможностей по графической и аналитической обработке в реальном времени информации, получаемой с их помощью. Существуют высокоточные электромеханические устройства, которые могут управляться компьютерной программой, так называемые медицинские роботы. Так, известно, что в 1994 г. была выпущена система AESOP (Automated Endoscopic System for Optimum Positioning of the laparoscope — автоматизированная эндоскопическая система оптимального позиционирования лапароскопа) фирмы “Comuter Motion, Inc”. Следующая система AESOP 2000 (1996) была первым в мире хирургическим роботом. А в настоящее время хирургические роботы обладают необходимой степенью свободы движений, чтобы успешно проводить операции на расстоянии. Использование роботов в хирургии экономически становится выгодным, так как уже происходит снижение себестоимости операции при использовании роботов, а времени на обучение, например по управлению роботом для эндоскопических операций, затрачивается меньше, чем для освоения операции с помощью ручной эндоскопической камеры. Важно, что роботы могут производить движения практически с любой заданной точностью, продолжительность операции и освещенность операционного поля на точности их движений не сказываются, производится «масштабирование» объема движений хирурга в соответствии с выполняемой в данный момент задачей, устраняется естественный тремор рук, оперирующий хирург контролирует движения удаленных манипуляторов на мониторе [3].

С другой стороны, современное развитие систем связи позволило использовать подобных медицинских роботов на любом удалении от врача-специалиста, тем самым создав телемедицину. Одной из самых удачных на сегодняшний день телемедицинских роботизированных систем считается da Vinci Surgical System, позволяющая хирургу проводить эндоскопические операции на расстоянии. Системы медицинских роботов применяются в кардиохирургии, в хирургии пищеварительного тракта, колоноскопии, в гинекологии и др.

Таким образом, существует возможность для скорейшего внедрения указанной медицинской техники на морские суда, чтобы сделать доступной для моряка, находящегося в рейсе, квалифицированную врачебную помощь. Тем самым будет выполнен п. b ст. 4 Конвенции МОТ № 164, говорящий о том, что «каждый член МОТ обеспечивает принятие мер по охране здоровья и медицинскому обслуживанию моряков на борту судна, которые направлены на то, чтобы морякам обеспечивались охрана здоровья и медицинское обслуживание, сравнимые, по мере возможности, с теми, которые обычно предоставляются работодателем на берегу». Но внедрение узкоспециализированной аппаратуры без ее предварительной модификации является излишне затратным мероприятием.

Модификация и обслуживание телемедицинских приборов на судне.

На современных судах для облегчения труда, повышения степени его безопасности используются манипуляторы, совершенствуются универсальные системы манипуляторов и т. д. Конечно,

обеспечение процесса использования телемедицинских приборов на судне имеет свою специфику, так как процесс работы, как судовых манипуляторов, так и телемедицинских роботов, должна поддерживать инженерная служба. Несмотря на рост надежности манипуляторов, во время морского рейса все эти системы нуждаются в инженерном обслуживании, которое осуществляется морскими офицерами-электриками, морскими офицерами-механиками.

Экономические затраты на адаптацию телемедицинских приборов к судовым условиям могут быть уменьшены, если их создание проводить не как отдельную работу, а в совокупности с модернизацией судовых манипуляторов, поставив при этом дополнительную задачу по поиску возможностей применения судовых роботов в медицинских целях. Важным направлением по совершенствованию техники для медицинской помощи на судне, по нашему мнению, является использование готовых модулей как судовых систем манипуляторов, так и современной медицинской техники. Скорейшей разработке судовой телемедицины может способствовать, как правило, исполнение приборов и манипуляторов в портативном варианте.

Кроме того, одновременное развитие медицинских роботов вместе с судовыми манипуляторами может стать важным источником для внедрения новых решений в совершенствование технических судовых манипуляторов.

Наш опыт работы с медицинской техникой показывает, что для судовой медицины полезным было бы применение не столько роботов, специализирующихся на эндоскопических хирургических вмешательствах, сколько внедрение более универсальных и относительно простых медицинских хирургических и диагностических телемедицинских роботов. Например, в судовых условиях важно выполнить первичную хирургическую обработку ран, большинство которых требует внешнего, а не эндоскопического хирургического подхода.

Возможность замены врача, обслуживающего телемедицинские приборы, на другого специалиста.

В настоящее время работу с диагностическими приборами и некоторыми лечебными медицинскими приборами в первую очередь осуществляет врач функциональной диагностики. На должность врача функциональной диагностики назначается лицо, имеющее высшее медицинское образование и прошедшее подготовку по специальности «Функциональная диагностика» [4].

Для выпуска из института нового врача требуется 6 лет его 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.

Не сложно заметить, что бремя врачебных лечебно-диагностических функций можно с помощью телемедицинской аппаратуры возложить на берегового врача, а бремя технического и технологического обслуживания медицинских лечебно-диагностических роботов можно оставить за инженерным персоналом судна. Однако из-за отсутствия в штате судна врача обслуживание медицинских роботов на судне будет внедряться в медицинскую область. Прибор надо настраивать, устанавливать, перемещать во время манипуляций, которые будет совершать врач с пациентом. Образно эту деятельность можно представить как работу операционной медсестры. Таким образом, морской инженер, в отличие от инженера-техника на берегу, должен обладать навыками и знаниями в медицинской области, объем которых, по нашему мнению, поддается описанию.

Если допустить, что морские офицеры будут получать специальность судового инженера, участвующего в управлении телемедицинским роботом во время лечебно-диагностической работы врача, то в этом случае необходим соответствующий объем подготовки по медицине как по смежной специальности. Однако этот объем обучения в области медицины может быть существенно меньше, чем он предусмотрен в программах медицинского обязательного профессиональ-

ного образования, поскольку специальность морского офицера уже имеет двойное военное назначение; уровень медицинских знаний и навыков может не превышать уровень медсестры с высшим образованием; общекультурные дисциплины уже имеются в программах профессионального образования по морским специальностям. Но это не значит, что обучение такого инженера может ограничиться выдачей диплома о среднем специальном медицинском образовании, поскольку он имеет высшее специальное техническое образование, в том числе и по медицинским роботам. Следовательно, должна быть разработана специальная программа высшего профессионального образования.

Анализ специальностей, совершенствование которых в области медицинских знаний наиболее соответствовало бы совершенствованию их основных профессиональных знаний и навыков.

Анализ организации медицинского обеспечения моряков показывает, что объем выполнения рекомендаций Конвенции МОТ № 164 зависит от национальной организации медицинского обеспечения моряков. Нельзя забывать, что в первую очередь следует обратиться не к принципу снижению уровня медицинского обслуживания в море, например путем замены медика на парамедика, а к самым передовым техническим и научным достижениям, чтобы диагностические и хирургические процедуры осуществлялись на судне с помощью современных дистанционных медицинских приборов квалифицированным врачом.

В обозримом будущем невозможно будет обойтись без гарантирования квалифицированной медицинской помощи для членов любого экипажа. Поэтому на всех морских судах на время морского плавания более трех суток будет обеспечиваться автономное оказание квалифицированной медицинской помощи заболевшим или получившим повреждения членам экипажа.

В настоящее время оказывать медицинскую помощь на судне, не имеющем врача, как правило, поручают штурману. В то же время объем работы, например радиоинженера, претерпевает изменения. Вероятно, знания и навыки, требующиеся, например, для радиоинженера, судомеханика и электромеханика, можно расширить до объема, необходимого для работы с телемедицинскими роботами. Таким образом, для работы с телемедицинскими роботами на судне квалифицированный врач, в том числе врач функциональной диагностики, не потребуется. Но необходимой станет дополнительное профессиональное высшее образование по специальности бакалавра морской медицины из числа морских офицеров, чтобы обеспечить квалифицированному врачу дистанционную работу с больным с помощью телемедицинского робота.

Моделирование новой морской медицинской специальности — «бакалавр морской медицины».

Анализ потребностей судовой медицины в квалифицированной врачебной помощи в морских рейсах показывает следующее.

Опыт показал, что там, где капитаны на должность моряка берут в состав экипажа врача, члены экипажа не только чувствуют себя увереннее, но и, получая квалифицированную врачебную помощь, охотно и устойчиво работают в таком составе. Это позволяет улучшить подбор штаба, повышается производительность труда.

Проведенный нами опрос руководителей круизных компаний, капитанов показал, что морские офицеры, имеющие медицинскую специальность, например профессию врача, фельдшера, бакалавра медицины, будут иметь явное преимущество на рынке труда.

Уровень знаний судового медика во многом определяет потенциал для совершенствования и развития морской медицины. Переход к оказанию медицинской помощи на судах парамедиками во многом тормозит развитие морской медицины, так как уровень знаний и навыков парамедика возвращает процесс наблюдения, описания и анализа медицинских случаев на борту судна в архаичное состояние, затрудняет прогресс в оказании лечебно-диагностической помощи на судне, в том числе хирургической. Кроме того, могут возникать затруднения юридического характера со страховыми компаниями о правомерности медицинских манипуляций, если медицинское вмешательство, например хирургическое, проведено парамедиком, а не дипломированным медиком.

Решением, которое могло бы снять многие проблемы в сложившейся ситуации оказания медицинской помощи на коммерческих судах с экипажем до 100 человек, является замена как парамедика на судне, так и судового врача на бакалавра морской медицины.

Организационные возможности для создания новой специальности высшего профессионального образования созрели вместе с превращением в университет морской академии, статус которой ранее не позволял начать разработку программы по углубленной подготовке выпускников по морской медицине как смежного высшего профессионального образования. Научный и образовательный статус университета позволяет создать группу (факультет) бакалавриата морской медицины. В связи с этим появилась возможность при обучении будущих морских офицеров плавсостава (судоводителей, судомехаников, электриков, радиоинженеров) создать группу с углубленной профессиональной медицинской подготовкой и выдачей диплома бакалавра медицины по специальности 060500.62, квалификации (степени) бакалавр, вид профессиональной деятельности — лечебно-диагностическая, объект профессиональной деятельности — медицинская помощь на морских судах и лечебно-профилактических учреждениях.

Создание бакалавриата морской медицины открывает путь для высшего профессионального образования и для профессионального роста в этой области лицам, как правило, имеющим высокий балл ЕГЭ, высокие способности к обучению, склонным и к медицине, и к мореплаванию, но вынужденно пытающихся поступить лишь в один из профилей вузов, например в медицинский вуз, что создает в медицинских вузах избыточный конкурс для очень способных абитуриентов. При объективном освещении качеств новой профессии большое количество из лучших абитуриентов сможет выбрать факультет, где можно одновременно получить специальность морского офицера (с традиционно высокими зарплатами) и бакалавра морской медицины (удовлетворяющей широко распространенное среди молодых людей чувство эмпатии, сочувствия к страданиям другого человека, стремления непосредственно помогать страдающему). Высокие способности к обучению, которыми обладают абитуриенты с высоким баллом по ЕГЭ, позволят им успешно получить одновременно диплом офицера по морской специальности и диплома бакалавра морской медицины.

Расчет показывает, что при создании такой группы из 25 курсантов достаточно дополнительных менее 100 зачетных единиц с учетом каникул для одновременного, параллельного с морской специальностью, получения ими полноценной профессии бакалавра морской медицины.

Известно, что для устойчивого сохранения интереса к специальности важен постоянный рост профессиональных знаний. Кроме рутинной работы, специалист должен накапливать новые знания, участвовать в совершенствовании новых лечебно-диагностических способов. Как правило, это пропорционально связано с объемом личной лечебно-диагностической практики, дающей пищу для новых наблюдений и порождающей потребность в совершенствовании знаний, поскольку самое лучшее обучение — это обучение через действие¹. Важным способом совершенствования знаний и профессиональной практики бакалавра морской медицины, являющегося по основной специальности инженером, может явиться непрерывное совершенствование используемых медицинских роботов. Совмещение высоких технических знаний с их применением в медицинской практике, осуществляемое совместно с квалифицированным врачом через телемедицинскую технику, явится залогом непрерывного сохранения профессионального интереса, предупредит так называемое профессиональное выгорание.

С помощью бакалавриата морской медицины (из числа радиоинженеров, электро- и судомехаников, судоводителей) появятся новые возможности для решения важнейших проблем медицинского обеспечения в морском судоходстве, особенно остро стоящих на Северном морском пути. Также получит ускорение прогресс в научно-техническом и практическом совершенствовании морской медицины.

Минимально необходимой медицинской подготовкой являются знания по нормальной анатомии и физиологии человека, общей патологической анатомии и физиологии, по фармакологии,

¹ “*Usus efficacissimus rerum omnium magister*” — «Практика — лучший наставник во всех делах» (Плиний Старший. Естественная история. XXVI, 6). Цит. по [5].

пропедевтике внутренних болезней, инфекционных болезней, по общей хирургии и травматологии. Минимально необходимой инженерной подготовкой являются знания устройства и функционирования телемедицинской диагностической, лечебной и хирургической аппаратуры на борту судна и необходимые навыки манипулирования телемедицинскими роботами. Также необходимо приобретение знаний и навыки работы с пациентом как без медицинских роботов, так и с медицинскими роботами, управляемыми врачом-специалистом.

Наше знакомство с опытом организации медицинского факультета в Санкт-Петербургском государственном университете показало, что для начала можно набирать группу из 25 студентов. Группа из 25 курсантов позволит довести число ставок профессорско-преподавательского состава до 10 ставок и 2 ставок лаборантов. Опыт создания медицинского факультета и опыт нашей кафедры показали, что данное количество ставок позволит собрать коллектив из 20 докторов и кандидатов наук, создать Ученый совет по морской медицине в учебном университете, организовать связи с медицинскими базами и расширить научные исследования, например в области дистанционной морской медицины на базе технических кафедр нашего Университета.

Для модификации и создания новых медицинских манипуляторов, телемедицинских роботов предполагается взаимодействие инженерных кафедр, в первую очередь инженерных кафедр ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, с имеющимся на них оборудованием.

Дедуктивные выводы из гипотезы о новом качестве медицинской помощи на судне при реализации комплекса единства судовой телемедицины и бакалавриата морской медицины.

Если гипотеза о возможности создания комплекса технических и технологических мер по ускоренному внедрению морской телемедицины верна, то можно сделать дедуктивные выводы, подтверждение которых на практике может свидетельствовать о верности гипотезы.

Новая медицинская профессия (специальность 060500.62) бакалавра морской медицины будет востребована на рынке труда.

Эндоскопические телемедицинские роботы могут быть модифицированы для оказания не только эндоскопических, но и экзоскопических лечебно-диагностических манипуляций на судне во время морского рейса.

Комплекс телемедицинских роботов с бакалавром морской медицины позволит морякам получать доступ к квалифицированной врачебной помощи во время морского рейса.

Наличие квалифицированной врачебной помощи на судне во время морского рейса позволит продлить долголетие профессиональной деятельности моряка и полнее реализовать накопленный морской опыт.

Наличие квалифицированной врачебной помощи, оказываемой с помощью комплекса морской телемедицины и морского медицинского бакалавриата, значительно снизит расходы на изменение трассы судна или на затраты по использованию вертолета для доставки на судно врача или для отправки пострадавшего в госпиталь. Введением штатного врача, специализирующегося на дистанционной медицинской помощи на судах, может снизить расходы на оплату госпитализации в портовый госпиталь и сложную процедуру транспортировки пациента домой, поскольку судно не может ждать его выписки.

Эффективность комплекса телемедицинских роботов с морским медицинским бакалавриатом будет расти вместе с развитием техники и технологии, то есть может стать направлением в развитии не только морской медицины, но и других медицинских и инженерных дисциплин (бакалавр телемедицины; инженер морской телемедицины, экзоскопические медицинские роботы и др.).

Если морская медицина пока является единственным местом, где уже сейчас востребована телемедицина, то при снижении стоимости медицинских роботов телемедицина может быть внедрена и в другие отрасли. Если это окажется верно, то комплекс морской телемедицины и бакалавра морской медицины может претендовать на дотации для своего развития из других отраслей.

В мединститутах появится потребность готовить врачей телемедицины, оказывающих дистанционно квалифицированную врачебную помощь с помощью ассистирующего ему бакалавра морской медицины.

Понятие медицинской помощи на судне будет приведено в соответствие с Законом о первой медицинской помощи [6], который указывает, что первая помощь, оказанная не медиком, не может считаться медицинской.

По отношению к медицинским консультациям по радио, осуществляемым в настоящее время на морских судах, комплекс морской телемедицины и морского медицинского бакалавриата закономерно является более высоким этапом развития морской медицины.

Выводы.

1. Важным направлением совершенствования медицинской помощи на судне является адаптация современной медицинской техники, как правило, в ее портативном исполнении.
2. Судовые медицинские роботы должны быть телеуправляемыми.
3. Судовые медицинские роботы должны быть не только эндоскопическими, но и универсальными, пригодными для выполнения в первую очередь наружных лечебно-диагностических манипуляций.
4. Обслуживание и рабочая готовность медицинских роботов должны осуществляться судовым офицером-радиоинженером, электриком, судомехаником, судоводителем, которые параллельно с основной инженерной профессией получили смежную специальность бакалавра медицины.
5. Лечебно-диагностическую работу на телемедицинском роботе должен дистанционно осуществлять профессиональный врач совместно с ассистирующим ему бакалавром морской медицины, находящимся на борту судна.
6. Созрела необходимость для организации для курсантов морских инженерных профессий второго высшего профессионального образования по специальности 060500.62 «Бакалавр судовой медицины», получаемого одновременно с обучением по технической специальности морского офицера.
7. Научно-техническим ядром для создания комплекса бакалавриата морской медицины и модификации медицинских телеуправляемых роботов может быть ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова (кафедра морской медицины, факультет силовой энергетики) и ряд других институтов.

Список литературы

1. Конвенция «О здравоохранении и медицинском обслуживании моряков» № 164: принята на 74-й сессии Генеральной конференции Международной организации труда (МОТ), 8 октября 1987 г., Женева: пер. с англ.
2. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДМНВ-78) (с поправками, консолидированный текст): пер. с англ. — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. — 806 с.
3. Роботы в хирургии — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://surgeryzone.net/info/info-hirurgia/roboty-v-xirurgii.html>
4. Должностная инструкция врача функциональной диагностики — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.kaus-group.ru/knowledge/duty/material/358>
5. Бабичев Н. Т. Латинско-русский и русско-латинский словарь крылатых слов и выражений / Н. Т. Бабичев, Я. М. Боровской. — М.: Рус. яз., 1982 — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin_proverbs/2574/Usus
6. О первой помощи: Приказ Минздравсоцразвития РФ от 17 мая 2010 г. № 353н — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.lawinrussia.ru/kabinet-yurista/zakoni-i-normativnie-akti/2010-07-17/prikaz-minzdravsotsrazvitiya-rf-ot-17052010-n-353n-o-pervoy-pomoshchi.html>

УДК 528.422

Ю. Г. Фирсов,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

И. В. Кожухов,
канд. геогр. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

НОВЫЕ МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

THE NEW THREE DIMENSIONAL VISUALIZATION TECHNIQUES FOR BATHYMETRIC ENGINEERING SURVEY

Статья посвящена перспективам развития нового научно-инженерного направления — 3D, 4D визуализации подводных ландшафтов, актуального в том числе для решения вопросов контроля динамических процессов на дне водоемов. Новейшие технологии производства гидрографических работ позволяют изображать подводный микрорельеф в объемном трехмерном виде. Пространственная визуализация донной поверхности в свою очередь дает возможность отслеживать динамику отдельных форм подводного рельефа и таким путем решать целый ряд практических задач.

This article deals with the prospects of the new scientific engineering area - the 3D-4D seafloor landscape visualization which might be urgent for the bottom dynamic processes control. The latest hydrographic techniques and computer software developments provide the possibility for 3D microrelief visualization. Three dimensional visualization techniques can provide an unprecedented perspective for solving a number of applied problems including analysis of seafloor morphology and processes.

Ключевые слова: инженерная батиметрическая съемка, трехмерная визуализации подводных ландшафтов, мониторинг подводного рельефа. 3D геоизображения цифровой модели рельефа.

Key words: for bathymetric engineering survey, three dimensional bottom landscapes visualization, seafloor monitoring, 3D digital terrain model image.

3 А ПОСЛЕДНИЕ 10–15 лет технология выполнения гидрографических работ претерпела радикальные изменения благодаря внедрению новейших гидроакустических сонаров, спутниковых средств позиционирования и портативной вычислительной техники. В результате использования информационных технологий появилась возможность резко сократить время между выполнением съемок и представлением окончательных результатов. Одновременно информационные технологии позволили существенно повысить объемы собираемой батиметрической информации. Приведем следующие цифры по объемам информации за один час съемки: однолучевой эхолот (33/210 кГц) — 72 000 глубин; в то время как многолучевой эхолот (МЛЭ) с 240 лучами за аналогичный период дает 17 280 000 глубин. Новейшие МЛЭ имеют 400 лучей и более [1].

Современная электронная гидрография обладает арсеналом средств и методов, способных получать цифровые модели подводного рельефа с точностью, соизмеримой с цифровыми моделями суши. Отличие заключается в том, что цифровые модели суши доступны прямому контролю и независимой проверке их достоверности, а дно акваторий скрыто от визуального наблюдения и поэтому контроль качества цифровой модели может быть осуществлен только косвенными методами.

Применение МЛЭ является ведущей тенденцией в современной гидрографии. При этом основное внимание уделяется мелководным МЛЭ, способным работать на одной из частот в диапазоне от 200 до 400 кГц, используя при этом линейно-частотную модуляцию, и обеспечивать управление сектором излучения. При использовании современных МЛЭ возникает проблема наиболее наглядного представления результатов батиметрической съемки. Причем объемы батиме-

трической информации настолько велики, что использование каждой отметки глубины становится невозможным. Необходимо применять батиметрические цифровые модели рельефа, которые могут быть реализованы на основе регулярных сеток (гридов) и нерегулярных триангуляционных сеток. Большинство гидрографических пакетов программ используют батиметрические модели на основе «гридов».

Несмотря на совершенствование технологий сбора и окончательной обработки, итоговое представление результатов съемки осуществляется путем построения отчетного планшета заданного масштаба, но только с использованием современных принтеров и плоттеров. Для традиционной гидрографической деятельности, связанной с созданием морских навигационных карт, планшеты имеют масштабы, как правило, не крупнее 1:10 000. Представление отчетного планшета в виде твердой копии в таких масштабах может быть вполне оправдано, хотя большинство деталей микрорельефа при этом будет потеряно.

При инженерных батиметрических съемках, доля которых в современных условиях постоянно увеличивается, масштабы отчетных планшетов, как правило, составляют 1:5000 и крупнее. При этом конечных потребителей: специалистов, изучающих динамику рельефа, а также проектировщиков гидротехнических сооружений, интересуют именно *детали микрорельефа*, которые могут быть отображены только на крупных масштабах и *плохо воспринимаются на плоском (2D) изображении*.

Последние годы были отмечены началом интенсивной эксплуатации природных ресурсов в российской Арктике. Строятся новые порты, выполняются дноуглубительные работы, осуществляется прокладка наземных и подводных трубопроводов. Приведем конкретный пример [2]. Для обеспечения функционирования порта Сабетта в северной части Обской губы была намечена трасса морского канала, на котором в 2011–2013 гг. были выполнены инженерные батиметрические съемки для дноуглубительных работ. Проект трассы морского канала северной части Обской губы показан на рис. 1.

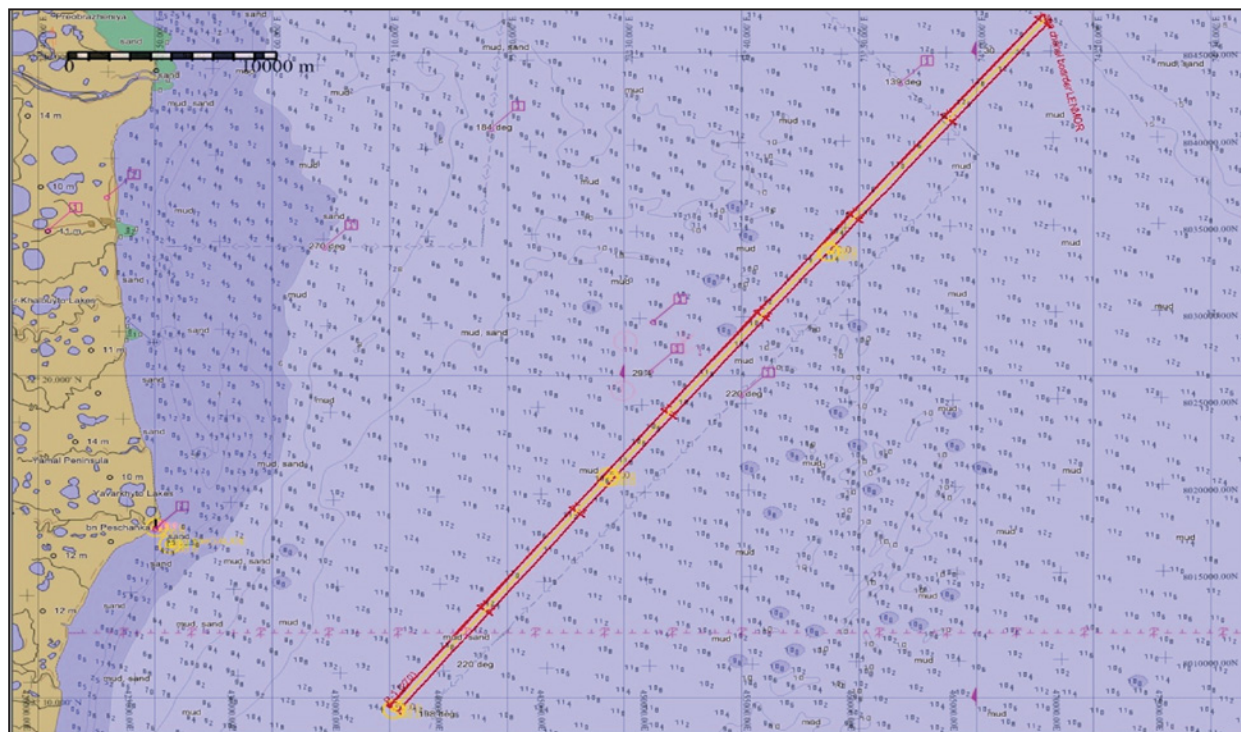


Рис. 1. Фрагмент навигационной морской карты с проектом морского канала

Результаты инженерной батиметрической съемки были традиционно представлены в виде набора электронных планшетов в формате dwg и распечатаны в масштабе 1: 5000. Фрагмент планшета инженерной батиметрической съемки северной части морского канала показан на рис. 2.

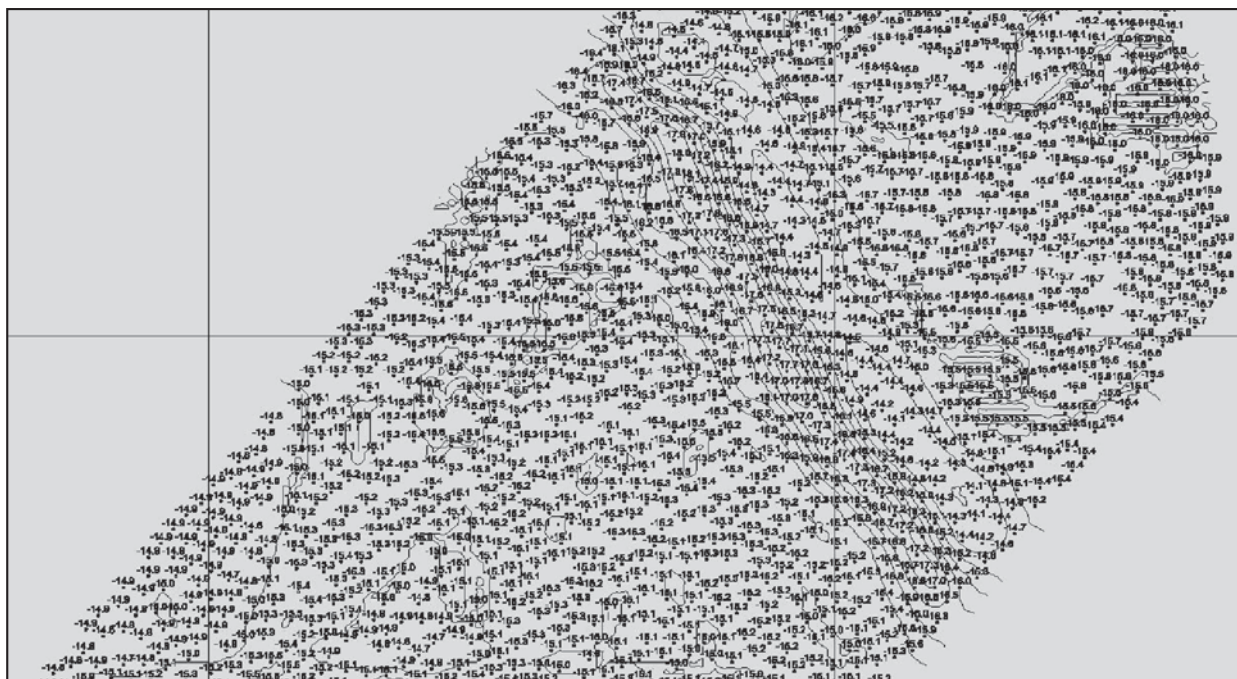


Рис. 2. Фрагмент планшета инженерной батиметрической съемки в масштабе 1:5000
(изобаты с интервалом 1 м и отметки глубин)

В качестве альтернативы результаты крупномасштабной съемки были также представлены в трехмерном (3D) изображении. Имеются специальные пакеты программ 3D представления результатов гидрографических работ, одной из которых является пакет программ Fledermause (фирмы “QPS”, Голландия) [8, р. 7–17].

Пакет программ Fledermause — это мощная система 3D визуализации огромных массивов данных, может также использоваться для решения следующих основных задач:

- площадное редактирование данных батиметрий, полученных при съемке многолучевым и однолучевым эхолотом;
- полный статистический анализ качества многолучевой съемки;
- обработка с использованием технологии CUBE для моделирования погрешностей батиметрической цифровой модели рельефа с редактированием гипотез и получением цифровой модели погрешностей;
- трехмерная визуализация результатов батиметрической съемки.

Возможно также решение следующих дополнительных задач, необходимых для наглядного представления результатов батиметрической съемки:

- нанесение новых батиметрических данных на уже имеющийся «грид»;
- планирование батиметрической съемки на трехмерной модели рельефа;
- создание электронных и твердых копий 2D и 3D рельефа (карт и объемных изображений);
- создание видеоклипов (пролет над рельефом по заданной траектории) в формате MPEG с целью последующей демонстрации и популяризации результатов батиметрической съемки.

В 2011 г. батиметрическая съемка на морском канале была выполнена с использованием МЛЭ ЕМ 3002 (частота 300 кГц, количество лучей 400). Точность позиционирования глубин на дне составила 0,5 м (95 %). Точность исправленной глубины 0,25 %. Размер грида 1×1 м.

Батиметрическая 2D модель морского канала в среде пакета Fledermause показана на рис. 3.



Рис. 3. Батиметрическая 2D модель морского канала в среде пакета Fledermause

Фрагмент планшета инженерной батиметрической съемки в масштабе 1:5000, изображенный в варианте 2D на рис. 2 с использованием пакета Fledermause в 3D изображении, показан на рис. 4.

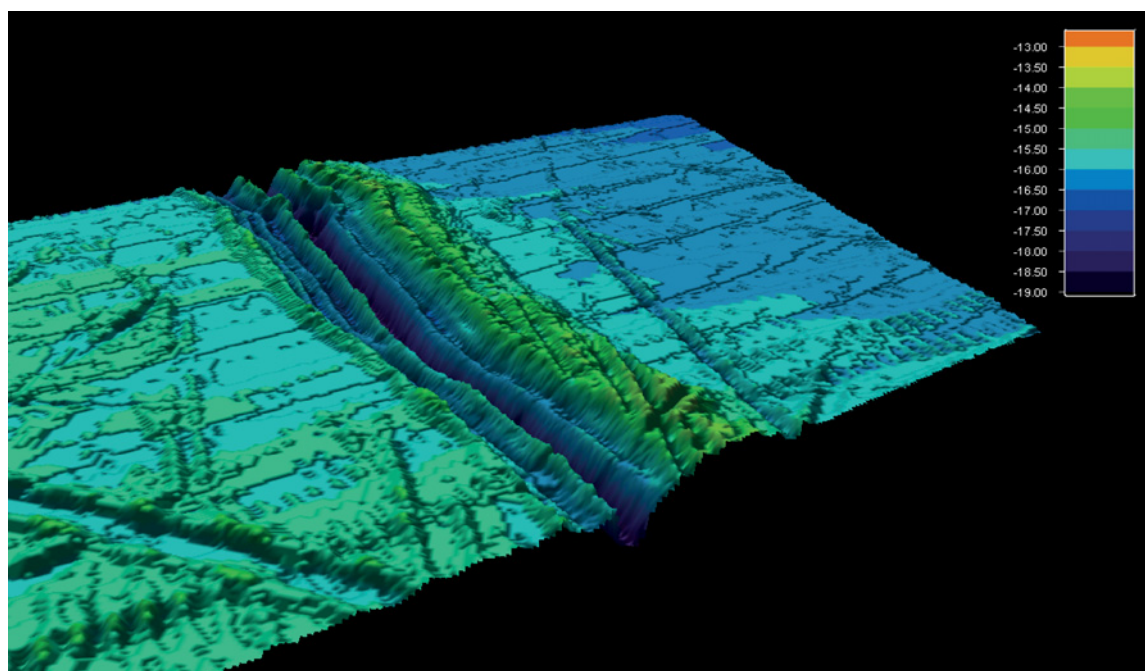


Рис. 4. Фрагмент цифровой модели рельефа самой северной части морского канала (грид 1×1 м) в 3D изображении

3D изображения обладают реалистичностью и детальностью. Это позволяет непосредственно видеть детали микрорельефа и в целом осуществлять оценку подводного ландшафта. Особенно ценным инструментом является возможность получения 4D изображений, в которых четвертым измерением является установленная шкала времени. Это особенно актуально в связи с тем, что большое число инженерных задач связано именно с мониторингом состояния подводного рельефа. Применение для этих целей информации, наносимой на бумажные или электронные 2D планшеты, не позволяет *наглядно и эффективно* решать задачи мониторинга подводного рельефа.

С появлением описанных выше новых возможностей выполнения гидрографических работ, позволяющих в оперативные сроки получать изображение микрорельефа в трехмерном варианте, возникла благоприятная ситуация для разработки ранее невозможных направлений в области природопользования.

Дело в том, что изменение отметок дна в прибрежной полосе либо как следствия штормовой активности, либо по иным причинам сопровождается перестройкой подводного рельефа, что влечет за собой ряд эксплуатационных сложностей. К ним можно отнести такие явления, как заносимость подходов каналов, блокировка водозаборных ковшей подводными песчаными банками, деградация пляжных территорий и пр.

Для контроля подобных ситуаций на первый план в инженерной практике выступает вопрос о правильной интерпретации самого понятия «поток наносов» [3, с. 30–34].

Следует отметить, что характер механического переноса твердого материала в водной среде весьма разнообразен. Транспорт наносов под влиянием гидродинамических сил может осуществляться в форме влекомоти (без отрыва твердых частиц от дна), сальтации (полувзвеси), связанной с изменением фаз конкретной штормовой волны, может наблюдаться также в виде взвеси (по всему сечению водного потока) и, наконец, в режиме флотации, то есть в поверхностном слое воды.

Исходя из логики многочисленных расчетных вариантов, заимствованных из отечественных и иностранных источников, напрашивается вывод, что большинством современных авторов твердый поток отождествляется с направленным переносом твердых частиц в воде, так называемым дисперсоидом, где ведущая роль отведена именно взвешенной его фазе по стандартной схеме, когда сам процесс подчиняется законам дисперсных сред. Однако при решении тех или иных инженерных задач возникла необходимость в корне пересмотреть представление об этом процессе и уточнить некоторые его детали.

Еще В. В. Лонгиновым совместно с одним из авторов настоящей статьи было высказано сомнение относительно слишком упрощенной, можно сказать, механистичной трактовки понятия «поток наносов». В частности, отмечалось, что «даже при установившемся гидрологическом режиме движение наносов вдоль отмелого берега носит пульсирующий, разрывной характер. В процессе такого перемещения формируются аккумулятивные и эрозионные формы, расчленяющие первоначально прямолинейный берег на ритмично повторяющиеся участки движения наносов» [4, с. 46–48].

Выражаясь более простым языком, поток наносов было бы слишком прямолинейно представлять своего рода «мутной речкой».

Сопоставление результатов серии батиметрических съемок еще на прежней инструментальной базе позволило оценить степень динамической активности морского дна в зоне волнового влияния, а также обнаруживать на его поверхности положительные образования типа песчаных волн и более крупных форм, известных как подводные песчаные валы. Исследования показали, что именно такие формы под воздействием внешних сил способны от шторма к шторму перемещаться в пространстве, выступая тем самым как главный рельефообразующий фактор [5, с. 71–75]. Скапливаясь, к примеру, в зонах относительной волновой тени или смещаясь в области искусственно углубленного дна, они как раз и создают проблемы для местной навигации, могут порождать дополнительные сложности при эксплуатации морских сооружений и служат единицами анализа в процессе исследований динамики пляжных территорий.

Таким образом, в ряде прикладных задач поток наносов рациональнее отождествлять с перемещением масс сыпучего материала в виде выпуклых подвижных форм, рассматривая их как некие статистические совокупности. Одновременно не следует вдаваться в детали формирования конкретных наносодвижущих импульсов, тем более вникать в механизм движения отдельных песчинок. Излишняя детализация этого процесса способна далеко увести от решения тех или иных прикладных задач.

Данное направление можно позиционировать как береговую инженерию, инженерно-ресурсную экологию или, наконец, как подводное ландшафтоведение. В любом случае современная гидрография позволяет воспроизводить подводный рельеф в объемном виде, что дает возможность фиксировать простейшие элементы системы на уровне опознания образа и контролировать их динамику с хронологической привязкой к конкретным штормовым циклам. Новый метод к тому же дает возможность с высокой оправдываемостью прогнозировать в прибрежной морской полосе те или иные события. Термин «событие» в данном контексте выступает не в вероятностном смысле этого слова, а в непосредственном его значении аналогично, допустим, сходу отдельных снежных лавин.

Наряду с факторами гидрогенного свойства не менее значимым является вопрос прокладки подводных трубопроводов в зоне нестабильного дна, связанного с явлением иного характера, так называемым активным термокарстом. При крупномасштабном промере трехмерная модель донной поверхности позволяет легко опознавать бугры вспучивания, западины или аласы и по возможности отслеживать процессы их образования и развития [6, с. 73–78].

Обозначенный выше перечень проблем далеко не исчерпан. Так, фрагмент цифровой модели рельефа, представленный на рис. 3 и 4, позволяет обнаружить на поверхности дна странные поперечные борозды по обе стороны от упомянутой ранее проектной трассы морского канала. Пока преждевременно давать какую-либо серьезную оценку данному явлению. Можно лишь предположить, что выявленные борозды генетически связаны с подвижками крупных глыб донного льда, так называемых стамух. Учитывая, что представленный фрагмент морского дна географически расположен в криолитозоне с интенсивным приливным режимом, такие явления вполне вписываются в общую схему рельефообразования. Подобного рода процессы мы предлагаем называть *гляциокорразией* (от лат. *glacies* — лед и *corrado* — соскребать). Для обозначения только что описанного подхода в целом напрашивается термин «батиметрический мониторинг».

Подвижки донного льда в высокоширотных морских водоемах мало изучены. Однако при прокладке в высокоширотных районах подводных коммуникаций (трубопроводы, кабельная связь и т. д.) данное направление в исследовательской практике следует считать своевременным и чрезвычайно актуальным.

В пакете программ Fledermaus данные могут быть изначально представлены в различных форматах, включая цифровые модели рельефа, растровые изображения, точки, линии и цифровые карты. Имеется свободно распространяемая программа — выювер iView4D, с ограниченным набором опций полного пакета. Эту программу могут использовать различные специалисты, не являющиеся профессиональными гидрографами, для просмотра файла «сцен», созданных в пакете программ Fledermaus. При этом обеспечивается возможность выполнения всестороннего анализа рельефа в 3D или 4D изображении, создаваемого на основе данных площадной батиметрической съемки.

С точки зрения терминологии изображения, которые создаются в среде пакета программ Fledermaus, согласно классификации [7, с. 336] относятся к интерактивным 3–4D геоизображениям рельефа.

3D геоизображения цифровой модели являются полезным инструментом визуализации и анализа рельефа, полученного по результатам батиметрической съемки, и могут быть рекомендованы для использования как дополнение к традиционным цифровым и аналоговым гидрографическим планшетам.

Список литературы

1. Фирсов Ю. Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров: учеб. пособие. ГМА им. адм. С. О. Макарова / Ю. Г. Фирсов. — СПб.: Нестор-ИСТОРИЯ, 2010. — 348 с.
2. Интернет-сайт Федерального агентства морского и речного флота Министерства транспорта Российской Федерации. Строительство объектов морского порта Сабетта — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.morflot.ru/sabetta>
3. Кожухов И. В. Системный подход к изучению потоков наносов в мелководной зоне морей в связи с нарушением нормального режима судоходства / И. В. Кожухов // Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. адм. С. О. Макарова. — СПб., 2010. — Вып. 3.
4. Лонгинов В. В. О заносимости частично огражденных морских каналов на отмелях песчаных берегах / В. В. Лонгинов, И. В. Кожухов // Тр. СМНИИП. — М.: Транспорт, 1966. — Вып. 12.
5. Кожухов И. В. Морфометрический и морфологический подходы при решении ряда практических задач инженерной гидрографии / И. В. Кожухов, Н. Г. Тимофеев // Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. адм. С. О. Макарова. — СПб., 2011. — Вып. 4.
6. Кожухов И. В. Северный регион Российской Федерации как зона экологического риска и новый этап освоения Арктики / И. В. Кожухов, Ю. Г. Фирсов, Н. Ю. Гордиенко // Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. адм. С. О. Макарова. — СПб., 2013. — Вып. 2.
7. Берлянт А. М. Картография / А. М. Берлянт. — М.: Аспект-Пресс, 2002.
8. Mayer L. A. Frontiers in Seafloor Mapping and Visualization / L. A. Mayer // Marine Geophysical Researches (J. Article). — 2005. — Vol. 27, № 1.

УДК 621.311:629.12

С. Ю. Труднев,
ст. преподаватель,
ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ»

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА ОТ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕГРУЗОК

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF MODEL OF THE DEVICE OF PROTECTION OF THE GENERATING UNIT FROM SHORT-TERM OVERLOADS

В статье рассмотрены структура и принцип работы устройства, позволяющего увеличить безопасность мореплавания. Разработана математическая модель трехфазного источника питания на основе емкостных элементов. Произведены расчеты тока и емкости источника электрической энергии, а также рассчитано выходное напряжение источника бесперебойного питания. На основании математической модели разработана и исследована имитационная модель предлагаемого устройства в программе MATLAB. Выявлен положительный эффект при внедрении данного устройства.

In article the structure and the principle of operation of the device, allowing to increase safety of navigation are considered, the mathematical model of the three-phase power supply on the basis of capacitor elements is presented. Calculations of current and capacity of a source of electric energy are made, and also the output tension of the uninterruptible power supply is calculated. On the basis of mathematical model the imitating model of the offered device in the MATLAB program is developed and investigated. The positive effect is revealed at introduction of this device.

Ключевые слова: емкостной элемент, трехфазный источник питания, модель, ионисторный модуль, защита.

Key words: capacitor element, three-phase power supply, model, ionistorny module, protection.

НА СОВРЕМЕННОМ этапе развития хозяйствующих субъектов существенное негативное влияние оказывает высокая доля энергетических затрат в издержках производства, которая на предприятиях рыбопромыслового флота составляет в среднем 8–12 % и имеет устойчивую тенденцию к росту в связи с большим моральным и физическим износом основного оборудования и значительными потерями при транспортировке энергетических ресурсов.

Одним из определяющих условий снижения издержек на предприятиях и повышения экономической эффективности производства в целом является рациональное использование энергетических ресурсов. Вместе с тем энергосберегающий путь развития отечественной экономики возможен только при формировании и последующей реализации программ энергосбережения на отдельных предприятиях, для чего необходимо создание соответствующей методологической и методической базы. В связи с этим вопросы энергосбережения вызывают беспокойство как на национальном, так и на глобальном уровнях. Особенно актуальна данная проблема в связи с ростом уровня индустриализации, преобладанием природоемких отраслей и устаревших технологий. Поэтому все больше внимания уделяется созданию и исследованию новых альтернативных источников питания [1, с. 37–40].

Автором предлагается модернизировать судовую электроэнергетическую систему путем внедрения устройства защиты от предтоказных состояний синхронного генератора. Внедрение таких устройств, в частности как источников аварийного питания, позволит обеспечить бесперебойную подачу электрической энергии наиболее ответственных потребителей даже в аварийной ситуации, что, несомненно, увеличит безопасность мореплавания.

Последующая разработка математической и имитационной модели позволит проверить качество и целесообразность проектируемого устройства [2]. Для создания виртуальной модели необходимо разработать структурную схему и алгоритм математических расчетов и формул, на основании которых будет работать моделируемое устройство. Предлагается разработать неинерционный трехфазный источник бесперебойного питания на основе емкостных накопителей, который позволит сохранить и улучшить устойчивость работы всей энергосистемы при динамических возмущениях высокой амплитуды без запуска резервного генератора. Структурная схема устройства представлена на рис. 1.

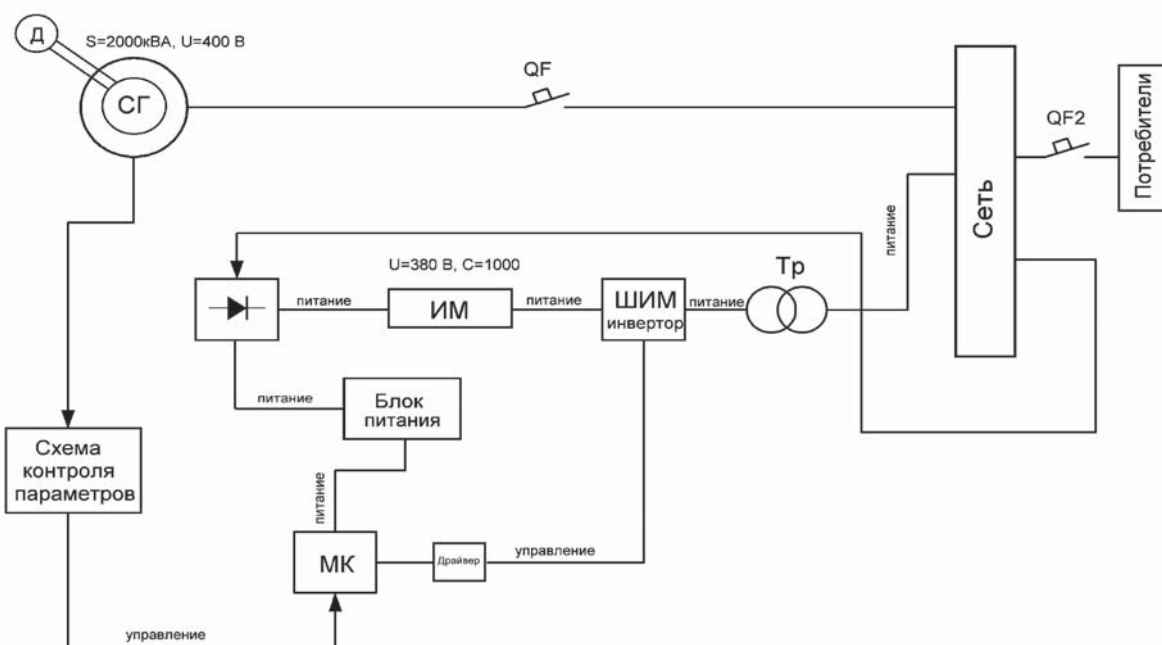


Рис. 1. Структурная схема устройства защиты генератора от предтоказных состояний:

Д — дизель; СГ — синхронный генератор; Тр — трехфазный трансформатор;
МК — микроконтроллер; QF — генераторный автомат;
ШИМ-инвертор — инвертор с широтно-импульсной модуляцией

Устройство включает в себя блок контроля параметров, микроконтроллер, силовой драйвер, инвертор с широтно-импульсной модуляцией, ионисторный модуль, зарядное устройство, блок питания микроконтроллера, трансформатор, сеть, потребителей, дизель, генераторный агрегат, генераторный автомат.

Устройство работает следующим образом.

При нормальном режиме ионисторный модуль находится в заряженном состоянии от сети, его зарядка производится через зарядное устройство, и при этом модуль является импульсным потребителем, сигнал на блоке контроля параметров угла между вектором внутренней ЭДС и вектором напряжения отсутствует, генераторный агрегат через генераторный автомат работает на сеть. При возникновении асинхронного режима угол между векторами ЭДС и напряжения увеличивается и превышает допустимое значение угла, блок контроля параметров подает сигнал о наличии асинхронного режима на управляющий микроконтроллер, питающийся от блока питания микроконтроллера. Далее с управляющего микроконтроллера поступает сигнал на силовой драйвер, который подключает ионисторный модуль через контакты инвертора с широтно-импульсной модуляцией и трансформатор к сети, в результате чего угол между векторами ЭДС и напряжения уменьшается, генераторный агрегат возвращается в нормальный режим работы, при этом сохраняется бесперебойная подача электрической энергии к потребителям [3].

Для экспериментального исследования предлагаемого устройства на основе разработанной структурной схемы в программе MATLAB была разработана виртуальная модель для испытания устройства защиты синхронного генератора от предотказных состояний, представленная на рис. 2.

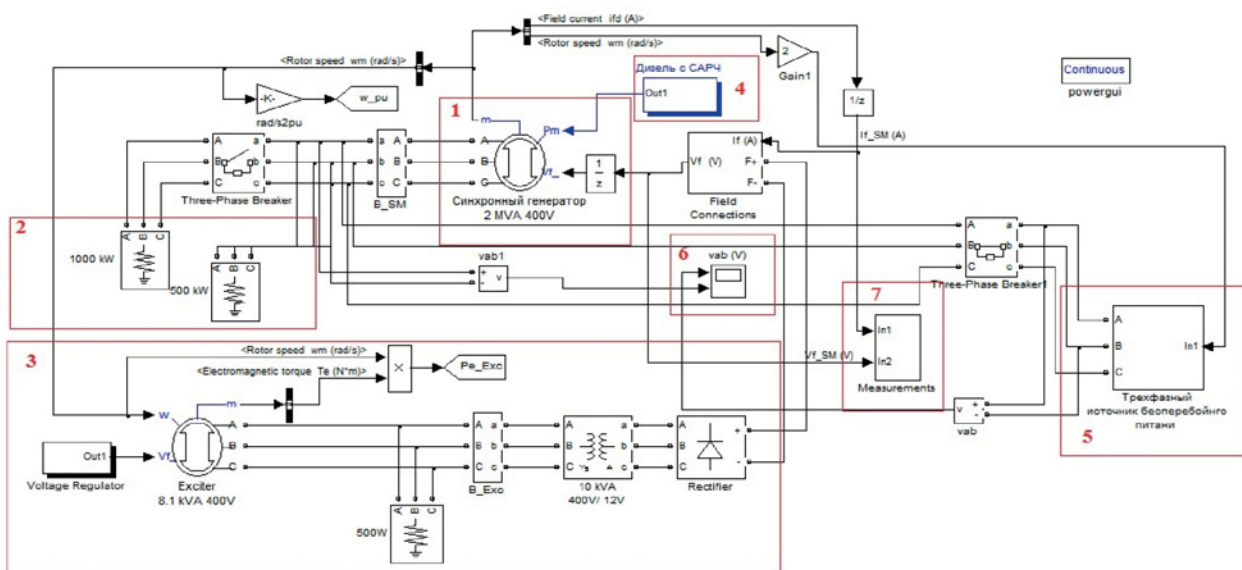


Рис. 2. Имитационная модель для исследования устройства защиты синхронного генератора от предотказных состояний:

- 1 — синхронный генератор; 2 — активная нагрузка; 3 — система возбуждения; 4 — модель дизеля;
5 — модель неинерционного трехфазного источника бесперебойного питания;
6, 7 — измерительные устройства

При протекании переходного процесса изменяется угол между ЭДС и напряжением, данный процесс будет описываться следующим дифференциальным уравнением:

$$M - M_c = J \cdot \frac{\partial w}{\partial t}, \quad (1)$$

где J — механическая постоянная инерции генераторного агрегата, M — момент дизеля, M_c — электромагнитный момент, w — угловая частота вращения ротора относительно синхронной оси.

Асинхронный момент машины обеспечивает затухание колебаний при относительно небольших изменениях частоты вращения и не учитывается уравнением (1), тогда дифференциальное уравнение примет вид

$$M - M_c = J \cdot \frac{\partial w}{\partial t} + K_D \cdot w, \quad (2)$$

где K_D — коэффициент демпфирования.

На рис. 2 видно, что в имитационной модели отражается параллельная работа неинерционного источника бесперебойного питания и дизель-генераторного агрегата ($S = 2000$ кВ·А, $U = 380$ В, $f = 50$ Гц) на динамическую нагрузку, соизмеримой по мощности ($P = 1500$ кВт) генератора. Данная модель позволит исследовать возможность параллельной работы синхронного генератора и трехфазного источника бесперебойного питания, а также выявить влияние на устойчивость работы дизель-генераторного агрегата при подключении в параллельную работу неинерционного источника питания с высокой удельной мощностью.

Состав модели:

- 1 — синхронный генератор, представленный блоком Synchronous Machine, $S = 2000$ кВ·А, $U = 380$ В, $f = 50$ Гц, момент инерции генераторного агрегата составляет $J = 99,62$ кг·м²;
- 2 — активная нагрузка, $P = 1700$ кВт;
- 3 — система возбуждения, состоящая из блоков Synchronous Machine, Three-Phase Transformer (понижающего трансформатора) и Universal Bridge (выпрямителя);
- 4 — модель дизеля Diesel Engine & Governor;
- 5 — модель неинерционного трехфазного источника бесперебойного питания, собранного из ионисторных модулей емкостью $C = 1000$ Ф и выходным напряжением $U = 380$ В, подключенных к инвертору с широтно-импульсной модуляцией;
- 6, 7 — измерительные устройства.

Для создания имитационной модели в пакете Simulink необходимо учесть значение такого показателя, как мощность источника питания. Мощность источника должна быть соизмеримой с мощностью одного генератора. Для этого необходимо учесть значение тока, в связи с чем необходимо произвести расчет выходного тока синхронного генератора.

Исходные данные:

- мощность генератора — $P = 2000$ кВт;
- линейное напряжение между фазами — $U = 400$ В;
- время разряда ионистора — 60 с.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (3)$$

$$I = \frac{2 \cdot 10^6}{1,7 \cdot 400},$$

$$I = 3096 \text{ А}.$$

Произведем расчет емкости ионистора.

Исходя из требований Морского регистра, время запуска аварийного дизель-генератора составляет 45 с, это говорит о том, что приблизительно в течение одной минуты даже наиболее ответственные потребители будут полностью обесточены. Создание источника бесперебойного питания решит данную проблему, поэтому необходимо рассчитать емкость, соизмеримую с мощностью одного генератора.

Заряд на емкостном элементе [4, с. 143–145]:

$$Q = C \cdot U, \quad (4)$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{C \cdot U}{t}. \quad (5)$$

Тогда емкость источника будет рассчитываться по формуле (5):

$$C = \frac{I}{U} t,$$

$$C = \frac{3096}{380} 60 \approx 489 \text{ Ф.}$$

Учитывая условия эксплуатации источника бесперебойного питания и мощность, потребляемую ШИМ-инвертором, выбираем с запасом конденсатор емкостью 1000 фарад.

Разработка модели безынерционного трехфазного источника энергии на основе конденсатора.

Произведем расчет выходного напряжения источника трехфазного питания:

$$Q = 1000 \cdot 380 = 3800 \text{ Кл,}$$

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2}, \quad (6)$$

$$W = \frac{C \cdot 380^2}{2},$$

$$W_1 = W_2 + W_3, \quad (7)$$

где W_1 — энергия емкостного источника;
 W_2 — энергия потребителя;
 W_3 — энергия источника бесперебойного питания.

$$W_1 = \frac{C \cdot U_1^2}{2},$$

$$W_2 = \frac{P}{t}, \quad (8)$$

$$W_3 = \frac{C \cdot U_2^2}{2},$$

$$W_1 = W_2 + W_3,$$

$$W_3 = W_1 - W_2,$$

$$\frac{C \cdot U_2^2}{2} = \frac{C \cdot U_1^2}{2} - W_2,$$

$$U_2^2 = U_1^2 - \frac{2 \cdot W_2}{C}.$$

Тогда уравнение разряда конденсатора примет вид:

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 - \frac{2 \cdot W_2}{C}} = \sqrt{\frac{C \cdot U_1^2 - 2 \cdot W_2}{C}}, \quad (9)$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{1000 \cdot 144\,400 - 2 \cdot W_2}{2000}} = \sqrt{\frac{144\,400\,000 - 2 \cdot W_2}{2000}}.$$

Для создания модели конденсаторного модуля используем блок Fcn (рис. 3, блок А) пакета Simulink с уравнением (9).

Имитационная модель трехфазного источника бесперебойного питания (блок 5, рис. 2) представлена на рис. 3. Данная модель включает в себя три основных блока А, В, С. Данные блоки образуют инвертор с широтно-импульсной модуляцией, на вход которого подключается ионисторный модуль (блок А), а на выходе создается сигнал напряжения, изменяющийся по закону:

$$U_a \approx \sin \omega \cdot t,$$

$$U_b \approx \sin(\omega \cdot t - 120^\circ),$$

$$U_c \approx \sin(\omega \cdot t + 120^\circ).$$

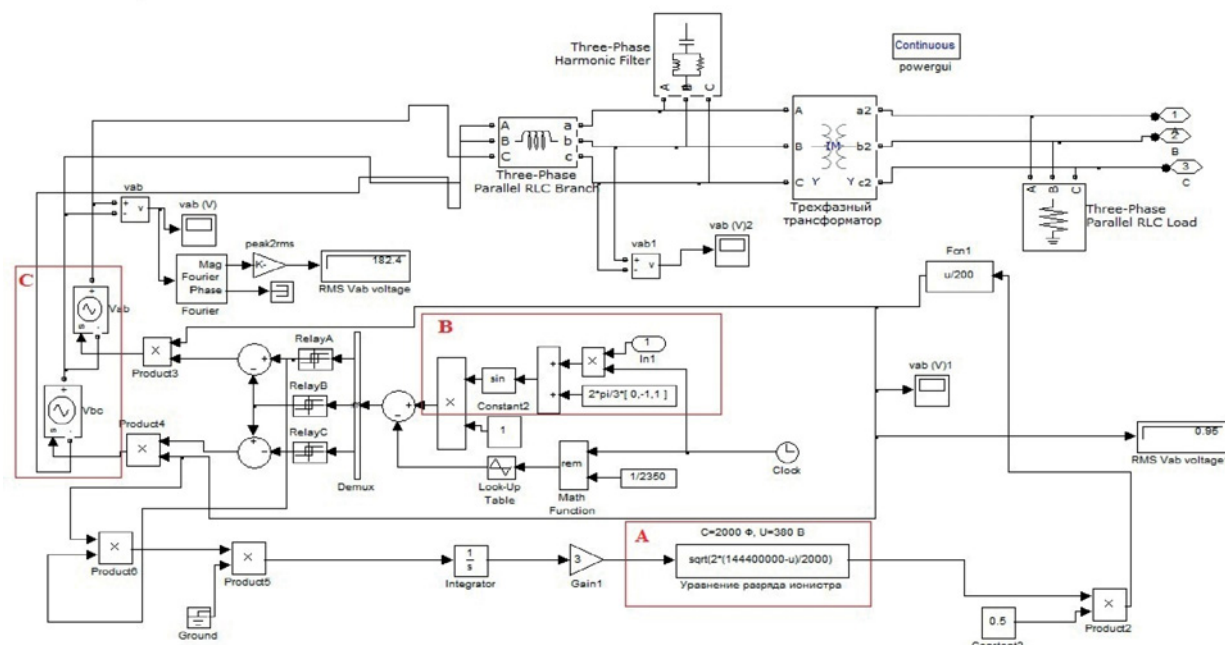


Рис. 3. Виртуальная модель безынерционного трехфазного источника энергии на основе ионистора

По расчетным данным, ионисторный модуль способен взять на себя нагрузку, соизмеримую с мощностью одного генератора, тем самым обеспечивая динамическую устойчивость и сглаживая импульсные пики нагрузки. На рис. 4 изображен график зависимости линейных напряжений генератора и трехфазного источника при их параллельной работе.

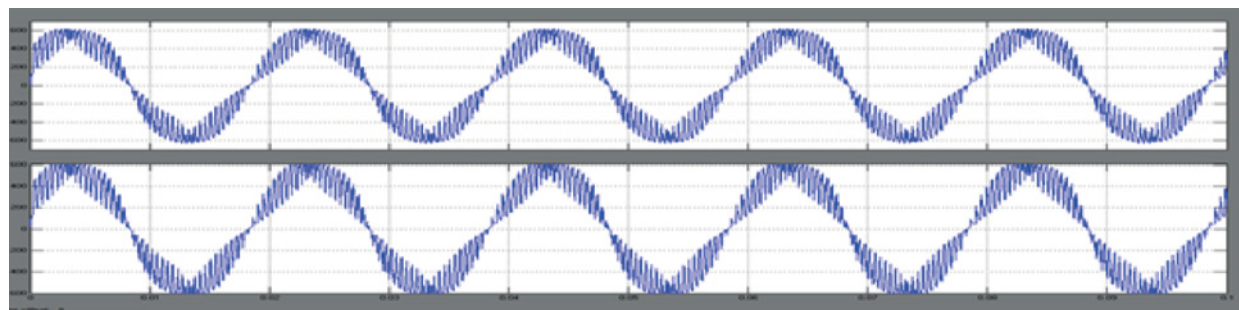


Рис. 4. График зависимости напряжений от времени параллельной работы синхронного генератора и трехфазного источника питания

Исходя из вышеуказанных результатов, можно выделить преимущество ионисторного модуля, используемого в качестве импульсного источника питания, заключающееся в том, что он не обладает инерцией, а значит, способен практически мгновенно взять на себя нагрузку и без дополнительных условий войти в синхронизм благодаря инвертору с широтно-импульсной модуляцией.

В подтверждение этого был произведен следующий эксперимент: на дизель-генератор в момент времени $t = 3$ с на протяжении некоторого времени была подключена импульсная нагрузка, соизмеримая с мощностью одного генератора ($P_{\text{нагрузки}} = 70 \% \cdot P_{\text{генератора}}$), затем был произведен тот же эксперимент, только параллельно был подключен импульсный источник трехфазного питания (рис. 3, 4). В результате были построены характеристики по устойчивости, представленные на рис. 5.

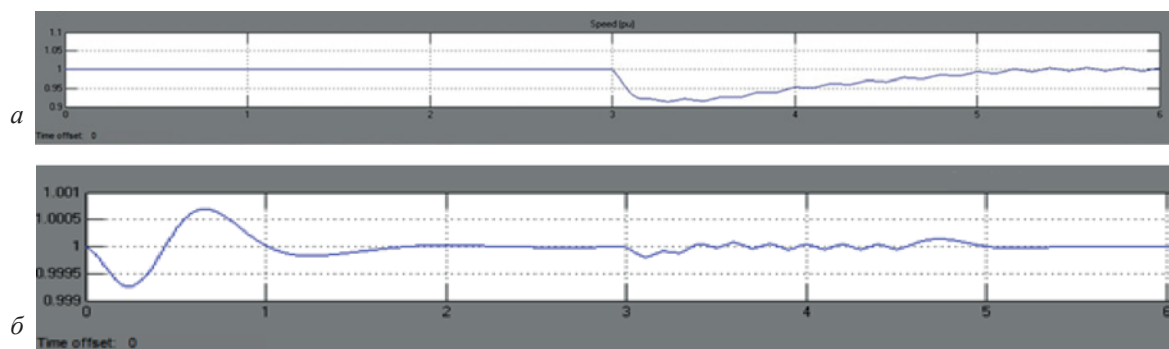


Рис. 5. Зависимость угловой частоты вращения от времени в относительных единицах:

a — одиночная работа синхронного генератора;

б — работа синхронного генератора с подключенным импульсным источником

Правилами Морского регистра к судовым автоматическим системам распределения нагрузки устанавливается следующая норма: при набросе (сбросе) 100 %-ной нагрузки изменение частоты вращения ПД не должно превышать ± 10 % номинального значения, а установившаяся частота вращения не должна отличаться более чем на ± 5 % от номинальной (это требование одинаково для турбин и дизелей, за тем исключением, что у дизелей наброс нагрузки проводится в две ступени, по 50 % каждая) [5]. На рисунке 5, *a* видно, как дизель-генератор критически близко подходит к 10 %-ной границе, это говорит о том, что в реальных условиях автоматическая система может не отработать отклонение в 10 %, нарушив требования Морского регистра. Включение в параллельную работу импульсного источника трехфазного питания, как видно на графике рис. 5, *б*, позволяет значительно снизить отклонение по частоте вращения приблизительно до 0,01 %.

Анализ полученных характеристик показывает, что судовые дизель-генераторные агрегаты, особенно со сроком службы более 10 лет, не всегда способны обеспечить частоту питающей сети в пределах требований Морского регистра при пуске электрических машин, соизмеримых с мощностью генератора. Это может привести либо к отключению второстепенных потребителей, либо к запрету выхода судна в море. Результаты исследования имитационной модели устройства на основе суперконденсатора показывают, что предлагаемое устройство способно компенсировать пусковой режим работы мощных судовых потребителей без участия дополнительного синхронного генератора в параллели.

Таким образом, исследование модели доказывает, что предложенное устройство уменьшает диапазон отклонения работы генераторного агрегата по частоте до 0,01 %. Модель позволяет сделать выводы о том, что дизель не имеет достаточной надежности, чтобы обеспечить качество энергии, соизмеримое с береговым. В любой момент при возникновении динамических перегрузок дизель может не обеспечить необходимую частоту вращения, что приведет к непредвиденному отключению потребителей и нарушит бесперебойную подачу электрической энергии. Это может привести к серьезным последствиям, так, например, если произойдет перегрузка момента траловой лебедки, то остановка привода приведет к тому, что трал, переполненный уловом, останется за бортом, в любой момент это может быть последствием переворота всего судна, что приведет к гибели судна и всего экипажа. Положительным эффектом при внедрении устройства будет обеспечение динамической устойчивости работы судовой электростанции, которая способна от-

вечать устойчивости работе системы берегового электроснабжения. Можно сделать выводы, что предлагаемое устройство позволит сделать дизель-генераторный агрегат системным устройством с улучшенными показателями качества электрической энергии.

Подводя итог, можно сделать вывод, что использование предлагаемого устройства обеспечит следующие преимущества:

- повышение надежности работы электростанции в связи с возможностью исключения провалов напряжения;
- уменьшение длительности амплитуды бросков напряжения при переключении режимов холостого хода в нагрузку и наоборот;
- обеспечение бесперебойной подачи электрической энергии;
- исключает ресинхронизацию параллельно работающих генераторов;
- исключает сложную операцию повторной синхронизации параллельно работающих генераторов в случае возникновения асинхронного режима работы.

Откладывание реализации энергосберегающих мероприятий наносит значительный экономический ущерб предприятиям и негативно отражается на общей экологической и социально-экономической ситуации. Помимо этого, дальнейший рост издержек рыбопромыслового флота и других отраслей народного хозяйства сопровождается растущим дефицитом финансовых ресурсов, что задерживает обновление производственной базы предприятий в соответствии с достижениями научно-технического прогресса. Уменьшение энергетической составляющей в издержках производства позволит получить дополнительные средства для обеспечения приемлемого уровня морального и физического износа технологического оборудования.

Предлагаемое техническое решение может быть исполнено на судах рыбопромыслового флота и электростанциях, эксплуатирующихся в режиме резкого изменения нагрузки со стороны потребителя, как в большую, так и в меньшую сторону.

Список литературы

1. *Труднев С. Ю.* Разработка цифровых моделей режимных свойств для исследования динамической устойчивости судовой электроэнергетической системы / С. Ю. Труднев, Н. Н. Портнягин // Вестник КамчатГТУ. — 2012. — № 20.
2. *Черных И. В.* Моделирование электротехнических устройств в MATLAB Sim Power Systems и Simulink / И. В. Черных. — М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. — 288 с.
3. Пат. RU 133364 U1. Устройство для определения и ликвидации предотказных состояний синхронной машины / Труднев С. Ю., Портнягин Н. Н. — Бюл. № 28; Оpubл. 10.10.2013.
4. *Труднев С. Ю.* Разработка математической модели вторичного источника питания / С. Ю. Труднев // Наука, образование, инновации: пути развития : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., 23–25 апреля 2013 г. — Петропавловск-Камчатский, 2013. — Ч. 1.
5. Правила классификации и постройки морских судов. — СПб.: Транспорт, 2010. — 280 с.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

УДК 621.436.12

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

В. А. Макуров,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

И. А. Щенников,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА ПРИ ДОВОДКЕ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ С АККУМУЛЯТОРНОЙ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМОЙ

SELECTING A MATHEMATICAL MODEL FOR DESCRIBING CHARACTERISTICS OF THE FUEL BURNUP AT OPERATIONAL DEVELOPMENT MARINE DIESEL ENGINE WITH COMMON RAIL SYSTEM

В статье рассматривается описание моделей выгорания топлива, предложенное профессорами И. И. Вие и Е. В. Лазаревым, на примере обработки индикаторной диаграммы судового дизеля 12ЧН18/20 с аккумуляторной топливной системой. На основе результатов обработки производится выбор модели выгорания топлива для настройки математической модели с целью дальнейших исследований и доводки рабочего процесса дизеля.

In the article they consider the description of fuel burning-out models, suggested prof. I. I. Wiebe and E. V. Lazarev, consideration of these model is happening on the example processing of 12ЧН18/20 marine diesel with Common Rail. The results of indicator diagram are used for selection of fuel burning-out model for mathematical model adjustment with a concern of further research and diesel engine operation development.

Ключевые слова: судовый дизель, модель выгорания топлива, индикаторная диаграмма, логарифмическая анаморфоза.

Key words: marine diesel, mode of the fuel burn, indicator diagram, logarithmic anamorphosis.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ моделирование рабочего процесса дизелей применяется на всех стадиях их жизненного цикла и позволяет значительно сократить трудоемкость процесса их разработки и доводки. При этом одним из наиболее сложных и недостаточно изученных процессов, протекающих в цилиндре, является процесс выгорания топлива в камере сгорания (КС) дизеля, что значительно усложняет решение задач моделирования.

Наиболее сложные математические модели сгорания включают детальное описание множества различных процессов, протекающих в КС. Так в работах [3; 7] рассматриваются движение струй топлива и воздушного заряда, их взаимное перемешивание, гидродинамические явления, процессы тепломассообмена, испарения, химической кинетики сгорания топлива и др. Раскрывая новые пути эффективной организации физических процессов, они остаются очень сложными в использовании. Настройка этих моделей на реальные объекты остается весьма трудоемкой задачей, для решения которой необходим большой объем экспериментальных данных, их тщательная обработка с последующим уточнением большого количества эмпирических коэффициентов и расчетных зависимостей.

По указанной выше причине широкое распространение в практике моделирования рабочих процессов в цилиндре судовых дизелей получили эмпирические и полуэмпирические модели выгорания [1; 2; 6]. Такие модели отличаются простотой описания и универсальностью использования для широкого типоразмерного ряда дизелей и различных режимов их работы.

Для рассматриваемого типа моделей выгорания наибольшее распространение получила зависимость профессора И. И. Вибе, полученная на основе качественных представлений о скорости цепных реакций в цилиндре дизеля [1].

В интегральной форме эта зависимость имеет вид

$$x = 1 - e^{-c \left(\frac{\varphi - \varphi_{\text{нс}}}{\varphi_z} \right)^{m+1}}, \quad (1)$$

в дифференциальной форме:

$$\frac{dx}{d\varphi} = -c \cdot \frac{(m+1)}{\varphi_z} \left(\frac{\varphi - \varphi_{\text{нс}}}{\varphi_z} \right)^m e^{c \left(\frac{\varphi - \varphi_{\text{нс}}}{\varphi_z} \right)^{m+1}}, \quad (2)$$

где x — текущая доля выгоревшего топлива; φ — текущий угол п. к. в.; $\varphi_{\text{нс}}$ — угол начала видимого сгорания топлива; c — коэффициент, зависящий от доли прореагировавшего топлива; φ_z — условная продолжительность сгорания; m — показатель характера сгорания.

Физический смысл переменных модели Вибе наглядно иллюстрируется на рис. 1, где показано протекание процесса выгорания топлива совместно с изменением давления в цилиндре в результате чистого сжатия и со сгоранием.

Анализ представленных материалов показывает, что начало видимого сгорания определяется положением $\varphi_{\text{нс}}$. Началу видимого сгорания предшествует период задержки самовоспламенения φ_i . Условная продолжительность сгорания φ_z определяет среднюю скорость протекания процесса сгорания. Показатель характеристики тепловыделения m определяет положение наибольшей плотности эффективных центров реакции в течение процесса сгорания.

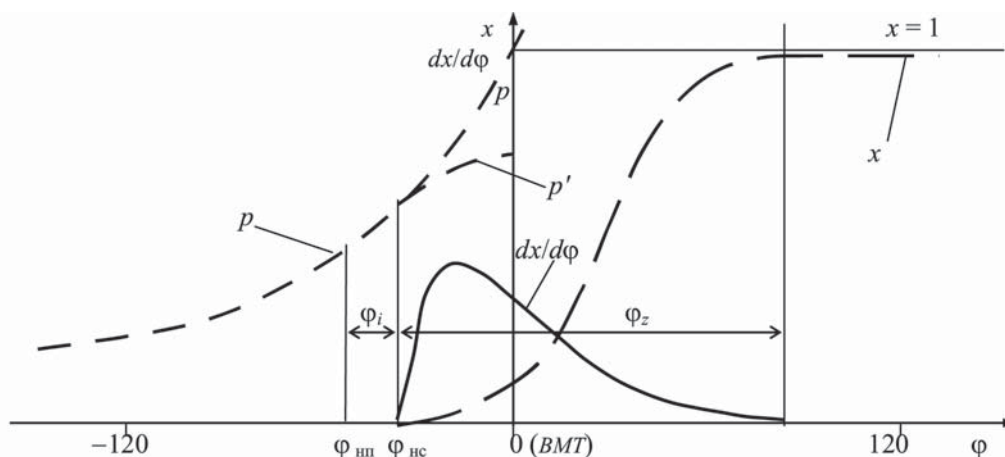


Рис. 1. Диаграмма давления (p), линия чистого сжатия (p'); интегральная (x) и дифференциальная ($dx/d\varphi$) характеристики тепловыделения согласно формулам И. И. Вибе

При настройке математической модели период задержки самовоспламенения и момент начала видимого сгорания определяются по рабочему процессу двигателя-прототипа или непосредственно при снятии экспериментальных индикаторных диаграмм. Параметры m и φ_z определяются математическим методом. Для этого логарифмируют выражение (1):

$$\ln(1-x) = c \left(\frac{\varphi - \varphi_{\text{нс}}}{\varphi_z} \right)^{m+1} \quad (3)$$

и после преобразования и вторичного логарифмирования получают выражение

$$\lg \varphi = \frac{1}{(m+1)} \cdot \{ \lg [-2,303 \cdot \lg(1-x)] - \lg(-c) \} + \lg \varphi_z. \quad (4)$$

Уравнение (4) представляет собой уравнение прямой линии:

$$Y = \frac{1}{m+1} \cdot X + A, \quad (5)$$

где $Y = \lg \varphi$, $A = \lg \varphi_z$, $X = \lg \left[-2,303 \cdot \lg \left(\frac{1-x}{x_{\max}} \right) \right] - \lg(-c)$.

Уравнение (5) является интегральной характеристикой выгорания в логарифмических координатах, называемой также логарифмической анаморфозой процесса сгорания (см. рис. 2).

Зависимость (5) используется для непосредственного определения основных показателей характера сгорания m и φ_z при помощи уравнений:

$$m = \operatorname{ctg} \beta - 1 = \frac{B}{A} - 1, \quad (6)$$

$$\varphi_z = \exp(2,303 A). \quad (7)$$

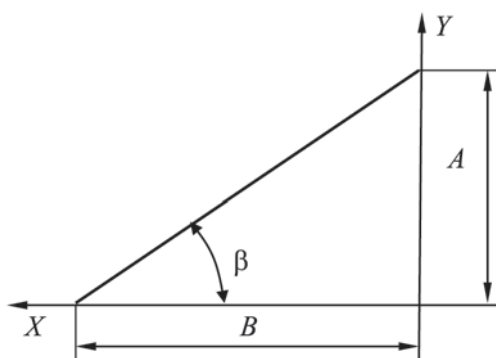


Рис. 2. Вид логарифмической анаморфозы для определения показателей процесса сгорания по формуле И. И. Вибе

Для достижения требуемой точности определения рассматриваемых параметров процесса сгорания применяется метод наименьших квадратов:

$$m = \frac{n \sum_{k=1}^n X^2 - \left(\sum_{k=1}^n X \right)^2}{n \sum_{k=1}^n XY - \sum_{k=1}^n X \sum_{k=1}^n Y} - 1, \quad (8)$$

$$A = \frac{n \sum_{k=1}^n Y - \frac{1}{m+1} \sum_{k=1}^n X}{n}, \quad (9)$$

где X , Y — координаты опытных точек логарифмической анаморфозы; n — число опытных точек.

Дифференциальная характеристика выгорания топлива во многих случаях, в частности в дизелях с объемно-пленочным смесеобразованием, имеет два максимума скорости выгорания. Природ первого максимума объясняется классическим механизмом сгорания подготовленной за период задержки самовоспламенения топливовоздушной смеси, позволяет применить для описа-

ния выгорания расслоенной топливозвоздушной смеси механизм формальной кинетики. Второй максимум скорости сгорания объясняется сгоранием испарившихся во фронте капель топлива, когда скорость кинетических реакций ограничивается скоростью диффузии реагирующих веществ. Для математического описания подобного процесса сгорания профессором Е. А. Лазаревым [4; 5] было предложено уравнение вида в интегральной форме:

$$x = \left(1 - \exp \left[c \left(\frac{\varphi}{\varphi_n} \right)^{(m_n - m_0)} \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^{(m_0 + 1)} \right] \right) \quad (10)$$

или в дифференциальной форме:

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{-c \cdot (m + 1)}{\varphi_z} \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_n} \right)^{(m_n - m_0)} \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^{m_0} \cdot \exp \left[c \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_n} \right)^{(m_n - m_0)} \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^{m_0 + 1} \right]. \quad (11)$$

В выражениях (10), (11) характеристика выгорания описана с использованием четырех параметров: m_n и m_0 — показатели характера сгорания в начальном и основном периодах; φ_n , φ_z — продолжительность начального периода сгорания и процесса сгорания в целом.

При этом показатели процесса сгорания рекомендуют находить также с использованием логарифмической анаморфозы, выделяя на ней два участка, соответствующих кинетической и диффузионной фазам сгорания (см. рис. 3).

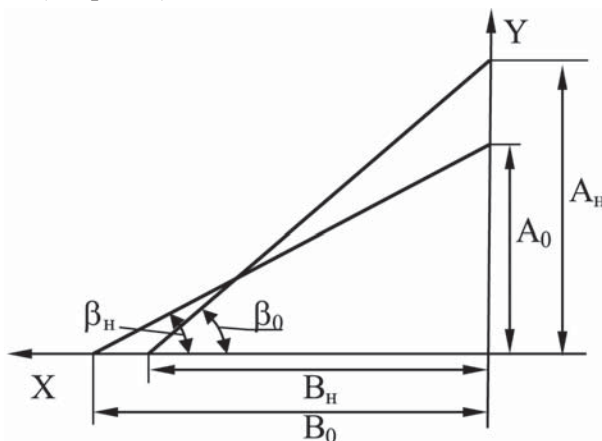


Рис. 3. Вид логарифмической анаморфозы для определения показателей процесса сгорания по формуле Е. А. Лазарева

Показатели характера процесса сгорания определяются из выражений:

$$m_n = \operatorname{ctg} \beta_n - 1 = \frac{B_n}{A_n} - 1, \quad (12)$$

$$m_0 = \operatorname{ctg} \beta_0 - 1 = \frac{B_0}{A_0} - 1 \quad (13)$$

или методом наименьших квадратов по формулам (8) и (9) с учетом числа опытных точек для кинетического и диффузионного участков логарифмической анаморфозы. Условная продолжительность начального периода определяется из выражения $\varphi_{zn} = \exp(2,303A_n)$, общая продолжительность процесса сгорания — $\varphi_z = \exp(2,303A_0)$. Действительная продолжительность начального периода φ_n составит

$$\varphi_n = \left(\frac{\varphi_{zn}^{m_n + 1}}{\varphi_z^{m_0 + 1}} \right)^{\frac{1}{m_n - m_0}}. \quad (14)$$

Рассмотренные закономерности описания характеристики выгорания топлива были проанализированы с точки зрения оценки возможности их использования в математической модели рабочего цикла опытного судового дизеля 12ЧН18/20 с аккумуляторной топливной системой.

Расчетно-теоретическим исследованиям предшествовали испытания опытного дизеля 12ЧН18/20 на стенде завода-изготовителя ОАО «Звезда» с индицированием его рабочего процесса. На первом этапе исследования проводились на номинальном режиме при угле опережения впрыска топлива $\varphi_{оп} = -23^\circ$ ПКВ и давлении в топливном аккумуляторе $p_\phi = 950$ кг/см². Для получения реальных характеристик выгорания топлива использовалась хорошо всем известная методика обработки индикаторных диаграмм ЦНИДИ. Точность индицирования рабочего процесса составляла $0,186^\circ$ ПКВ на одно измерение. Колебания давления газа в цилиндре, полученные в результате установки датчика в индикаторном канале, устранялись усреднением по 10 ближайшим точкам с последующим математическим сглаживанием полиномами 2-й или 3-й степени. Снятию индикаторных диаграмм предшествовала во всех случаях корректировка положения ВМТ и тарировка датчиков. Пример снятой индикаторной диаграммы представлен на рис. 4.

Экспериментальные и расчетные характеристики выгорания на основе обработки индикаторной диаграммы представлены на рис. 5. При построении расчетных характеристик учитывались рекомендации работы [4], направленные на повышение точности расчетов. На рисунке прерывистой линией обозначены значения, непосредственно полученные при обработке индикаторной диаграммы.

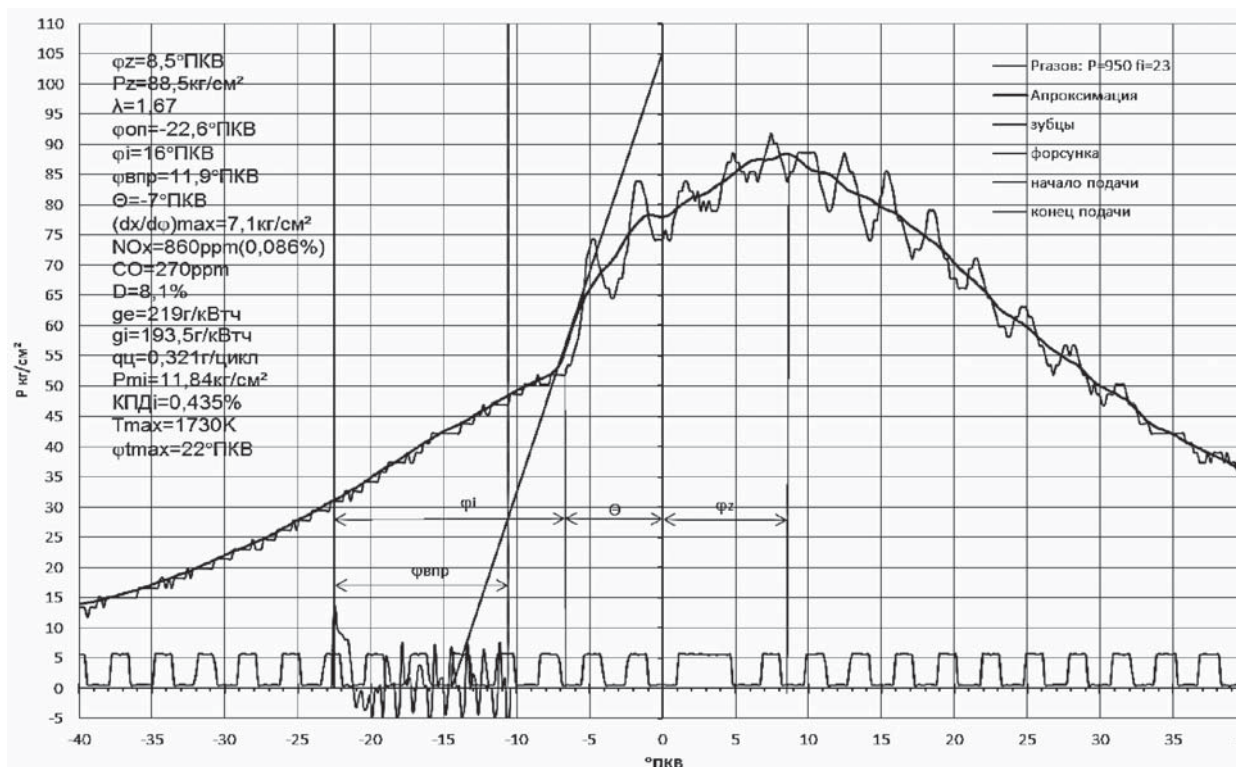


Рис. 4. Пример полученной индикаторной диаграммы

Анализ результатов обработки индикаторных диаграмм и расчетных данных позволяет сделать вывод, что полуэмпирическая характеристика выгорания топлива с двумя максимумами тепловыделения более качественно описывает процессы, происходящие в цилиндре дизеля в случае применения аккумуляторной топливной системы.

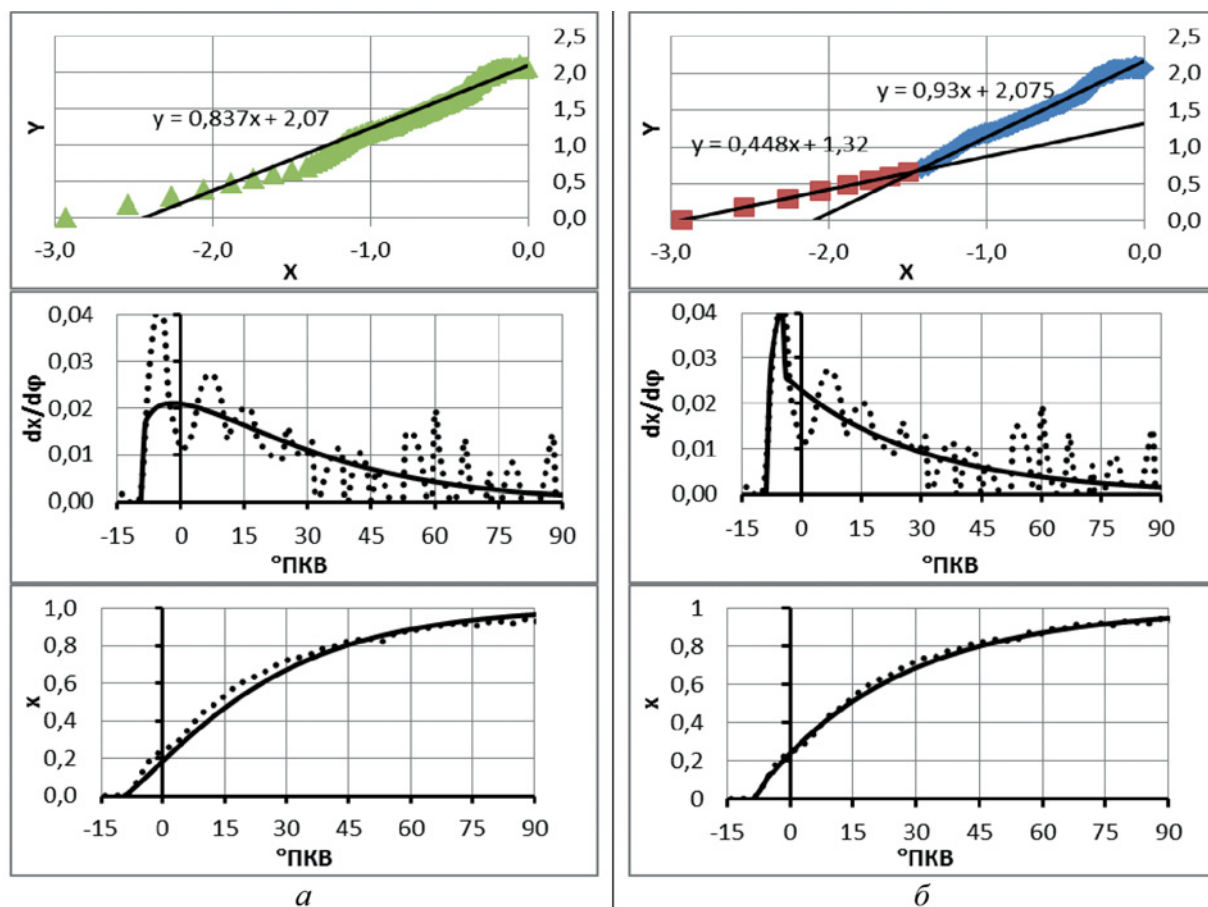


Рис. 5. Результаты расчетно-экспериментальных исследований выгорания топлива:

а — описание выгорания топлива по уравнениям (1), (2);
б — описание выгорания топлива по уравнениям (10), (11)

Однако модели такого типа пока не позволяют проводить весь комплекс исследования характеристик опытного двигателя, так как это требует определенного объема экспериментальных данных. Построение моделей в случае недостаточной выборки влечет за собой погрешности превышающие погрешности, вносимые моделью, предложенной в работе [1]. Поэтому, несмотря на неточности в описании характеристики выгорания топлива и присутствующей погрешности, при последующем расчете рабочего процесса, полуэмпирическая модель выгорания топлива, предложенная профессором И. И. Вибе, позволяет с приемлемой точностью моделировать эксплуатационные режимы дизеля, в том числе с целью его доводки. Вносимые при этом погрешности будут компенсироваться простотой модели и доступностью данных для ее настройки. Показатели описания процесса сгорания с использованием зависимостей И. И. Вибе для решения указанных задач применительно к опытному судовому дизелю во всем диапазоне режимов работы и прогнозирование его параметров при модернизации могут быть найдены по зависимостям Г. Воши [8].

Таким образом, использование рассмотренных в настоящей работе аспектов математического моделирования рабочего процесса позволяет с достаточной для практики точностью прогнозировать эксплуатационные характеристики судовых дизелей. Выбранная модель выгорания топлива адаптирована для исследований и доводки опытного судового дизеля 12ЧН18/20 с аккумуляторной топливной системой.

Список литературы

1. Вибе И. И. Новое о рабочем цикле двигателей / И. И. Вибе. — М.; Свердловск: Машгиз, 1962. — 272 с.
2. Дьяченко Н. Х. Теория двигателей внутреннего сгорания / Н. Х. Дьяченко, А. К. Костин, Г. П. Пугачев — Л.: Машиностроение, 1974. — 552 с.
3. Кулешов А. С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания / А. С. Кулешов, Л. В. Грехов. — М.: МГТУ, 2000. — 64 с.
4. Лазарев Е. А. Определение параметров процесса сгорания топлива по результатам анализа индикаторной диаграммы давления газов в цилиндре дизеля / Е. А. Лазарев, В. Е. Лазарев // Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. — Челябинск, 2006.
5. Лазарев Е. А. Совершенствование моделирования закономерностей выгорания топлива в дизеле / Е. А. Лазарев // Двигателестроение. — 1985. — № 12.
6. Разлейцев Н. Ф. Моделирование и оптимизации процесса сгорания в дизелях / Н. Ф. Разлейцев. — Харьков: Высш. шк.: Изд-во при Харьков. ун-те, 1980. — 169 с.
7. Tabulated Chemical Kinetics for Efficient and Detailed Simulations of Diesel Engine Combustion PROEFSCHRIFT / С. Bekdemir. — Amsterdam: Technische Universiteit Eindhoven, 2012. — 113 p.
8. Woschi G. Eine Methode zur Vorausberechnung der Anderung des Brennverlaufes mittel schnelllaufender Diesel motor Betriebsbedingungen / G. Woschi, F. Anisits // MTZ. — 1973. — № 34.

УДК 621.311:629.12

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

О. О. Башкирев,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ СУДНА “PRINS DER NEDERLANDEN” С ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

RELIABILITY OF ELECTRIC POWER SUPPLY IN DIFFERENT OPERATION MODES OF THE VESSEL “PRINS DER NEDERLANDEN” WITH HIGH-VOLTAGE ELECTRIC POWER INSTALLATION

В статье рассматриваются вопросы анализа показателей безотказности электроснабжения в характерных режимах работы судна с высоковольтной СЭЭС (6,6 кВ) применительно к электроснабжению АРЦ, рассматриваются два возможных вида нарушения электроснабжения: обесточивание при отказе и невозможность питания за установленное время при отказе. На основе справочных данных по интенсивностям отказов элементов судовой электростанции выполняется расчет вероятности безотказной работы P (1000 ч), интенсивности отказов (λ) и средней наработки на отказ T методом гипотез о возможных состояниях цепей электроснабжения АРЦ. Производится сравнительный анализ показателей надежности в рассматриваемых режимах.

In the article questions of power supply failure rate analysis in typical operational modes of the vessel with high voltage electrical power installation (6,6 kV) in respect to emergency switchboard power supply are contemplated, two power supply disturbances are considered: blackout after failure and absence of power supply restore after failure. According to reference data – failure rate of components of electrical power installation calculation of failure-free operation probability P (1000 h), failure rate (λ) and mean operating time to failure is performed using hypothesis method of potential conditions of power supply circuits of emergency switchboard. Comparative analysis of reliability rates in concerned operational modes is performed.

Ключевые слова: надежность, безотказность, отказ, метод гипотез, электроснабжение, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ.

Key words: reliability, failure-free operation, failure, hypothesis method, electric power supply, reliability function, failure rate, mean operating time to failure.

ОЦЕНКА показателей безотказности электроснабжения выполняется применительно к самоотвозящему судну “Prins der Nederlanden”, предназначенному для дноуглубительных работ на глубине до 50 м (до 80 м при удлиненной грунтовой трубе), работ по очистке (например, акватории порта), подготовительных работ для дальнейшей прокладки трубопроводов, выдачи грунтового материала на берег, выполнения насыпей и других видов грунтовых работ.

Структурная схема судовой высоковольтной электроэнергетической системы (СЭЭС) приведена на рис. 1. Основными элементами СЭЭС судна являются два высоковольтных главных генератора G1, G2 типа AMG1250UT10LSE фирмы “ABB” мощностью $P = 9000$ кВА каждый, напряжением $U = 6600$ В, бесщеточного типа, вспомогательный дизель-генератор G3(ВДГ) типа AMG560L6 фирмы “ABB”, $P = 1925$ кВА, $U = 400$ В, бесщеточного типа и аварийный дизель-генератор G4 (АДГ) типа AMG400S4 фирмы “ABB”, $P = 557$ кВА, $U = 400$ В, бесщеточного типа.

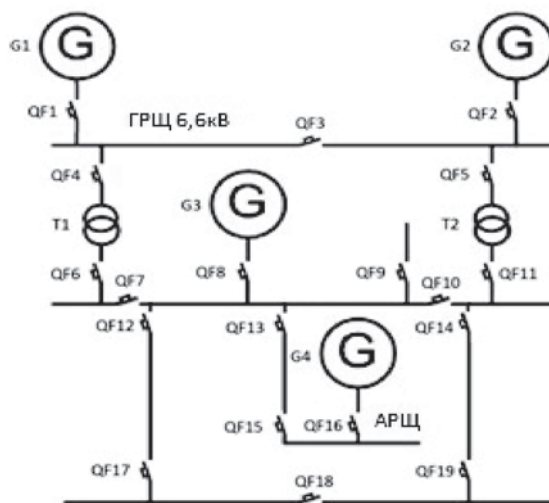


Рис. 1. Структурная схема САЭЭС:

ГРЩ — главный электrorаспределительный щит 6,6 кВ;

АПЩ — аварийный электrorаспределительный щит;

T1, T2 — трансформаторы 6,6/0,4 кВ;

QF1÷QF5 — высоковольтные автоматические выключатели;

QF6÷QF19 — автоматические выключатели

Основными режимами работы судна и соответствующими режимами работы СЭЭС являются:

1) режим выполнения грунтовых работ, используется при выполнении грунтовых работ на глубине до 50 м и при выполнении насыпи (работают два главных генератора, но каждый генератор способен обеспечить электроэнергией (ЭЭ) все приемники ЭЭ);

2) стояночный режим, используется при стоянке, бункеровке, выполнении ремонтных работ (работает ВДГ);

3) режим обеспечения максимальной мощности, используется при выполнении грунтовых работ на глубине 80 м, при разгрузке через шаровое соединение на берег (работают два главных генератора и ВДГ);

4) ходовой режим, используется при переходе судна от места выполнения грунтовых работ до места разгрузки (работает один главный генератор). Если время перехода не превышает 30 мин, то, как правило, используется режим выполнения грунтовых работ;

5) маневренный режим, используется при заходе в порт и выходе из порта, при проходе каналов и пребывании в сложных навигационных условиях (работают один главный генератор и ВДГ, каждый может обеспечить ЭЭ все приемники ЭЭ в данном режиме);

6) аварийный режим судна, используется в аварийных ситуациях судна (пожар, пробоина; работают один главный генератор и ВДГ, каждый может обеспечить ЭЭ все приемники ЭЭ в данном режиме); а также аварийный режим СЭЭС, используется при обесточивании основной электростанции (работает АДГ).

Для этих основных режимов работы судна произведен расчет следующих показателей надежности: вероятности безотказной работы P , интенсивности отказов λ и средней наработки на отказ T . При этом рассматриваются два вида нарушения электроснабжения: 1) обесточивание при отказе; 2) невозможность питания за установленное время при отказе. В первом случае отказом считается любое обесточивание аварийного распределительного щита, во втором — обесточивание АРЩ на время более 45 с.

Расчет выполняется применительно к электроснабжению АРЩ, так как от АРЩ получают питание наиболее ответственные приемники электроэнергии. Расчет выполнен для всех основных режимов работы судна за период, равный 1000 ч работы в период нормальной эксплуатации (установившийся режим эксплуатации, когда происходят внезапные отказы, носящие случайный характер).

В расчетах, целью которых является сравнительный анализ надежности электроснабжения в различных режимах работы судна (СЭЭС), использованы справочные среднестатистические данные по интенсивностям отказов элементов судовой электростанции [1, с. 93; 2, с. 71–72]:

- главный двигатель и главный генератор переменного тока — $\lambda_{ГГ} = 50 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;
- вспомогательный дизель-генератор — $\lambda_{ВДГ} = 70 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;
- аварийный дизель-генератор — $\lambda_{АДГ} = 80 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;
- автоматический выключатель — $\lambda_{АВ} = 13 \cdot 10^{-6}$ 1/ч;
- силовой трансформатор — $\lambda_{Т} = 4 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

Методики расчета показателей надежности рассмотрим на примере работы СЭЭС в маневренном режиме.

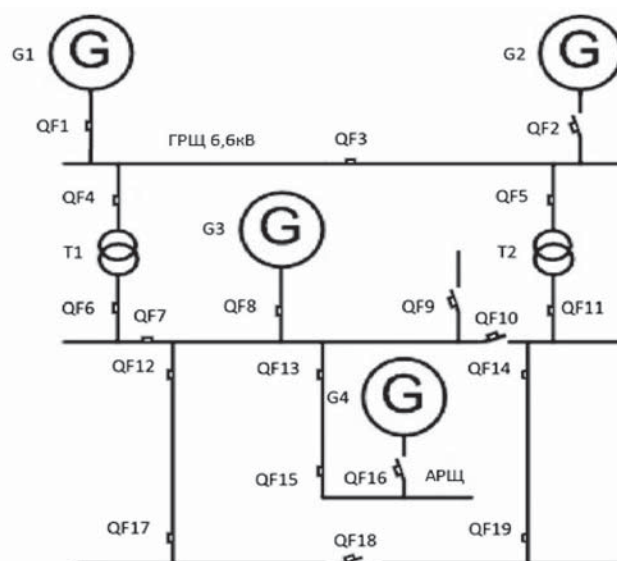


Рис. 2. Маневренный режим

Сначала строится электрическая схема СЭЭС для данного режима (см. рис. 2), затем от структурной электрической схемы СЭЭС выполняется переход к структурной схеме для расчета показателей надежности (рис. 3). Прямоугольниками на рис. 3 обозначены элементы системы электроснабжения с соответствующими вероятностями их безотказной работы. При составлении структурных схем кабели ГРЩ, АРЩ, их шины, кабельные наконечники не учитывались, так как их надежность существенно выше надежности других элементов.

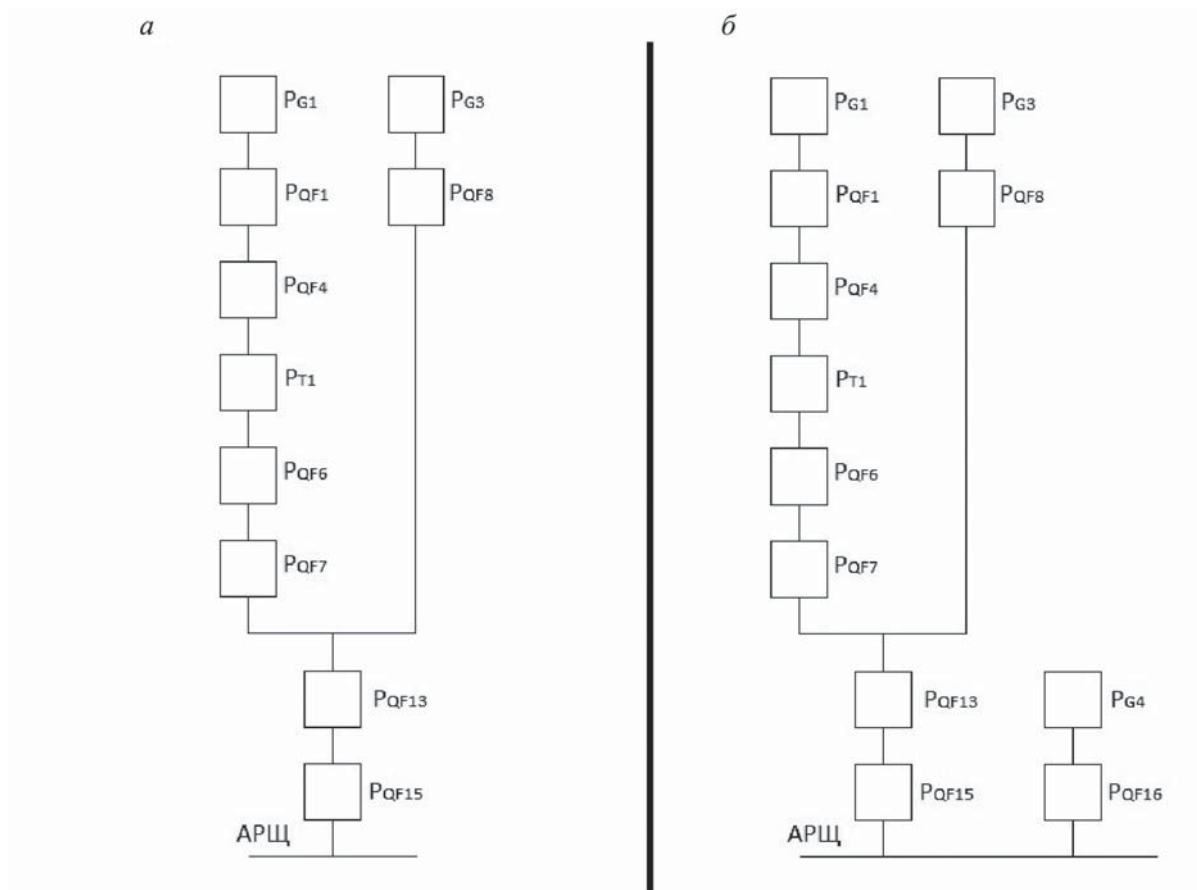


Рис. 3. Структурные схемы для расчета надежности электроснабжения в маневренном режиме:
а — при любом обесточивании АРЩ; б — при обесточивании АРЩ более чем на 45 с

Согласно рис. 3, а АРЩ будет получать питание, если хотя бы одна из двух цепей (P_{G1}, P_{QF1}, P_{QF4}, P_{T1}, P_{QF6}, P_{QF7}, P_{QF13}, P_{QF15} или P_{G3}, P_{QF8}, P_{QF13}, P_{QF15}) будет работоспособна. С точки зрения надежности это будет расчет надежности схемы «голосования» один из двух.

Так как при отказе любого из элементов цепи питания главного генератора G1 (P_{G1}, P_{QF1}, P_{QF4}, P_{T1}, P_{QF6}, P_{QF7}) откажет цепь питания главного генератора, то элементы этой цепи оказываются включенными в смысле надежности последовательно, а интенсивность отказов одной цепи будет равна сумме интенсивности отказов входящих в эту цепь элементов:

$$\lambda_{ГГ1} = \lambda_{G1} + \lambda_{QF1} + \lambda_{QF4} + \lambda_{T1} + \lambda_{QF6} + \lambda_{QF7} = 50 \cdot 10^{-6} + 13 \cdot 10^{-6} + 13 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-6} + 13 \cdot 10^{-6} + 13 \cdot 10^{-6} = 106 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Вероятность безотказной работы элементов цепи главного генератора G1 P_{ГГ1}(t) за 1000 ч работы в период нормальной эксплуатации может быть определена с использованием экспоненциального закона распределения:

$$P_{ГГ1}(t) = e^{-\lambda_{ГГ1}t};$$

$$P_{ГГ1}(1000) = e^{-\lambda_{ГГ1}t} = e^{-106 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 0,9989.$$

Так как при отказе любого из элементов цепи питания вспомогательного дизель-генератора G3 (P_{G1} , P_{QF1}) откажет цепь питания вспомогательного дизель-генератора, то элементы этой цепи оказываются включенными в смысле надежности последовательно, а интенсивность отказов одной цепи будет равна сумме интенсивности отказов входящих в эту цепь элементов:

$$\lambda_{ВДГ} = \lambda_{ВДГ} + \lambda_{QF8} = 70 \cdot 10^{-6} + 13 \cdot 10^{-6} = 83 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Вероятность безотказной работы цепи вспомогательного дизель-генератора $P_{ВДГ}(t)$ за 1000 ч работы в период нормальной эксплуатации может быть определена с использованием экспоненциального закона распределения:

$$P_{ВДГ}(t) = e^{-\lambda_{ВДГ}t};$$

$$P_{ВДГ}(1000) = e^{-\lambda_{ВДГ}t} = e^{-83 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 0,9199.$$

При отказе любого из элементов основной цепи (P_{QF4} , P_{T1} , P_{QF6} , P_{QF7} , P_{QF13} , P_{QF15}) АРЩ обесточится, поэтому элементы этой цепи оказываются включенными в смысле надежности последовательно, а интенсивность отказов одной цепи будет равна сумме интенсивности отказов входящих в эту цепь элементов:

$$\lambda_{ОЦ} = \lambda_{QF13} + \lambda_{QF15} = 13 \cdot 10^{-6} + 13 \cdot 10^{-6} = 26 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Вероятность безотказной работы основной цепи $P_{ОЦ}(t)$ за 1000 ч работы в период нормальной эксплуатации может быть определена с использованием экспоненциального закона распределения:

$$P_{ОЦ}(t) = e^{-\lambda_{ОЦ}t};$$

$$P_{ОЦ}(1000) = e^{-\lambda_{ОЦ}t} = e^{-26 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 0,9742.$$

Как указывалось выше, вероятность безотказной работы обеих генераторных цепей в этом режиме работы судна может рассматриваться как вероятность работоспособности какой-либо одной цепи питания из двух, поэтому возможны следующие четыре гипотезы (Γ) о состояниях двух цепей питания (P — работоспособное состояние, HP — неработоспособное состояние):

Таблица 1

Таблица гипотез о состояниях двух цепей питания

Цепь питания, номер	Гипотезы			
	Γ_1	Γ_2	Γ_3	Γ_4
1	P	HP	HP	P
2	P	HP	P	HP

Вероятность безотказного электроснабжения аварийного распределительного щита, то есть работоспособность хотя бы одной цепи питания из двух, согласно приведенной таблице гипотез будет

$$P_{ГЦ} = \text{Вер}(\Gamma_1) + \text{Вер}(\Gamma_3) + \text{Вер}(\Gamma_4) = P_{ГГ1} \cdot P_{ВДГ} + (1 - P_{ГГ1}) \cdot P_{ВДГ} + P_{ГГ1} \cdot (1 - P_{ВДГ}).$$

Таким образом, за 1000 ч работы ($t = 1000$ ч) вероятность безотказной работы обеих генераторных цепей составит

$$P_{ГЦ}(1000) = 0,8989 \cdot 0,9199 + (1 - 0,8989) \cdot 0,9199 + 0,8989 \cdot (1 - 0,9199) = 0,9919.$$

Вероятность безотказной работы всей цепи питания АРЩ за 1000 ч работы ($t = 1000$ ч) будет равна

$$P_{Ц}(1000) = 0,9919 \cdot 0,9742 = 0,9663.$$

Средняя наработка на отказ всей цепи в предположении об экспоненциальном распределении наработки до отказа для всей системы электроснабжения АРЩ:

$$\lambda_c = -\frac{1}{t} \ln P_{\text{ц}}(t) = -\frac{1}{1000} \ln 0,9663 = 34,27 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

составит

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\text{ц}}} = \frac{1}{34,27 \cdot 10^{-6}} = 29\,149 \text{ ч.}$$

Следует понимать, что получены значения показателей надежности электроснабжения при условии, что отказом считалось любое обесточивание АРЩ. Согласно требованиям Российского морского регистра судоходства при обесточивании АДГ должен запускаться и принимать нагрузку за время, не превышающее 45 с. Если считать отказом обесточивание АРЩ более чем на 45 с, то значения показателей надежности электроснабжения будут отличаться от полученных ранее. Расчет, аналогичный приведенному выше, произведенный по структурной схеме на рис. 3, б, показывает:

$$P_{\text{ц}}(1000) = 0,998,$$

$$\lambda_{\text{ц}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч,}$$

$$T_0 = 500\,000 \text{ ч.}$$

Для сравнения полученных показателей надежности электроснабжения в различных режимах работы СЭС расчетные данные сведены в табл. 2 для случая обесточивания при отказе и в табл. 3 для случая невозможности питания за установленное время (45 с) при отказе и отображены в виде диаграммы на рис. 4.

Таблица 2

Результаты расчета показателей надежности (считая отказом любое обесточивание АРЩ)

Режим работы судна	P	$\lambda_{\text{ц}}, \text{ 1/ч}$	$T_0, \text{ ч}$
Ходовой режим	0,8757	$132 \cdot 10^{-6}$	7576
Стояночный режим	0,8961	$109 \cdot 10^{-6}$	9174
Аварийный режим СЭС	0,911	$93 \cdot 10^{-6}$	10 753
Режим выполнения грунтовых работ	0,9288	$73,86 \cdot 10^{-6}$	13 539
Маневренный режим	0,9663	$34,27 \cdot 10^{-6}$	29 149
Режим обеспечения максимальной мощности	0,8112	$208 \cdot 10^{-6}$	4808

Таблица 3

**Результаты расчета показателей надежности
(считая отказом обесточивание АРЩ на время более чем 45 с)**

Режим работы судна	P	$\lambda_{\text{ц}}, \text{ 1/ч}$	$T_0, \text{ ч}$
Ходовой режим	0,989	$11,06 \cdot 10^{-6}$	90 416
Стояночный режим	0,991	$9,04 \cdot 10^{-6}$	110 620
Аварийный режим СЭС	0,911	$93 \cdot 10^{-6}$	10 753
Режим выполнения грунтовых работ	0,994	$6,02 \cdot 10^{-6}$	166 113
Маневренный режим	0,998	$2 \cdot 10^{-6}$	500 000
Режим обеспечения максимальной мощности	0,983	$17,15 \cdot 10^{-6}$	58 309

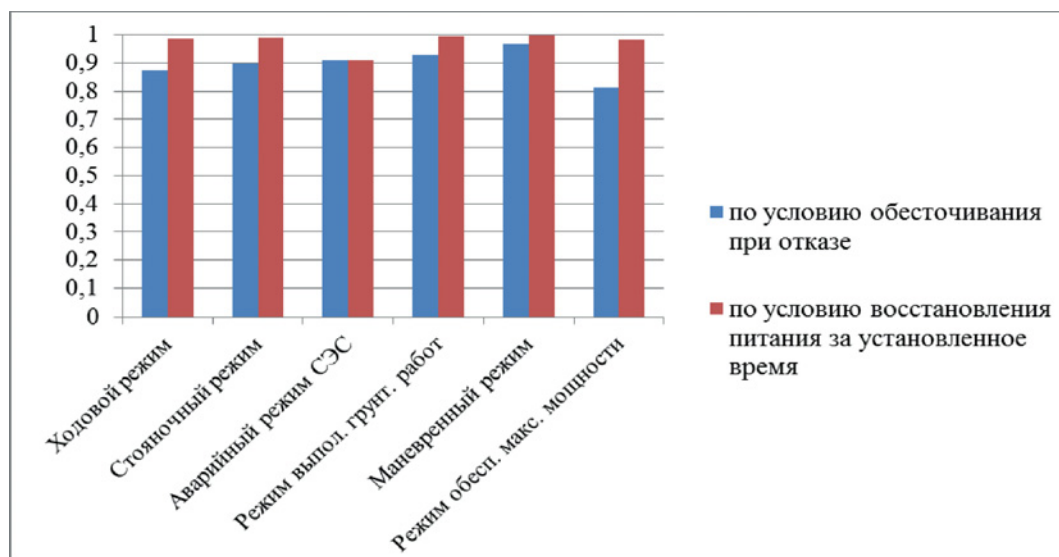


Рис. 4. Вероятности безотказной работы в разных режимах работы СЭЭС

Как видно из табл. 2, 3 и рис. 4, режим обеспечения максимальной мощности показывает наименьшие показатели надежности ($P = 0,8112$; $\lambda_{ц} = 208 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$; $T_0 = 4808 \text{ ч}$). Это объясняется высокой загруженностью СЭЭС в этом режиме, в связи с чем все элементы расчетной структурной схемы включены в смысле надежности последовательно.

С увеличением количества включенных параллельно в смысле надежности элементов СЭЭС (резервирование) вероятность безотказной работы всей системы и средняя наработка до отказа увеличиваются, а интенсивность отказов уменьшается. Так, в маневренном режиме $P = 0,9663$; $\lambda_{ц} = 34,27 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$; $T_0 = 29 \text{ 149 ч}$.

Таким образом, для рассматриваемого судна наибольшая надежность электроснабжения обеспечивается в маневренном режиме и режиме выполнения грунтовых работ, а наименьшая — в режиме обеспечения максимальной мощности.

Приведенная методика расчета показателей надежности электроснабжения в различных режимах работы СЭЭС может быть использована и для других типов судов, при этом точность расчетов будет определяться прежде всего достоверностью показателей надежности конкретных элементов системы электроснабжения данного судна.

Список литературы

1. Кузнецов С. Е. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики / С. Е. Кузнецов, В. С. Филев. — СПб.: Судостроение, 1995. — 448 с.
2. Кузнецов С. Е. Техническая эксплуатация судового электрооборудования / С. Е. Кузнецов [и др.] — М.: Проект, 2010. — 512 с.

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

УДК 519.63:539.384:629.12

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

Е. В. Потехина,
доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. В. Анненков,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ФОРМ РАВНОВЕСИЯ СЖАТЫХ ПАНЕЛЕЙ ОБШИВКИ КОРПУСА СУДНА

DETERMINATION OF THE SPECTRUM OF CRITICAL LOADS AND FORMS BALANCE COMPRESSED CLADDING PANELS HULL

Защемленная по контуру прямоугольная панель обшивки сжимается в ее плоскости равномерно распределенной нагрузкой, приложенной ко всем граням. Аналитическое решение построено для четырех закритических форм равновесия: симметричной, антисимметричной и двух их комбинаций. Каждое решение выбирается в виде суммы двух гиперболо-тригонометрических рядов по двум координатам. Проблема сводится к бесконечной однородной системе относительно коэффициентов рядов. Приводятся численные результаты нахождения критических нагрузок. Графически представлены найденные формы равновесия.

Clamped on a contour of a rectangular casing panel is compressed in its plane uniformly distributed load applied to each face. The analytical solution is constructed for four supercritical forms of equilibrium: symmetric, antisymmetric, and two of their combinations. Each solution is chosen as a sum of two hyperbolic-trigonometric series by two coordinates. The problem is reduced to an infinite homogeneous system, relative to the coefficients of the series. Numerical results of critical loads. Graphically presents found forms of equilibrium.

Ключевые слова: прямоугольная защемленная пластина, устойчивость, гиперболо-тригонометрические ряды, критические нагрузки, формы равновесия.

Key words: rectangular clamped plate, stability, hyperbolic-trigonometric series, critical value, forms of equilibrium.

1. Анализ проблемы. Физическая и математическая модель задачи. Сжимающие усилия, передающиеся на обшивку от других элементов конструкции через силовой набор, если они достаточно велики, могут привести к потере устойчивости панели обшивки, что, в свою очередь, часто приводит к разрушению этого элемента, а возможно, и всей конструкции. Поэтому определение критических сжимающих нагрузок является важной частью расчета на прочность обшивки, палубных настилов, переборок и т. п.

В работе [1, с. 51–58] получено симметричное решение задачи устойчивости прямоугольной панели, защемленной по всем граням. Это позволило найти первую критическую нагрузку (эйлерову) и несколько последующих, а также формы равновесных состояний после прохождения критических нагрузок. Подробно исследована квадратная пластина. Однако при симметричной сжимающей нагрузке формы устойчивого равновесия могут быть не только симметричными относительно осей координат, но и антисимметричными, а также симметричными относительно одной оси и антисимметричными по другой. Поэтому дополнительно должны быть получены и исследованы нечетное, четно-нечетное и нечетно-четное решения.

Пусть пластина с размерами $a \times b$ в плане постоянной толщины h нагружена равномерно распределенными сжимающими усилиями T_x, T_y , приложенными к ее граням. Начало системы координат поместим в центр пластины.

Дифференциальное уравнение изгиба такой пластины в безразмерных координатах $x = X/b, y = Y/b$ имеет вид [2]:

$$\nabla^2 \nabla^2 w + T_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + T_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

где w — прогиб срединной поверхности пластины; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ — цилиндрическая жесткость; E — модуль Юнга; ν — коэффициент Пуассона; $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ — оператор Лапласа; $T_x = \frac{b^2}{D} T_x$, $T_y = \frac{b^2}{D} T_y$ — относительные сжимающие усилия.

Относительные размеры пластины будут такими: $-\gamma/2 \leq x \leq \gamma/2, -1/2 \leq y \leq 1/2$, где $\gamma = a/b$ — отношение сторон.

Граничные условия имеют вид [3]:

$$w = 0, w'_x = 0 \text{ при } x = \pm\gamma/2, \quad (2)$$

$$w = 0, w'_y = 0 \text{ при } y = \pm 1/2. \quad (3)$$

Таким образом, математическая модель задачи представлена уравнениями (1)–(3). Задача ставится так:

1) найти выражение функции прогибов $w(x, y)$, удовлетворяющее уравнению (1) и граничным условиям (2), (3);

2) найти значения сжимающих усилий T_x и T_y (критические значения), при которых пластина теряет устойчивость, а затем приобретает новую форму устойчивого равновесия.

В общем случае имеется бесконечный ряд таких значений и форм. Практика показывает, что в некоторых случаях (при быстром нагружении или при наличии конструктивных ограничителей) разрушения при первой критической нагрузке (эйлеровой) не происходит; пластина приобретает новую устойчивую форму равновесия и способна в дальнейшем выдерживать более высокие нагрузки, хотя при этом имеет значительные деформации. Поэтому важно знать и вторую критическую нагрузку. С математической точки зрения интересно получить некоторый спектр критических нагрузок, и эти результаты могут быть востребованы в будущем при появлении новых материалов или при особых условиях эксплуатации, например при высоких или низких температурах и т. п.

Задача устойчивости защемленной по всему контуру прямоугольной пластины не имеет решения в замкнутой форме. Трудность состоит в удовлетворении граничным условиям отсутствия углов поворота заделанных кромок. Поэтому некоторые исследователи ограничивались лишь первым приближением, и проблема состоит в том, чтобы получить более достоверные численные результаты.

2. Построение решения. Задачу будем решать методом, описанным в [4], с помощью гиперболических рядов по двум координатам.

Четное решение. Четное (симметричное) решение задачи (1)–(3) выбираем в виде суммы двух функций [1]:

$$w_{11}(x, y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{k}} (A_{k1} \operatorname{ch} \alpha_k x + B_{k1} \operatorname{ch} \beta_k x) \cos \lambda_k y, \quad (4)$$

$$w_{21}(x, y) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^{\tilde{s}} (C_{s1} \operatorname{ch} \xi_s y + D_{s1} \operatorname{ch} \eta_s y) \cos \mu_s x, \quad (5)$$

где $\lambda_k = k\pi, \mu_s = s\pi/\gamma, \tilde{k} = (k+2)/2, \tilde{s} = (s+1)/2, A_{k1}, B_{k1}, \alpha_k, \beta_k, C_{s1}, D_{s1}, \xi_s, \eta_s$ — неопределенные коэффициенты.

Потребуем, чтобы эти функции удовлетворяли дифференциальному уравнению (1). Тогда получим:

$$\alpha_k, \beta_k = \sqrt{0,5 \left[2\lambda_k^2 - T_x \pm \sqrt{4\lambda_k^2(T_y - T_x) + T_x^2} \right]}, \quad (6)$$

$$\xi_s, \eta_s = \sqrt{0,5 \left[2\mu_s^2 - T_y \pm \sqrt{4\mu_s^2(T_x - T_y) + T_y^2} \right]}, \quad (7)$$

Знак «+» перед внутренним радикалом относится к первому коэффициенту в левой части, а «-» — ко второму.

Заметим, что эти корни могут быть как действительными, так и комплексными.

Функции (4), (5) «автоматически» удовлетворяют условиям отсутствия прогибов лишь двух граней $y = \pm 1/2$ или $x = \pm \gamma/2$. Потребуем, чтобы прогибы были нулевыми и на двух других. Тогда коэффициенты B_{k1} и A_{k1} , а также D_{s1} и C_{s1} будут связаны соотношениями:

$$A_{k1} = -B_{k1} \operatorname{ch} \beta_k^* / \operatorname{ch} \alpha_k^*, \quad C_{s1} = -D_{s1} \operatorname{ch} \eta_s^* / \operatorname{ch} \xi_s^*, \quad (8)$$

где

$$\alpha_k^* = \alpha_k \gamma / 2, \quad \beta_k^* = \beta_k \gamma / 2, \quad \xi_s^* = \xi_s / 2, \quad \eta_s^* = \eta_s / 2.$$

Потребуем теперь, чтобы искомое решение, то есть сумма функций w_{11} и w_{21} , удовлетворяли условию отсутствия углов поворота заделанных сечений (вторые условия (2), (3)). Это дает систему уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^k A_{k1} \operatorname{ch} \alpha_k^* (\alpha_k \operatorname{th} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{th} \beta_k^*) \cos \lambda_k y + \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \mu_s C_{s1} \left(\operatorname{ch} \xi_s y - \frac{\operatorname{ch} \xi_s^*}{\operatorname{ch} \eta_s^*} \operatorname{ch} \eta_s y \right) = 0, \\ \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \lambda_k A_{k1} \left(\operatorname{ch} \alpha_k x - \frac{\operatorname{ch} \alpha_k^*}{\operatorname{ch} \beta_k^*} \operatorname{ch} \beta_k x \right) + \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^s C_{s1} \operatorname{ch} \xi_s^* (\xi_s \operatorname{th} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{th} \eta_s^*) \cos \mu_s x = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Разложим гиперболические функции, входящие в (9), в ряды Фурье по косинусам и, переставляя знаки суммирования, после преобразований приведем систему к виду:

$$\begin{cases} A_{k1}^* (\alpha_k \operatorname{th} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{th} \beta_k^*) - 4\lambda_k \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \mu_s C_{s1}^* \frac{\eta_s^2 - \xi_s^2}{(\xi_s^2 + \lambda_k^2)(\eta_s^2 + \lambda_k^2)} = 0, \\ -\frac{4}{\gamma} \mu_s \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} \lambda_k A_{k1}^* \frac{\beta_k^2 - \alpha_k^2}{(\alpha_k^2 + \mu_s^2)(\beta_k^2 + \mu_s^2)} + C_{s1}^* (\xi_s \operatorname{th} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{th} \eta_s^*) = 0, \end{cases} \quad (10)$$

где $A_{k1}^* = A_{k1} \operatorname{ch} \alpha_k^*$, $C_{s1}^* = C_{s1} \operatorname{ch} \xi_s^*$.

Разрешая второе уравнение системы относительно коэффициентов C_{s1}^* и подставляя их в первое уравнение, получим систему для одной последовательности коэффициентов:

$$a_{k1} = \frac{16}{\gamma} \frac{\lambda_k^2}{\varphi_{k1}} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s^2 \sqrt{4\mu_s^2(T_x - T_y) + T_y^2}}{\theta_{s1} (\xi_s^2 + \lambda_k^2)(\eta_s^2 + \lambda_k^2)} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\sqrt{4\lambda_m^2(T_y - T_x) + T_x^2}}{(\alpha_m^2 + \mu_s^2)(\beta_m^2 + \mu_s^2)} a_{m1}, \quad (11)$$

где

$$a_{k1} = A_{k1}^* \lambda_k = A_{k1} \lambda_k \operatorname{ch} \alpha_k^*, \quad \varphi_{k1} = \alpha_k \operatorname{th} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{th} \beta_k^*, \quad \theta_{s1} = \xi_s \operatorname{th} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{th} \eta_s^*.$$

Здесь, чтобы не путать индексы, во внутренней сумме поставлен индекс m вместо k .

Система (11) представляет собой бесконечную однородную систему линейных алгебраических уравнений относительно последовательности коэффициентов a_{k1} .

Если пластина устойчива при данных значениях сжимающих усилий T_x и T_y , то для любых отличных от нуля начальных значений коэффициентов a_{k1} процесс последовательных приближе-

ний, организованный по формуле (11), приведет к тривиальному решению. Форма пластины останется плоской, если усилия значительно меньше эйлеровых. С ростом усилий начнет появляться зона неустойчивого состояния, когда коэффициенты α_k начнут расти. Расчеты показали, что зона неустойчивого состояния, сопровождающаяся ростом прогибов пластины, может быть достаточно протяженной и включать в себя критическую нагрузку, дающую резкий неограниченный рост прогибов пластины. В зоне неустойчивого состояния система (11) дает расходящееся решение с меньшей или большей скоростью.

Нечетное решение. Для антисимметричных форм изогнутой поверхности обе функции прогибов будут содержать лишь нечетные функции по обеим координатам:

$$w_{12}(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k (A_{k2} \operatorname{sh} \alpha_k x + B_{k2} \operatorname{sh} \beta_k x) \sin \lambda_k y, \quad (12)$$

$$w_{22}(x, y) = \sum_{s=1}^{\infty} (-1)^s (C_{s2} \operatorname{sh} \xi_s y + D_{s2} \operatorname{sh} \eta_s y) \sin \mu_s x, \quad (13)$$

где $\lambda_k = 2\pi k$, $\mu_s = 2\pi s/\gamma$, а коэффициенты $\alpha_k, \beta_k, \xi_s, \eta_s$ имеют тот же вид (6), (7).

Удовлетворяя всем граничным условиям задачи, придем к аналогичной (11) бесконечной системе:

$$a_{k2} = \frac{16}{\gamma} \frac{\lambda_k^2}{\varphi_{k2}} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\mu_s^2 \sqrt{4\mu_s^2 (T_x - T_y) + T_y^2}}{\theta_{s2} (\xi_s^2 + \lambda_k^2) (\eta_s^2 + \lambda_k^2)} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sqrt{4\lambda_m^2 (T_y - T_x) + T_x^2}}{(\alpha_m^2 + \mu_s^2) (\beta_m^2 + \mu_s^2)} a_{m2}, \quad (14)$$

где

$$a_{k2} = A_{k2} \lambda_k \operatorname{sh} \alpha_k^*, \quad \varphi_{k2} = \alpha_k \operatorname{cth} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{cth} \beta_k^*, \quad \theta_{s2} = \xi_s \operatorname{cth} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{cth} \eta_s^*.$$

Нечетно-четное решение. Форма изогнутой поверхности может быть антисимметричной относительно одной оси и симметричной по другой. Тогда

$$w_{13}(x, y) = \sum_{k=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^k (A_{k3} \operatorname{sh} \alpha_k x + B_{k3} \operatorname{sh} \beta_k x) \cos \lambda_k y, \quad (15)$$

$$w_{23}(x, y) = \sum_{s=1}^{\infty} (-1)^s (C_{s3} \operatorname{ch} \xi_s y + D_{s3} \operatorname{ch} \eta_s y) \sin \mu_s x, \quad (16)$$

где $\lambda_k = \pi k$, $\mu_s = 2\pi s/\gamma$.

Разрешающая система:

$$a_{k3} = \frac{16}{\gamma} \frac{\lambda_k^2}{\varphi_{k3}} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\mu_s^2 \sqrt{4\mu_s^2 (T_x - T_y) + T_y^2}}{\theta_{s3} (\xi_s^2 + \lambda_k^2) (\eta_s^2 + \lambda_k^2)} \sum_{m=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\sqrt{4\lambda_m^2 (T_y - T_x) + T_x^2}}{(\alpha_m^2 + \mu_s^2) (\beta_m^2 + \mu_s^2)} a_{m3}, \quad (17)$$

где

$$a_{k3} = A_{k3} \lambda_k \operatorname{sh} \alpha_k^*, \quad \varphi_{k3} = \alpha_k \operatorname{th} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{th} \beta_k^*, \quad \theta_{s3} = \xi_s \operatorname{cth} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{cth} \eta_s^*.$$

Четно-нечетное решение. Аналогично:

$$w_{14}(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k (A_{k4} \operatorname{ch} \alpha_k x + B_{k4} \operatorname{ch} \beta_k x) \sin \lambda_k y, \quad (18)$$

$$w_{24}(x, y) = \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} (-1)^s (C_{s4} \operatorname{sh} \xi_s y + D_{s4} \operatorname{sh} \eta_s y) \cos \mu_s x, \quad (19)$$

где $\lambda_k = 2\pi k$, $\mu_s = \pi s/\gamma$.

Разрешающая система:

$$a_{k4} = \frac{16}{\gamma} \frac{\lambda_k^2}{\varphi_{k4}} \sum_{s=1,3,\dots}^{\infty} \frac{\mu_s^2 \sqrt{4\mu_s^2 (T_x - T_y) + T_y^2}}{\theta_{s4} (\xi_s^2 + \lambda_k^2) (\eta_s^2 + \lambda_k^2)} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sqrt{4\lambda_m^2 (T_y - T_x) + T_x^2}}{(\alpha_m^2 + \mu_s^2) (\beta_m^2 + \mu_s^2)} a_{m4}, \quad (20)$$

где

$$a_{k4} = A_{k4} \lambda_k \operatorname{ch} \alpha_k^*, \quad \varphi_{k4} = \alpha_k \operatorname{cth} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{cth} \beta_k^*, \quad \theta_{s4} = \xi_s \operatorname{th} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{th} \eta_s^*.$$

3. Численные результаты. Здесь представлены численные результаты для случая, когда с обеих сторон действуют одинаковые сжимающие усилия $T_x = T_y = T$. При этом

$$\alpha_k = \lambda_k, \quad \beta_k = \sqrt{\lambda_k^2 - T}, \quad \xi_s = \mu_s, \quad \eta_s = \sqrt{\mu_s^2 - T}.$$

и системы (11), (14), (17), (20) можно записать в виде одного выражения:

$$a_{ki} = \frac{16T^2}{\gamma} \frac{\lambda_k^2}{\varphi_{ki}} \sum_{si} \frac{\mu_s^2}{\theta_{si} (\mu_s^2 + \lambda_k^2) (\mu_s^2 + \lambda_k^2 - T)} \sum_{mi} \frac{a_{mi}}{(\lambda_m^2 + \mu_s^2) (\lambda_m^2 + \mu_s^2 - T)}, \quad (21)$$

где $i = 1, 2, 3, 4$.

Четное решение:

$$i = 1, \quad A_{k1} = a_{k1} / (\lambda_k \operatorname{ch} \alpha_k^*)$$

$$\lambda_k = \pi k \quad (k = 1, 3, \dots), \quad \varphi_k = \alpha_k \operatorname{th} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{th} \beta_k^*,$$

$$\mu_s = \pi s / \gamma \quad (s = 1, 3, \dots), \quad \theta_s = \xi_s \operatorname{th} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{th} \eta_s^*.$$

Нечетное решение:

$$i = 2, \quad A_{k2} = a_{k2} / (\lambda_k \operatorname{sh} \alpha_k^*)$$

$$\lambda_k = 2\pi k \quad (k = 1, 2, \dots), \quad \varphi_k = \alpha_k \operatorname{cth} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{cth} \beta_k^*,$$

$$\mu_s = 2\pi s / \gamma \quad (s = 1, 2, \dots), \quad \theta_s = \xi_s \operatorname{cth} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{cth} \eta_s^*.$$

Нечетно-четное решение:

$$i = 3, \quad A_{k3} = a_{k3} / (\lambda_k \operatorname{sh} \alpha_k^*)$$

$$\lambda_k = \pi k \quad (k = 1, 3, \dots), \quad \varphi_k = \alpha_k \operatorname{th} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{th} \beta_k^*,$$

$$\mu_s = 2\pi s / \gamma \quad (s = 1, 2, \dots), \quad \theta_s = \xi_s \operatorname{cth} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{cth} \eta_s^*.$$

Четно-нечетное решение:

$$i = 4, \quad A_{k4} = a_{k4} / (\lambda_k \operatorname{ch} \alpha_k^*)$$

$$\lambda_k = 2\pi k \quad (k = 1, 2, \dots), \quad \varphi_k = \alpha_k \operatorname{cth} \alpha_k^* - \beta_k \operatorname{cth} \beta_k^*,$$

$$\mu_s = \pi s / \gamma \quad (s = 1, 3, \dots), \quad \theta_s = \xi_s \operatorname{th} \xi_s^* - \eta_s \operatorname{th} \eta_s^*. \quad (22)$$

Для вычислительного процесса была составлена программа в системе аналитических вычислений Maple. В расчетах рассматривались пластины с отношением сторон $\gamma = 1$ (квадратная), 1,5 и 2. Величина сжимающих усилий менялась в широких пределах. Для каждого значения T сначала все коэффициенты a_m полагались равными единице (нулевое приближение). По формуле (21) вычислялись коэффициенты a_k (первое приближение). Затем эти коэффициенты подставлялись в правую часть системы (21) и вычислялись коэффициенты второго приближения и т. д. Для качественного анализа итерационная процедура выполнялась от 20 до 30 раз. Число членов в рядах принималось равным 59 (это число является и размером укороченной системы (21)). Дальнейшее увеличение этого числа практически не влияло на точность вычислений (совпадение до шестого знака). На печать выводились все коэффициенты для каждой итерации. Время вычисления для каждого значения T составляло 1–2 мин, поэтому интервалы устойчивого и неустойчивого состояния, критические усилия находились достаточно быстро простым перебором значений T с учетом поведения коэффициентов a_k по итерациям.

Если при данном значении нагрузки наблюдалось уменьшение абсолютных значений коэффициентов a_k с ростом числа итераций, то есть в пределе получалось тривиальное решение, то это означало, что пластина устойчива. Эти нагрузки образовывали некоторые интервалы — интервалы устойчивого состояния.

Если же коэффициенты росли, то это означало, что пластина находится в неустойчивом состоянии. Соответствующие значения нагрузки образовывали интервалы неустойчивого состояния. В принципе при любой нагрузке из этого интервала пластина может потерять устойчивость, однако вблизи концов интервала это маловероятно хотя бы из-за наличия сил внутреннего трения. В качестве критических значений принимались те, при которых коэффициенты наиболее быстро устремлялись к бесконечности при одном и том же числе итераций.

Значения нагрузки, при которых получалось нетривиальное конечное решение, то есть, начиная с некоторой итерации, все соответствующие коэффициенты совпадали, принимались в качестве равновесных значений, а полученные при этом формы изогнутой поверхности пластины представляли собой формы ее равновесия. Были получены трехмерные изображения этих форм, где визуально можно было убедиться в строгом выполнении граничных условий.

Помимо критических и равновесных значений, существуют и особые значения нагрузки. Особые значения, при которых $T = \lambda_k^2 + \mu_s^2$ и знаменатель формулы (21) обращается в нуль, имеют место из-за того, что искомое решение представлялось в виде суммы двух гиперболо-тригонометрических рядов по двум координатам (4, 5) и им подобных, каждый из которых моделирует свободно опертые параллельные кромки. Поэтому в решении для защемленной по всему контуру пластины «сидит» и критическое состояние для свободно опертой пластины, являясь, как показали исследования, лишь началом зоны неустойчивого состояния защемленной пластины.

В табл. 1 приведены несколько первых критических нагрузок для пластин с различным отношением сторон и указаны соответствующие формы решения, при которых они получены. Самая первая из них — эйлерова нагрузка. В работе [1] дается сравнение эйлеровых нагрузок, полученных другими авторами для квадратной пластины, со значением 37,8 (см. табл. 1).

Следует отметить, что в спектре критических нагрузок имеются совпадающие значения для различных отношений сторон. В табл. 1 они выделены одинаковым цветом.

Таблица 1

Критические усилия равномерного сжатия при различных формах потери устойчивости прямоугольных пластин, защемленных по контуру, с отношением сторон 1, 1,5 и 2

Диапазон усилий $T = T_x = T_y$	$\gamma = 1$		$\gamma = 1,5$		$\gamma = 2$	
	$T_{кр.}$	Форма решения	$T_{кр.}$	Форма решения	$T_{кр.}$	Форма решения
11–20	—	—	19,835	четная	14,617	четная
21–30	—	—	—	—	26,28	нечетно-четная
31–40	37,8	четная	—	—	37,8	нечетно-четная
41–50	—	—	41,537 46,351	нечетно-четная четно-нечетная	44,629	четная
51–60	58,47	нечетно-четная	58,47	четная	52,949 58,47	нечетная нечетно-четная
61–70	—	—	65,463	нечетная	68,905	четно-нечетная
71–80	—	—	—	—	78,541	четная
81–90	85,081	нечетно-четная	86,512	нечетно-четная	85,081	нечетная
91–100	—	—	94,735 94,875	четная четно-нечетная	92,521	четно-нечетная

Таблица 1
(Окончание)

101–110	104,289 105,119	четная нечетная	105,119	четно-нечетная	105,119	нечетная
111–120	—	—	112,049	нечетно-четная	116,054 117,007	четная четно-нечетная
121–140	—	—	133,682	нечетная	...	...
141–150	147,291	нечетно-четная	...	...		
151–160	156,25	четная				
161–220	211,795	нечетная				
...	...	...				

В табл. 2 приведены нагрузки, при которых пластина переходит в новое состояние равновесия после прохождения одной из критических нагрузок. При этих значениях коэффициенты a_k бесконечной системы (21), которые находятся из соответствующей укороченной системы методом последовательных приближений, сходятся к нетривиальным значениям. После 20-й итерации соответствующие коэффициенты практически не отличались друг от друга.

Таблица 2

**Равновесные сжимающие усилия и типы форм равновесия
прямоугольных пластин, защемленных по контуру, с отношением сторон 1, 1,5 и 2**

Диапазон усилий $T = T_x = T_y$	$\gamma = 1$		$\gamma = 1,5$		$\gamma = 2$	
	$T_{рв}$	Форма равновесия	$T_{рв}$	Форма равновесия	$T_{рв}$	Форма равновесия
40–50	—	—	40,675	четная	42,547	нечетно-четная
50–60	52,345	четная	53,162	нечетно-четная	54,679	четная
70–80	—	—	79,735	четная	—	—
80–90	—	—	—	—	82,289	четно-нечетная
90–100	92,125	нечетно-четная	96,198	нечетная	98,690	четная
120–130	128,21	нечетная	...	...	...	...
160–170	167,03	четная				
...	...	...				

На рис. 1–4 представлены первые четыре формы равновесного состояния квадратной пластины, равномерно сжатой с четырех сторон.

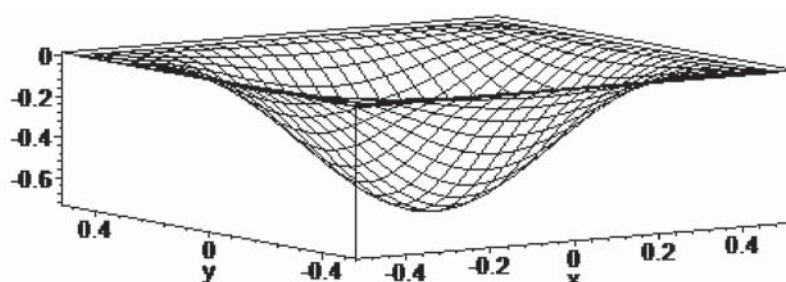


Рис. 1. Четная форма равновесия квадратной пластины при $T_{рв} = 52,345$

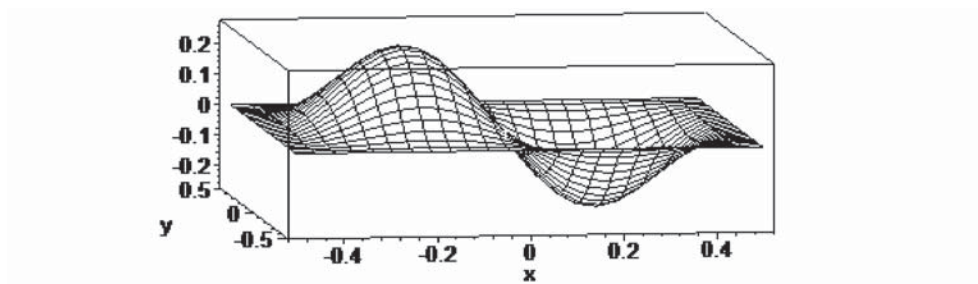


Рис. 2. Нечетно-четная форма равновесия квадратной пластины при $T_{рв} = 92,125$

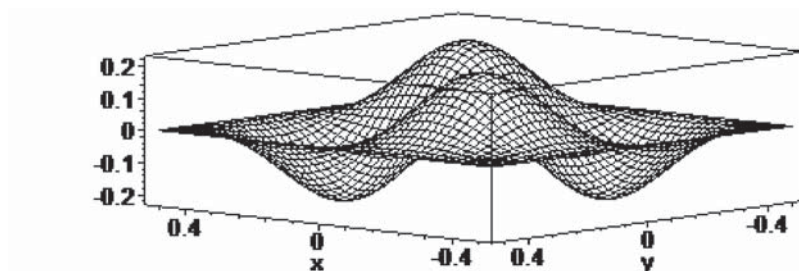


Рис. 3. Нечетная форма равновесия квадратной пластины при $T_{рв} = 128,21$

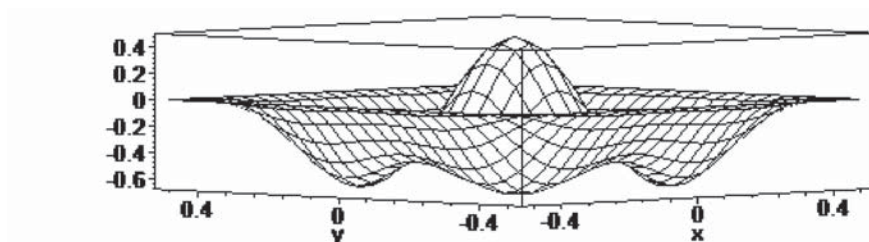


Рис. 4. Четная форма равновесия квадратной пластины при $T_{рв} = 167,03$

4. Выводы. Полученное решение позволяет с высокой точностью найти критические сжимающие нагрузки при различных сочетаниях T_x и T_y для защемленных прямоугольных пластин, а также определить закритические формы равновесия. Алгоритм вычислений и численные результаты могут быть использованы в практических расчетах на устойчивость элементов обшивки судовых и гидротехнических конструкций.

Список литературы

1. Сухотерин М. В. Устойчивость сжатых панелей обшивки судна / М. В. Сухотерин, Т. П. Кныш, Л. В. Анненков // Вестник ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — Вып. 2 (18).
2. Папкович П. Ф. Строительная механика корабля / П. Ф. Папкович. — Л.: Судпромгиз, 1941. — Ч. 2. — 960 с.
3. Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. — М.: Физматгиз, 1963. — 635 с.
4. Барышников С. О. Прочность, устойчивость, колебания плоских элементов судовых конструкций / С. О. Барышников, М. В. Сухотерин. — СПб.: Судостроение, 2012. — 167 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ

CURRENT ISSUES OF DESIGN AND CALCULATION OF LIFTING CRANES

В статье излагаются актуальные вопросы, с которыми сталкивается конструктор в процессе нового проектирования лебедок механизмов подъема порталных кранов. Их понимание позволит избежать конструктивных недостатков, проявляющихся в виде нарушения работоспособного состояния машины и придать уверенность проектанту в правильности принятого решения.

This article deals with the urgent issues faced by the designer in the process of new design winches, lifting mechanisms and cranes. Their decision will allow to avoid design flaws, manifested in the form of violations of the operational condition of the machine and strengthen the confidence of the designers a the correctness of the decision.

Ключевые слова: конструкция, механизм, лебедка, передачи, муфты, законы распределения нагрузок, прочность.

Key words: structure, mechanism, failures, gears, laws of distribution of loads.

РЕАЛЬНАЯ ситуация в частных проектно-конструкторских организациях, созданных в перестроечный период (1985–1991), характеризуется, с одной стороны, составом молодых специалистов, не прошедших производственной школы. С другой стороны, в проектной организации по известным причинам, как правило, отсутствует опытный инженерно-технический персонал, принимающий непосредственное участие в разработке проекта. В этих условиях неизбежны конструктивные недостатки в новых проектируемых узлах и отсутствие уверенности в поведении конструкции в заданных условиях работы.

Одним из основных механизмов перегрузочной машины является механизм подъема, обеспечивающий ее работоспособное состояние. У кранов повышенной грузоподъемности (свыше 100 т) механизм представляет собой достаточно сложную конструкцию, состоящую из электродвигателя, передаточных механизмов и грузового барабана с канатами. При невысоких скоростях подъема, а также по компоновочным соображениям в системе передач возможно наличие открытой зубчатой пары, являющейся, как правило, менее надежным узлом.

Рассмотрим лебедку, привод которой содержит открытую зубчатую пару с консольным расположением шестерни и закреплением колеса пары на барабане лебедки.

На рис. 1 показан эскиз конструкции вала консольной шестерни опытного образца лебедки механизма главного подъема крана. Известно, что консольное расположение шестерни особенно неблагоприятно в отношении распределения нагрузок, а именно приводит к неравномерному распределению нагрузки по ширине зубчатого венца. Последнее является одной из важнейших причин выхода передач из строя [1]. Именно это обстоятельство и послужило причиной краевых поломок зубьев колеса (рис. 2) открытой пары опытного образца лебедки механизма главного подъема, причем произошло это уже в первый момент работы механизма под полной нагрузкой (рис. 3).

Причина этого явления состоит в том, что при расположении зубчатого венца по одну сторону от опор деформации вала, подшипников люфты в опорах складываются, увеличивая угол

перекося в зацеплении работающей передачи. Для получения работоспособной конструкции в подобной ситуации необходимо обеспечивать высокую жесткость узла. Для этого длину консоли l следует назначать минимальной величины. Обычно при конструировании необходимо выдерживать соотношения: $L/l \geq 2 \dots 2,5$; $d \geq 1,3l$ (заштрихованная зона на рис. 4), где L — расстояние между точками приложения реакций (точка пересечения оси вала с нормальными, проведенными через середины контактных площадок на кольцах подшипника); d — диаметр вала под подшипником качения, расположенным ближе к шестерне; F — консольная нагрузка; N_1, N_2 — нагрузки в опорах [2]. Как видно, в конструкции (рис. 1) ни одно из указанных соотношений не было выполнено, что и послужило причиной поломки зубьев колеса.

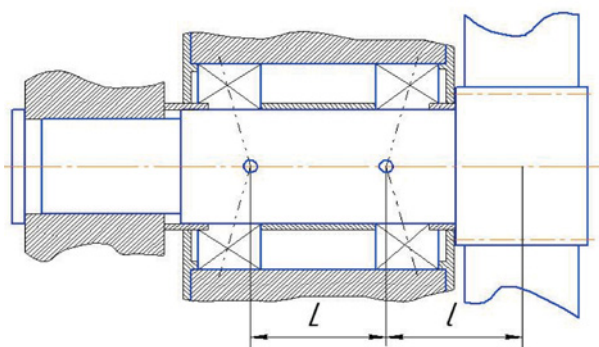


Рис. 1. Нецелесообразная конструкция (эскиз) приводного консольного вала открытой пары



Рис. 2. Фрагмент краевой поломки зуба колеса открытой пары



Рис. 3. Краевые поломки зубьев колеса, вызванные неравномерностью распределения нагрузки по ширине зубчатого венца

Для устранения отмеченного недостатка рекомендуемые выше соотношения были выдержаны установкой подшипников по схеме «врасяжку» [1]. В новом исполнении конструкция опытного образца лебедки механизма подъема показала свое работоспособное состояние.

В качестве общего правила рекомендуется принимать *расстояние между опорами не меньше удвоенной длины консоли*.

В общем случае, при разработке подобных конструкций следует также назначать малое значение безразмерного коэффициента ширины зубчатого венца, предпочитать шариковым регулируемыми роликовыми подшипниками, люфты в опорах должны быть минимальными, создавать хорошие условия для прирабатываемости открытой пары, компенсирующей неравномерность распределения нагрузки.

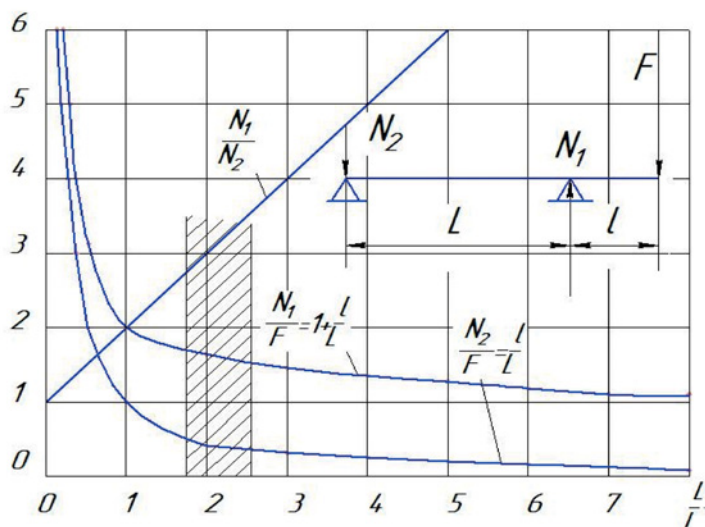


Рис. 4. Нагрузки на опоры консольного вала

Остановимся кратко на способе соединения барабанов с редукторами для случая, когда опоры барабана и редуктора независимы.

В данном случае конструкция соединения должна компенсировать погрешности, которые неизбежны при сборке и в процессе работы лебедки.

Наиболее часто в механизмах подъема применяется схема, в которой тихоходный вал редуктора соединен с канатным барабаном зубчатой муфтой. Один из возможных вариантов этой конструкции представлен на рис. 5. Полумуфта 2 на тихоходном валу 3 редуктора выполнена с внешними зубьями, а полумуфта 1 на канатном барабане — с внутренними зубьями. Шайба 4 предотвращает перекос наружного кольца при монтаже подшипника в отверстие вала редуктора. Такая конструкция компактна, менее чувствительна к расцентровкам, вызываемым деформациями фундамента и сборкой. При эксплуатации ее недостатком является необходимость сдвига барабана вдоль оси для осмотра, хотя и достаточно это производить один раз в год [3, с. 254]. В конструктивно-технологическом плане большую трудоемкость являет собой конструкция тихоходного вала редуктора.

По указанным причинам при новом проектировании стали применять стандартную цилиндрическую муфту типа ТСВ фирмы “JAURE” (рис. 6). Ее характеризует высокая надежность, за счет использования высококачественных материалов, и высокая компенсирующая способность. Для обеспечения компенсирующей возможности рабочие поверхности ступицы 1 и втулки 2 выполнены в виде гнезд, в которые установлены бочкообразные ролики 5.

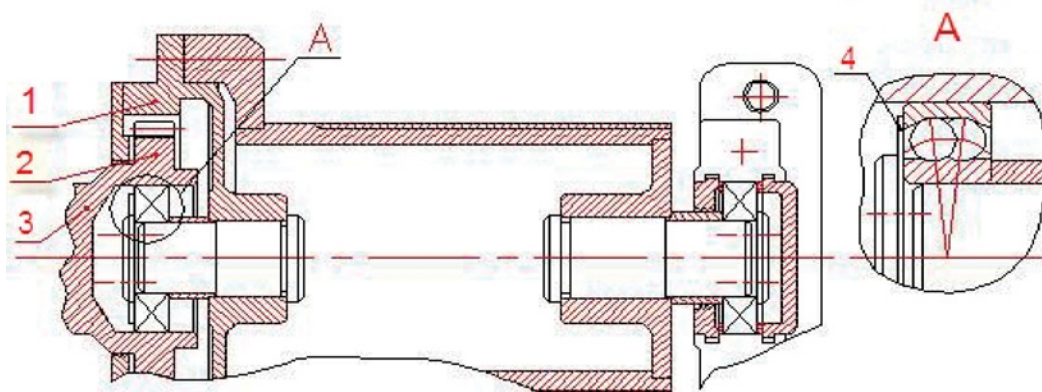


Рис. 5. Конструкция соединения редуктора с барабаном при помощи зубчатой муфты со встроенной опорой в вал редуктора

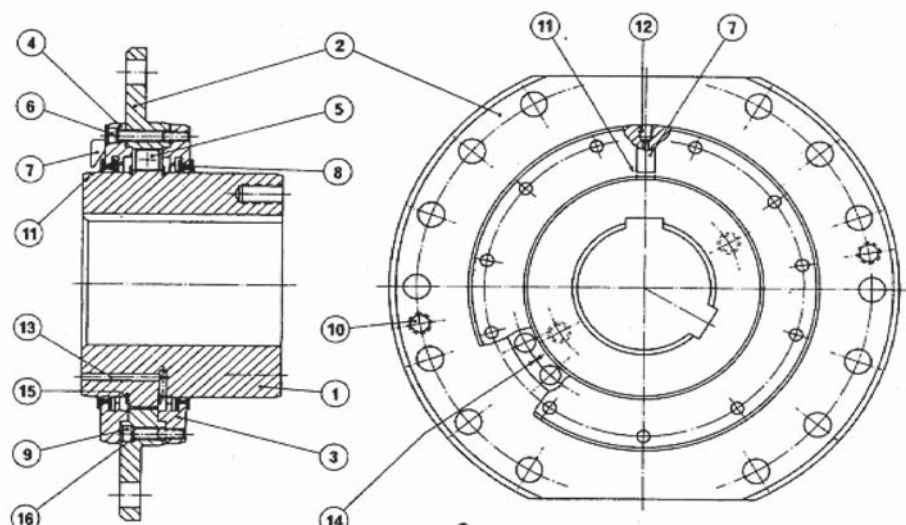


Рис. 6. Конструкция стандартной цилиндрической муфты типа TCB фирмы "JAURE".

- 1 — ступица; 2 — втулка; 3 — внутренняя крышка; 4 — наружная крышка; 5 — цилиндр; 6, 9 — винт;
7 — индикатор износа; 8 — уплотнение; 10 — резьбовые отверстия для разборки;
11 — канавки предельного износа; 12 — соединение для смазки;
13 — отверстие для выпуска избыточной смазки; 14 — исходное положение для сборки;
15 — направляющие кольца цилиндра; 16 — шайба Гровера

В отечественной литературе упоминание об этой муфте приведено в работе [4]. В настоящее время появилась возможность ее практического использования. Муфты TCB поставляются полностью в сборе. На рис. 7 показан фрагмент установки барабана на валу редуктора при помощи муфты типа TCB.

Сборка муфты 1 на трансмиссионном валу возможна как посредством шпоночных канавок (см. рис. 7), так и соединением в натяг, без шпоночных канавок. При этом температура нагрева не должна превышать 200–250 °С. Кольцо 2 формирует место для установки крепежных винтов между торцом крышки муфты и корпусом редуктора. Торцовая шайба 3 фиксирует муфту от осевого перемещения (сползания). Муфта позволяет сравнительно легко проводить осевое и угловое выравнивание барабана с помощью измерений линейкой, установив линейку в четырех точках. Разница между максимальным и минимальным расстоянием между торцом барабана и торцом муфты должна быть меньше 0,5 мм при длине барабана менее метра и больше 0,8 мм при длине барабана более 1 м.

К вопросу напряженно-деформированного состояния (НДС) стенки барабана.

Во многих случаях для обеспечения устойчивости стенки 7 канатного барабана применяют подкрепляющие элементы — кольца или продольные ребра жесткости. В качестве примера можно привести конструкцию барабана монтажного portalного крана г/п 125 т с колесом открытой пары 6 (рис. 8). В конструкции уста-

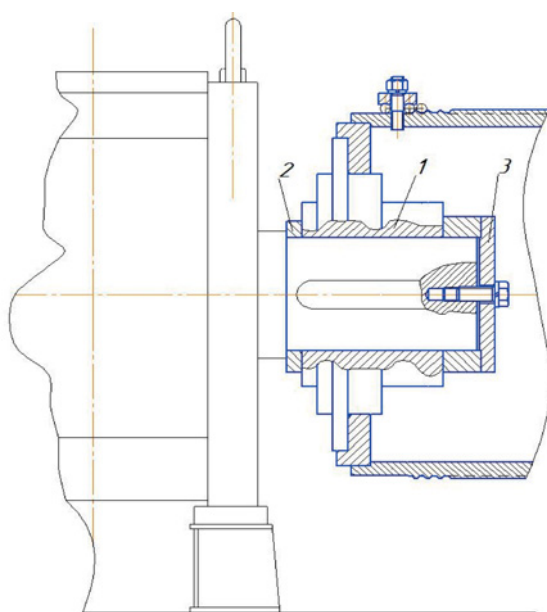
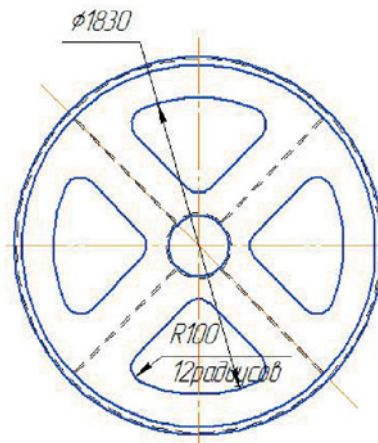


Рис. 7. Соединение барабана с редуктором с помощью цилиндрической муфты типа TCB



The drawing shows a mechanical assembly in two views. The left view is a side elevation of a component with a 30-degree angle and a 5mm dimension. The right view is a cross-section showing a hatched area labeled 'A' and a curved surface labeled 'B'.

В связи с этим были исследованы четыре конструкции барабана. *Первая конструкция* представлена на рис. 8. *Вторая конструкция* отличается от первой конструкции только отсутствием колец жесткости 1. *Третья конструкция*, как и первая, сделана с двумя кольцами жесткости 1, но крепление полуосей 2 опорного узла барабана выполнено с применением конической диафрагмы 5 (рис. 9). *Четвертая конструкция* выполнена без колец жесткости с конической диафрагмой для обеих полуосей опор барабана. Соединение диска 3 с полуосью 2 осуществляется с помощью сварки с разделкой кромок поверхностей с внешней стороны. Во всех случаях канаты навиты по всей длине барабана. Расчеты проводились инженером И. А. Потехиным с использованием программного комплекса ANSYS.

Выпуск 2

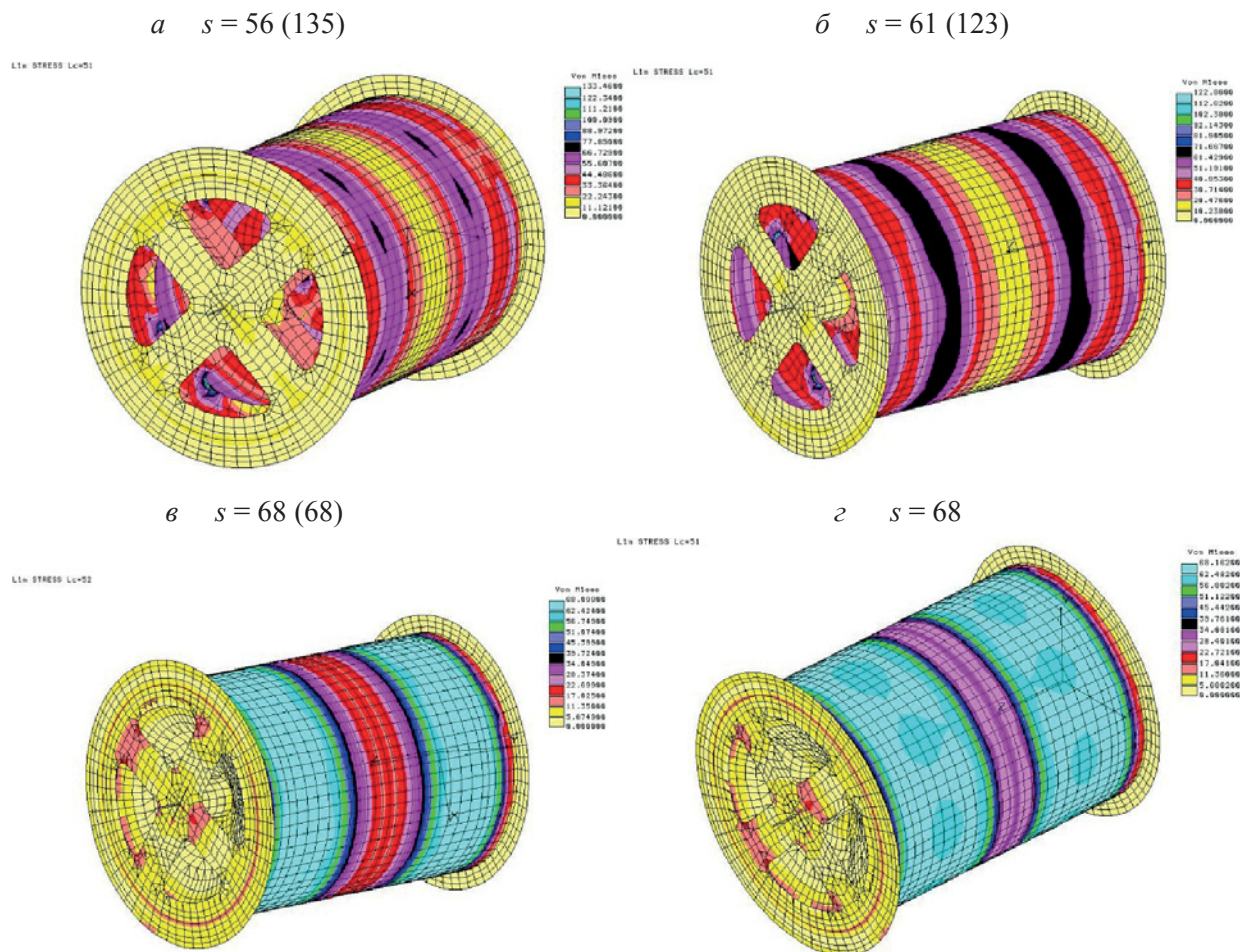


Рис. 10. Напряженно-деформированное состояние, эквивалентные напряжения приведены в МПа

Она не сказывается на общей потере работоспособности конструкций, так как устойчивость теряет только диафрагма. Данная форма потери устойчивости приведена на рис. 11, а. Коэффициент запаса по устойчивости составляет 7,2.

В третьей (рис. 10, в) и четвертой (рис. 10, г) конструкциях с конической диафрагмой 5 максимальные (местные) напряжения имеют в два раза меньшие значения и примерно одинаковы, как при наличии центральных колец жесткости, так и при отсутствии последних. Низшая форма потери устойчивости приведена на рис. 11, б. Коэффициент запаса по устойчивости составляет 12,1. Данная форма потери устойчивости может трактоваться как общая потеря устойчивости, определяющая работоспособность конструкции, так как устойчивость теряет обечайка барабана.

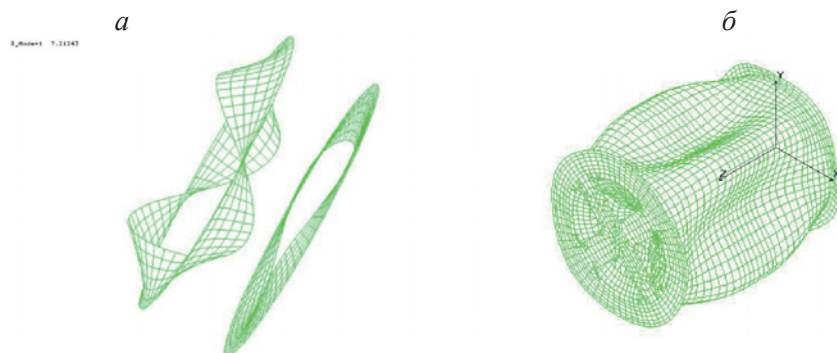


Рис. 11. Формы потери устойчивости различных конструкций барабана

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что вариант исполнения барабана с коническими диафрагмами и без центральных кольцевых диафрагм (*конструкция 4*) является наилучшим вариантом конструкции. К тому же такой узел имеет конструктивно-технологические преимущества перед узлом на рис. 8.

На рис. 9 для схемы сварного опорного узла барабана, содержащего полуось 2, диафрагму 3, конус 5, показано его наиболее нагруженное сечение — В–В, определяющее несущую способность узла. Так, для таврового сварного соединения с угловыми швами (без разделки кромок) без механической обработки швов величина предельного амплитудного напряжения согласно РД-50-551-85 равна 26 МПа. В случае таврового соединения с разделкой кромок и полным проваром величина предельного амплитудного напряжения равна 57,5 МПа (см. также [5]). Для повышения надежности подобного узла в условиях интенсивного циклического нагружения рекомендуется применять механическую обработку сварного соединения (см. сечение В–В на рис. 9), что подтверждено результатами испытаний пяти моделей узлов при различных уровнях нагрузки [6, с. 31–32].

О нагрузках в расчете механизма подъема крана.

Традиционно расчет деталей механизма подъема производят на следующие сочетания нагрузок [4].

1-й расчетный случай: расчет по нормальным нагрузкам рабочего состояния. Это работа с грузами, массы которых соответствуют технологическому процессу, при плавных пусках и торможениях механизма. Детали вращения, испытывающие циклические напряжения, рассчитывают на выносливость; подшипники качения — на долговечность.

2-й расчетный случай: расчет по максимальным нагрузкам рабочего состояния, которые могут возникать при работе в наиболее тяжелых условиях эксплуатации крана с номинальным грузом при резких пусках и торможениях механизма. По этим максимальным нагрузкам производится проверка деталей на статическую прочность.

Максимальная нагрузка (*2-й расчетный случай*), возникающая в механизме подъема при подхвате груза, определяется в общем случае коэффициентом $k_{\text{дин}}$, учитывающим скорость подъема груза и род привода [4, табл. 2.4]:

$$S_{\text{max}} = (1 + k_{\text{дин}})G_H \quad (1)$$

где G_H — суммарный вес номинального груза и грузозахватного устройства.

Расчет на выносливость (*1-й расчетный случай*) в краностроительной практике обычно производится по эквивалентным нагрузкам и представляет собой расчет на ограниченную долговечность. Эквивалентная нагрузка F_E в расчете на выносливость:

$$F_E = k_d S_{\text{max}}, \quad (2)$$

где k_d — коэффициент долговечности, определяемый следующим образом:

$$k_d = k_G k_T,$$

где k_G — коэффициент, учитывающий переменность нагрузки во времени $k_G \approx 0,8$ — в расчете на изгиб; $k_G \approx 0,65$ — при расчете на контактную прочность; k_T — коэффициент, учитывающий срок службы детали [4, табл. 2.1]. Определение числа подъемов груза в течение часа и расчетного числа циклов, учитываемых в расчете на выносливость, производят на основе рассмотрения цикла соответствующего технологического процесса.

Расчет узлов по нагрузочным диаграммам более обоснован, чем расчет по расчетным сочетаниям нагрузок, однако сохраняет элементы субъективизма в связи с осреднением условий работы и самих нагрузок. Более достоверным является вероятностный подход к определению нагрузок, для чего необходимо знание закона распределения нагрузки. Законы распределения эксплуатационных нагрузок применительно к механизмам подъема грейферных порталных кранов были получены и обобщены кафедрой ПТМ ЛИВТа в результате многочисленных натурных испытаний в речных и морских портах. Усилия в грузовых канатах определялись с помощью тарированных

датчиков омического сопротивления. Результаты статистического исследования суммарных усилий в грузовых канатах кранов при работе грейфером приведены на рис. 12 [7, с. 110–116].

Установлено, что распределение суммарных усилий близко к усеченному нормальному закону с двумя параметрами в относительных единицах. Это математическое ожидание $m(S/G_H)$ и среднеквадратическое отклонение $s(s_s/G_H)$. Кривая 1 показывает распределение нагрузок при работе с каменным углем 10-тонного портального крана по варианту вагон–склад ($m = 0,44$; $s = 0,35$). Кривая 2 показывает распределение нагрузок при работе с углем 10-тонного портального крана по варианту склад–судно ($m = 0,54$; $s = 0,25$). Кривая 3 показывает распределение нагрузок при работе со щебнем 10-тонного портального крана по варианту судно–склад ($m = 0,44$; $s = 0,24$). Кривая 4 показывает распределение нагрузок при работе с серным колчеданом 16-тонного портального крана по варианту склад–склад ($m = 0,60$; $s = 0,25$).

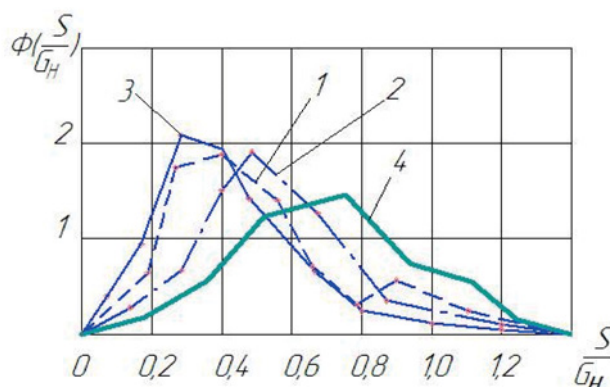


Рис. 12. Графики плотностей вероятностей отношений суммарных усилий S в грузовых канатах к номинальной силе тяжести G_H

В усредненном виде закон нагружения можно описать уравнением

$$\Phi\left(\frac{S}{G_H}\right) = \frac{3,2}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\frac{S}{G_H} - 0,44}{0,35}\right)^2\right]. \quad (3)$$

Дальнейшие расчеты надежности и долговечности элементов механизма подъема следует производить согласно методике, изложенной в работе [8, с. 30–34].

Список литературы

1. Кудрявцев В. Н. Конструкции и расчет зубчатых редукторов: справ. пособие / В. Н. Кудрявцев, Ю. А. Державец, Е. Г. Глухарев. — Л.: Машиностроение, 1971. — 328 с.
2. Орлов П. И. Основы конструирования / П. И. Орлов. — М.: Машиностроение, 1968. — 568 с.
3. Справочник по кранам / под ред. А. И. Дукельского. — М.; Л.: Машиностроение, 1973. — Т. 2. — 504 с.
4. Шабашов А. П. Мостовые краны общего назначения / А. П. Шабашов, А. Г. Лысяков. — М.: Машиностроение, 1980. — 304 с.
5. Детали машин: учебник для вузов / под ред. О. А. Ряховского. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 544 с.
6. Несущая способность сварного опорного узла канатных барабанов / М. М. Попов, А. А. Ко-

вин, С. А. Соколов [и др.] // Промышленный транспорт. — 1988. — № 1.

7. Брауде В. И. Нагрузки порталных кранов / В. И. Брауде, Н. В. Звягинцев, Ю. В. Силиков // Тр. ЛИВТа. — Л.: Транспорт, 1969. — Вып. 123.

8. Андрианов Е. Н. Определение эквивалентных нагрузок и надежности элементов порталных кранов / Е. Н. Андрианов, В. И. Брауде // Тр. ЛИВТа. — Л.: Транспорт, 1984.

УДК 629.12,697.9

С. Н. Безпальчук,
инженер,
ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»;

К. А. Васильев,
аспирант,
ФГБОУ ВПО «СПбГАСУ»

А. К. Наумова,
заведующий сектором Учебного отдела,
ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ СУДОВОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

THE USE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR FABRICATION OF PIPING SYSTEMS OF SHIP VENTILATION

В статье рассмотрены вопросы использования полимерных композиционных материалов при изготовлении арматуры судовой вентиляции. Приведены разные конструкции трубопроводов и особенности технологии производства изделий из композиционных материалов.

In the article the questions of the use of polymeric composite materials in the manufacture of armature ship ventilation. There are a variety pipe work design and technological features of manufacture of goods from composite materials.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, реактопласт, матрица, наномодификатор, конструкция воздуховода, футеровка термопластом.

Key words: polymeric composite material, thermosetting, matrix, modifier necessary, the design of the ventilation duct liner thermoplastic.

ПРИ проектировании современных судов уделяют большое внимание системам мощной и развитой вентиляции. На судах различного назначения применяют разные системы вентиляции [1–5]. При этом в практике судостроения наметились следующие тенденции: для судов малого водоизмещения с энергетическими установками небольшой мощности пригодны низкоскоростные системы, для судов большого водоизмещения (свыше 5000 т) — среднескоростные системы, а в последнее время — высокоскоростные централизованные вытяжные системы. На судах может насчитываться до нескольких десятков километров трубопроводов вентиляционных систем разного профиля и назначения. Разветвленная сеть воздухопроводов с большим количеством арматуры и вентиляторов существенно усложняет эксплуатацию системы и ее общую

эффективность. На фоне общих трудностей, возникших при эксплуатации систем современной судовой вентиляции, в мировой практике судостроения наметились две основные линии дальнейшего усовершенствования. Так *первый путь* — увеличение скорости в воздухопроводах, снижение энергопотребления, повышение общего ресурса и срока службы отдельных элементов и системы в целом. Задачи данного направления могут решаться комплексно, за счет использования новых инженерных решений и конструкционных материалов. *Второй путь* — комплексная автоматизация механических устройств арматуры, вентиляторов и программное управление системой вентиляции в целом. Задачи направления могут решаться за счет использования возможностей силовой электроники, выполненной на современной базе электронных компонентов и пакетов специальных прикладных программ.

К элементам судовой вентиляции, в силу конструктивного исполнения и специфических моментов эксплуатации, предъявляются несколько иные требования, чем к аналогичным системам вентиляции портовых сооружений или промышленных объектов [1]. Так, повышенные требования по пожарной безопасности, экологичности, химической стойкости и стойкости к агрессивным средам и морской воде, долговечности, неприхотливости в эксплуатации, технологичности и сравнительно простому ремонту существенно ограничивают выбор конструкционных материалов. В настоящее время активно используются металлы и эластомеры в виде резиновых уплотнений.

Современный судостроительный российский рынок недостаточно знаком с трубопроводной арматурой для системы вентиляции из композиционных материалов. Между тем потенциальный спрос на данную продукцию в судостроении огромен. В качестве потенциальных производителей изделий из реактопластов могут рассматриваться производители композитных материалов.

Мировым лидером в производстве и потреблении изделий из подобных материалов являются США, где их промышленное производство было налажено еще в конце 1940-х гг. [5; 6]. Стеклопластиковые трубы были впервые использованы в системах вентиляции в конце 1950-х. В 1970-х гг. в Западной Европе для химических производств они стали стандартным решением проблемы коррозии и катастрофического износа трубопроводов систем вентиляции.

Ниже в статье рассмотрены вопросы, связанные с перспективами использования новых композиционных материалов (КМ) — реактопластов (стеклопластиков, углепластиков, боропластов) и полимерных композиционных материалов (ПКМ) с термофиксированной матрицей в трубопроводах системы вентиляции.

1. Использование композиционных реактопластов в трубопроводах системы вентиляции в судостроении.

Для изготовления трубопроводной арматуры из ПКМ [6; 7] в зависимости от назначения, места и способа расположения элементов системы вентиляции могут применяться различные материалы:

- базальтовые, стеклянные или углеродные волокна;
- синтетические волокна из различных материалов;
- резины, полиуретаны и фторопласты различных марок;
- связующие материалы на базе различных смол и клеевых композиций.

В судостроении композиционные реактопласты, в частности стеклопластики, используются для производства корпусов яхт, катеров, лодок, гидроциклов, маломерных судов, спасательных шлюпок, мачт и надстроек, резервуаров, обтекателей, буев и др. Реактопласты и ПКМ как новые конструкционные материалы находят широкое применение в судостроении благодаря эффективному и рациональному сочетанию физико-химических, физико-механических и эксплуатационных свойств, таких как:

- высокое соотношение прочностных характеристик к массе и удельной плотности (показатель предела прочности металлической арматуры из углеродистой конструкционной стали — 390 МПа, композитной — не менее 1000 МПа);
- химическая стойкость и инертность к большинству наиболее активных агрессивных сред;

- долговечность и стойкость изделий к водной среде, в первую очередь к морской воде (до 30–50 лет);
- относительная простота эксплуатации изделий и технологичный ремонт;
- низкая (по сравнению с металлами) теплопроводность;
- низкий тепловой коэффициент линейного расширения;
- широкий диапазон рабочих температур (–50 до 100 °С);
- устойчивость к воздействию микроорганизмов, биоразрушению, ультрафиолетовых лучей и неблагоприятных факторов окружающей среды;
- хорошие диэлектрические свойства, исключают необходимость защиты от электрохимической коррозии;
- радиопрозрачна;
- магнитоинертна (не меняет свойства под воздействием электромагнитных полей).

2. Виды трубопроводной арматуры системы вентиляции из ПКМ, производимых в мире.

Типы трубопроводов из ПКМ различных производителей можно разделить на три группы по следующим признакам [5–7]:

- 1) тип связующего (матрицы): эпоксидное, полиэфирное, полимерные;
- 2) тип волокна и армирования;
- 3) тип соединения трубопроводной арматуры: клеевое (неразъемное) или механическое (рас-
труб–ниппель, бандажное, фланцевое);
- 4) конструкция стенки трубопроводной арматуры: чистый ПКМ (без футеровки), ПКМ с пленочным слоем (футерованные трубы), многослойные конструкции.

Существенным различием между трубами из ПКМ различных производителей является конструкция стенки (см. рис. 1).

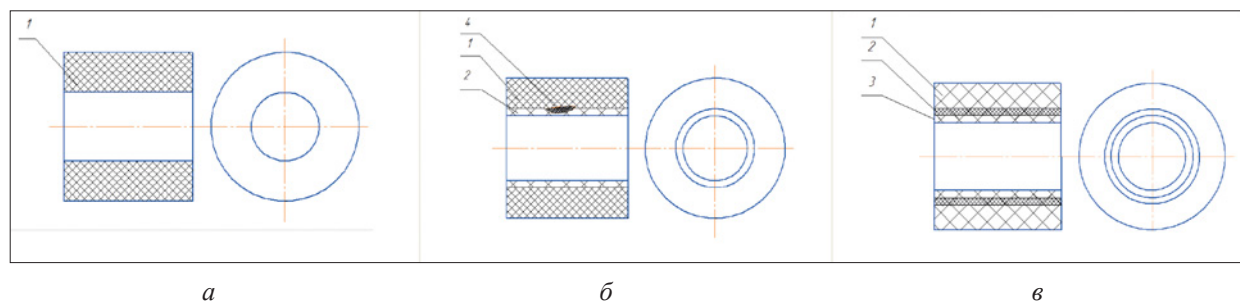


Рис. 1. Схема конструкции стенки трубы системы вентиляции из ПКМ:

- а — однослойная (1 — основа ПКМ);
б — двухслойная (2 — внутренняя футеровка, 4 — дефект, отслоение, каверна);
в — трехслойная (2 — внутренняя и 3 — наружная футеровка, пропитанный слой ПКМ)

Однослойная труба системы вентиляции из ПКМ, выполняемая без футеровки, является классическим примером применения композитных труб. Имеется внутренний слой — модифицированный лайнер (толщина лайнера может составлять от 0,2 до 0,8 мм). Однако применение такой конструкции в жестких и сложных условиях (например, в системе вытяжной вентиляции машинного отделения) осложнено повышенными температурами окружающей среды, внешними механическими воздействиями на трубопровод от вибраций и агрессивным воздействием газовой среды. Для снижения влияния этих факторов требуется уделять особое внимание дополнительной защите вентиляции: дополнительное лакокрасочное покрытие, эпоксидные компаунды и т. п. Стойкость однослойных воздуховодов может быть несколько ниже стоимости труб, футерованных пленочными материалами, и многослойных труб, однако стоимость выполнения дополнительных

работ значительно выше. Кроме того, воздуховоды, изготовленные из однослойных труб, менее надежны в эксплуатации. Эти обстоятельства существенно снижают технико-экономический эффект от применения воздуховодов однослойной конструкции.

Воздуховоды из ПКМ двухслойной конструкции, футерованные изнутри пленочными материалами, менее подвержены потере герметичности в условиях негативного воздействия машинного зала и ДВС. Толщина защитного слоя может составлять от 1 до 3 мм. Однако за время эксплуатации двухслойных воздуховодов в условиях системы вентиляции химического и нефтегазового производства был выявлен ряд серьезных недостатков, требующих изменения конструкции и технологии изготовления воздуховодов:

- недостаточная адгезия между футеровочным и слоем основы ПКМ, что не позволяет обеспечить монолитность стенки трубопровода;
- нарушение эластичности материала футеровки при повышенных температурах окружающей среды (машинного зала);
- отслоение футеровки от оболочки ПКМ трубопровода при транспортировке по трубам газосодержащих сред, например из машинного зала, — CO , CO_2 , CN (кессонный эффект).

Обеспечение достаточной адгезии к ПКМ и эластичности внутреннего слоя является взаимно противоположной проблемой. Лучшая адгезия к слою ПКМ обеспечивается химической сшивкой двух материалов, и для этого в качестве футеровки целесообразно применять материал термореактивной природы [6; 7]. Однако такой материал теряет эластичность при низких и течет при высоких температурах (плюсы двухслойной конструкции трубы теряются). Напротив, лучшую эластичность при низких температурах имеет термопластичный материал — полиэтилен, однако осуществить его химическую сшивку со стеклопластиковой оболочкой проблематично. При транспортировке по трубопроводу из двухслойных труб среды, содержащей газ, происходит так называемый кессонный эффект, заключающийся в отслоении внутреннего пленочного слоя от основы ПКМ. При разгазировании или растворении газа из транспортируемой среды создаются условия, когда газ проходит через внутренний пленочный слой, скапливается между ПКМ и футеровочным слоем и создает давление на футеровку снаружи. Под действием давления газа между слоями пленочный слой отслаивается от ПКМ, в результате чего конструкция трубопровода нарушается. Данное явление не происходит, если в среде, импортирующей по трубопроводу, отсутствует газ, содержащий агрессивные компоненты, которые при наличии паров воды образуют кислоты и агрессивные щелочи.

Двухслойные трубопроводы предназначены для эксплуатации в системах вентиляции, транспортирующих разгазированные среды: трубопроводы системы приточной вентиляции. Внутренний слой воздуховодов может быть выполнен из полиэтилена высокого давления (ПВД) — материала, считающегося наиболее химически стойким в средах вентиляции химических предприятий. Адгезия полиэтилена к ПКМ обеспечивается за счет использования специальной марки полиэтилена, сшивающегося в процессе отверждения трубы, рецептуры эпоксидного связующего и режима термообработки труб. В процессе термообработки обеспечивается одновременная сшивка полиэтилена и отверждение эпоксидного связующего. В результате этого отслоить внутренний полиэтиленовый слой трубы от ПКМ без разрушения последнего практически невозможно.

Конструкция трехслойных трубопроводов отличается от двухслойных наличием внутренней оболочки ПКМ, конструктивно раскрепленной с футеровочным слоем. Толщина внутренней оболочки может составлять от 0,5 до 6 мм в зависимости от внутреннего диаметра трубы. Внутренняя оболочка не несет нагрузок вдоль оси трубы, и ее конструкция оптимизирована для большей прочности в окружном направлении. Внутренняя оболочка предназначена для сглаживания циклически изменяющегося внутреннего давления в трубе возникающего при растворении или разгазировании содержащегося в транспортируемом продукте газа. Транспортируемая газовая среда проникает в область между внутренней оболочкой и пленочным слоем, создавая тем самым область постоянного давления вблизи футеровки, которое равно рабочему давлению в трубопроводе. За счет этого кессонный эффект не происходит. Вместе с этим внутренняя оболочка допол-

нительно повышает жесткость труб и уменьшает температурное воздействие среды на несущий ПКМ, что также повышает долговечность их использования.

При производстве воздухопроводов из ПКМ с внутренней футеровкой целесообразно использовать наномодифицирование поверхностей основы ПКМ и материала футеровки. Так, имеется положительный опыт использования фуллероидных наномодификаторов в матрице для повышения общей адгезии и когезии футерованного слоя (см. рис. 2) [8].

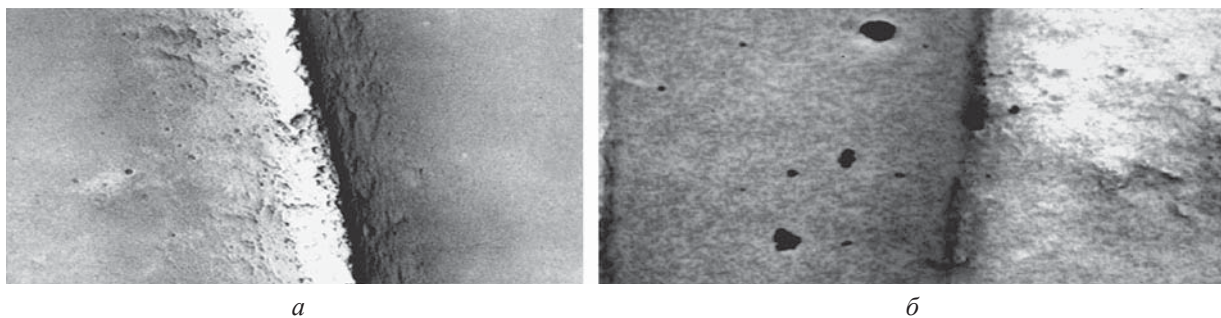


Рис. 2. Микрофотография ($\times 3000$) явления модификации межфазных границ в многослойном углепластике УГЭТ (материал ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» [8]):

а — зазор межфазного раздела шлиф углепластика без фуллероидного наномодификатора в матрице;
б — отсутствие межфазного зазора между волокнами углеволокна после модификации эпоксидной матрицы

3. Повышение огнестойкости и пожарной безопасности композиционных реактопластов.

При использовании ПКМ в трубопроводной арматуре системы судовой вентиляции важно решить вопрос повышения огнестойкости и пожарной безопасности системы в целом. При термическом разложении реактопласты выделяют большое количество токсичных материалов. Это является крайне негативным и ставит под сомнение любое применение подобных материалов в замкнутых помещениях судовых надстроек. Однако есть пути существенного повышения пожарной безопасности данных композиционных материалов. Имеется ряд решений проблемы, оформленных в виде патентов. Так, патент RU 2161520 предполагает использование микрокапсулированных пожаротушащих агент [9], вводимых в матрицу холодного отверждения. В качестве пожаротушащих агент используют вещества класса галогензамещенных углеводородов, имеющих формулу C_3F_7I либо C_nF_{2n+2} , где $n = 5 - 7$, либо $(C_2F_5)_2N(C_mF_{2m+1})$, где $m = 1 - 2$. Компоненты входят в состав композиции в соотношении, мас. %: микрокапсулированный пожаротушащий агент 40–51,4, полимерное связующее — остальное. Матрицу холодного отверждения выбирают из класса полиэпоксидов на основе диановых или алифатических эпоксидных смол, или смеси диановых и алифатических эпоксидных смол, или класса полиуретанов. Пожаротушащий агент выполнен в виде микрокапсул, каждая из которых представляет собой микросферы диаметром 100–400 мкм, состоящие из сферической полимерной оболочки, и заключенного внутри оболочки жидкого пожаротушащего агента. Микрокапсулы вскрываются в интервалах температур 130–149 °C и 166–190 °C. В зависимости от используемой технологии микрокапсулы могут встраиваться в футеровочный или наружный слой трубопровода и арматуры, выполненной из ПКМ. Материал обеспечивает автоматическое подавление зарождающихся очагов пожара и может быть эффективно использован в судостроении для защиты наиболее уязвимых узлов и агрегатов корабельной системы вентиляции.

Заключение

Таким образом, в трехслойной конструкции воздухопроводов, выполненных из ПКМ, может решаться большой круг вопросов обеспечения работоспособности и надежности системы судовой вентиляции:

— механическая прочность и долговечность воздухопроводов и арматуры достигается применением ПКМ на эпоксидном, фенольном или полимерном связующем;

— надежная стыковка элементов системы вентиляции обеспечивается применением разных типов механического (раструб–ниппельного, фланцевого, бандажного) соединения, соответствующего требованиям международных стандартов в данной отрасли;

— герметичность системы вентиляции, выполненной из ПКМ, при возникновении внешних нагрузок в процессе эксплуатации и монтаже воздухопроводов обеспечивается применением эластичного футеровочного пленочного слоя, химическая стойкость которого является эталонной в нефтяных, кислотных и щелочных средах;

— использование наномодификаторов позволяет решить вопрос сохранения эластичности футеровки при пониженных и повышенных температурах эксплуатации при одновременном обеспечении ее адгезии к основе ПКМ;

— для экстремальных условий возможно повышение огнестойкости и пожарной безопасности ПКМ за счет микрокапсулированных пожаротушащих агент, вводимых в матрицу холодного отверждения.

Список литературы

1. ГОСТ 24389-89. Системы кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления судов. Расчетные параметры воздуха и расчетная температура заборной воды. Взамен ГОСТ 24389-80.
2. Суда внутреннего и смешанного (река–море) плавания. Санитарные правила и нормы СанПин.2.5.2-703-98 Минздрав России. — 1998. — 144 с.
3. *Петров Ю. С.* Вентиляция и кондиционирование воздуха: учебник / Ю. С. Петров. — Л.: Судостроение, 1984. — 160 с., ил.
4. *Мундингер А. А.* Судовые системы вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособие по проектированию / А. А. Мундингер [и др.]. — Л.: Судостроение, 1974. — 406 с.
5. *Баженов С. Л.* Полимерные композиционные материалы. Прочность и технологии / С. Л. Баженов [и др.]. — М.: Интеллект, 2009. — 352 с.
6. Справочник по композиционным материалам / под ред. Дж. Любина, пер. с англ. под ред. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта, Б. Э. Геллера. — М.: Машиностроение, 1988. — 448 с.
7. *Михайлин Ю. А.* Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы / Ю. А. Михайлин. — 2006. — 624 с.
8. Пат. № 2188834 РФ. Антифрикционная композиция / Рыбин В. В., Пономарев А. Н., Петров В. М., Абозин Ю. В., Бахарева В. Е., Малинок М. В., Никитин В. А. — Оpubл. 10.09.2002.
9. Пат. № 2161520 РФ. Огнегасящий полимерный композиционный материал / Вилесова М. С., Босенко М. С., Вилесов А. Д., Марей В. А., Суворова О. М., Ткачев Б. И., Халтуринский Н. А. — Оpubл. 10.01.2001.

Е. Н. Белецкий,
главный технолог,
ОАО «Концерн «НПО» Аврора»;

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

С. Н. Безпальчук,
инженер,
ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»

**УЧЕТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМПОЗИЦИОННЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ, ВЛИЯЮЩИХ
НА ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**THE PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE
PLASTICS INFLUENCE ON THE PROCESSES OF DESTRUCTION
AT REALIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF MACHINING
AND EXTREME CONDITIONS**

В статье рассмотрены вопросы разрушения композиционных углепластиков антифрикционного назначения, применяемых в качестве дейдвудных подшипников судовых валопроводов, опор скольжения центробежных насосов и паровых турбин.

In the article the questions of fracture of composite antifriction carbon fiber-reinforced plastics assignment used as sterntube bearings of ship shafting, bearings in centrifugal pumps and steam turbines.

Ключевые слова: композиционный антифрикционный углепластик, опора скольжения, дейдвудный подшипник, валопровод, физико-механические характеристики, полимерная матрица, термореактивное связующее.

Key words: composite antifriction carbon fiber reinforced plastic, bearing slides, sterntube bearings, shaft line, physico-mechanical properties, polymer matrix, thermoreactive binder.



УГЛЕПЛАСТИКИ — это композиционные материалы, в которых выгодно сочетаются свойства полимерной матрицы и углеродного армирующего материала. Матрица обеспечивает монолитность композита, фиксирует форму изделия и взаимное расположение армирующих волокон, распределяет действующие внешние напряжения по объему композита, обеспечивая равномерную нагрузку на волокна и ее перераспределение при разрушении части армирующих волокон. В качестве матрицы используют эпоксидные, полиэфирные, фенолформальдегидные смолы, полиамиды, кремнийорганические полимеры (полимерные КУ), синтетические полимеры, подвергнутые пиролизу (коксованные КУ), и так называемый пиролитический углерод (пироуглеродные КУ) [1; 2]. В данной работе речь пойдет о композиционных материалах с термореактивной матрицей, основные свойства фенолформальдегидных и эпоксидных смол приведены в табл. 1. С увеличением предела прочности матрицы прочность композиционного материала увеличивается.

При соблюдении условий монолитности композиции матрица почти не влияет на коэффициенты распределения внешней нагрузки. Нарушение монолитности КУ возможно вследствие: уменьшения содержания в них связывающего компонента; увеличения степени наполнения ар-

мирующим материалом; пористости; изменения свойств матрицы и прочности сцепления ее с волокнами.

В процессе термического или естественного старения матрица утрачивает способность перераспределять нагрузки, возникающие от действия внешних сил между армирующими волокнами.

Армирующий материал воспринимает основные напряжения, возникающие в композите под действием внешних нагрузок, и обеспечивает жесткость и прочность композиции.

Таблица 1

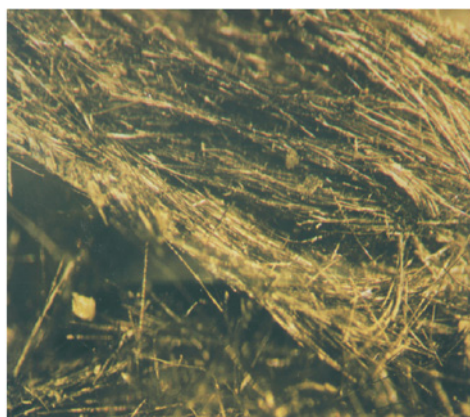
Физико-механические свойства материала матрицы КУ

Полимер	Условная плотность, кг/м ³	Макс. рабочая температура, °С	Прочность*, МН/м ²	
			при растяжении	при сжатии
Эпоксидная смола	90–220	110	—	1,0–2,5
Фенолформальдегидная смола К-40	190–230	120–130	2,0	0,8
Кремнийорганическая смола	200–400	250–300	0,6	0,8–14,0

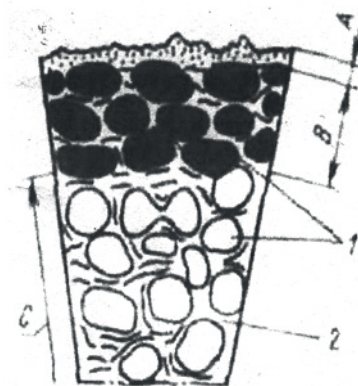
* Под прочностью подразумевается максимальное напряжение, при котором материал разрушается.

В качестве армирующего материала используется угольное волокно, низкомодульное и высокомодульное (см. рис. 1) [3].

Установлено, что углеродные волокна микрогетерогенны и представляют собой пример самоармированного композита, содержащего не менее двух фаз. Обе фазы состоят из фибрилл, с включениями турбостратных кристаллитов. Причем первая фаза состоит из более широких и толстых лент (фибрилл) поликонденсированного ароматического углерода с повышенной степенью продольной ориентации, а вторая — из более узких, менее ориентированных и сильно переплетенных лент [4, с. 86–93].



a



б

Рис. 1. *a* — микрофотография угольного волокна (×400) [3]; *б* — структура углеродного волокна:

A — поверхностный слой; *B* — высокоориентированная зона;

C — низкоориентированная зона;

1 — микрофибриллы; *2* — аморфный углерод

Менее ориентированные узкие фибриллы присутствуют обычно в центральной части волокна — ядре, в то время как более совершенные широкие располагаются с внешней стороны — оболочки волокна. Кристаллиты служат своеобразной арматурой, удерживающей длинные ленты аморфной (по данным темнопольной просвечивающей электронной микроскопии и широкоугольной дифракции электронов) матрицы. Размеры лент значительно превышают размеры кристаллитов. Поэтому ленты являются проходными и участвуют в построении большого числа кристаллитов. Хотя поверхность волокна является наиболее ориентированной его частью, она содержит как выходящие на поверхность края кристаллитов, так и бездефектные основные атомные плоскости. Различие в свойствах углеродных волокон определяется различиями в структуре, обусловленной прежде всего температурой термообработки и операцией вытягивания при их получении. Граница раздела процессов карбонизации и графитации лежит в области температур термообработки 1500–1800 °С [1]. С повышением температуры термообработки повышается содержание углерода, закономерно увеличиваются термоокислительная устойчивость и электропроводность, теплоемкость и теплопроводность, значительно возрастает модуль упругости, но прочность волокна, тканей и нитей на его основе снижается. С повышением температуры термообработки изменяется структура углеродного волокна, соотношение между аморфным и закристаллизованным углеродом, увеличиваются размеры кристаллитов, повышается степень ориентации кристаллитов относительно оси волокна.

Свойства армирующего материала приведены в табл. 2 [2].

Композиционные углепластики относятся к анизотропным материалам.

Таблица 2

Физико-механические свойства армирующего материала КУ

Свойства	Высокомодульное волокно	Низкомодульное волокно
Модуль упругости, ГПа	300–700	200–250
Прочность при растяжении, ГПа	2,0–2,5	2,5–3,2
Плотность, г/см ³	1,3–2,0	1,3–2,0
Диаметр, мкм	5–50	5–50

Анизотропия свойств зависит от способа армирования, который определяет пространственное расположение армирующих волокон в матрице. Разработаны технологии и существуют различные способы армирования, различающиеся по виду содержания армирующего материала в матрице и пространственному направлению углеродных нитей, основные способы армирования приведены в табл. 3.

Содержание армирующего материала в композициях конструкционно выражается через коэффициент объемного содержания армирующего волокна в матрице V_a , равный отношению объемной доли армирующего волокна к общему объему композита. Значения данного коэффициента для композита, армированного непрерывными волокнами, составляют 0,3–0,8, а с хаотическим расположением дискретного волокна не превышают 0,2–0,3, что связано с технологическими трудностями плотной упаковки дискретных наполнителей. Механические характеристики композиционного материала зависят от содержания армирующего волокна в матрице V_a , физико-механических свойств материала в матрице и армирующего материала и удельной поверхности контакта данных компонентов.

Таблица 3

Способы армирования композиционного углепластика

			
Короткими волокнами	Непрерывным волокном	Непрерывным волокном	Три семейства нитей
			
Непрерывным волокном	Короткими волокнами	Тканью	n семейств нитей
Хаотичное армирование	Одномерно армированные	Двухмерно армированные	Пространственное армированные

Модуль упругости E композиционного углепластика является одним из важнейших физико-механических характеристик, поэтому возникает необходимость исследования этой характеристики с учетом всех особенностей данного композита. На рис. 2 приведены зависимости [4] между напряжениями и деформациями при растяжении КУ с различной структурой армирования.

Наиболее высокие прочность и жесткость достигаются в КУ с взаимно параллельным расположением непрерывных волокон при нагружении их в направлении ориентации волокна.

Упругие характеристики в направлении главных осей симметрии — модули нормальной упругости E_x и E_y , коэффициенты Пуассона ν_{xy} , ν_{xz} и модули сдвига G_{xy} , G_{xz} — можно вычислить с удовлетворяющей точностью по формулам [5; 6, с. 118–124]:

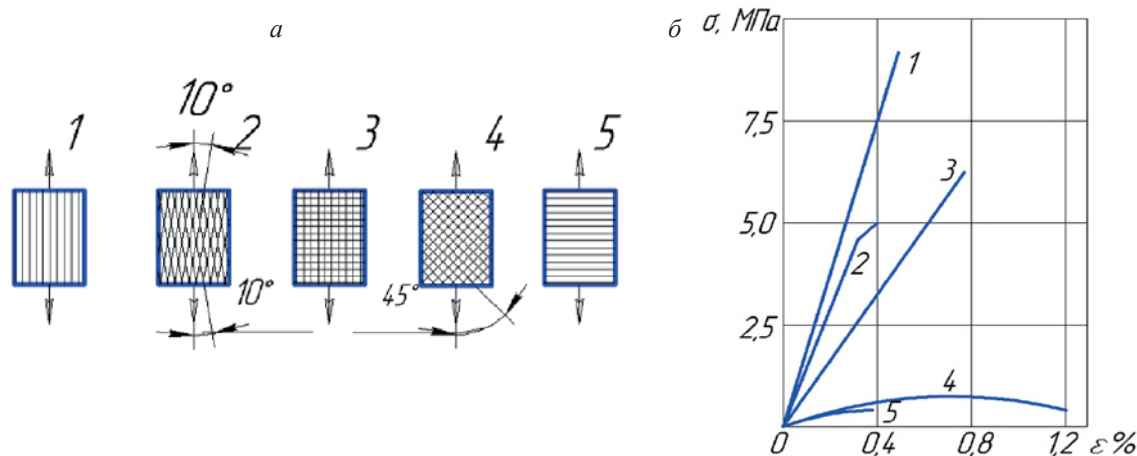


Рис. 2. Схема армирования композита (а),
график зависимости между напряжениями и деформациями при растяжении (б):
1 — 0°; 2 — ±10°; 3 — 0,90°; 4 — ±45°; 5 — 90°

$$E_x = E_a V_a; \quad (1)$$

$$E_y = E_z = \frac{E_m}{(1 - V_a)}; \quad (2)$$

$$v_{yx} = v_{xz} = v_a V_a + v_m (1 - v_a); \quad (3)$$

$$G_{xy} = G_{xz} = \frac{G_m (1 + V_a)}{(1 - V_a)}, \quad (4)$$

где E_a, E_m — модули нормальной упругости волокна и матрицы, МПа; v_a, v_m — коэффициенты Пуассона волокна и матрицы.

Регулирование степени анизотропии и свойств материалов в плоскости армирования достигается перекрестным расположением армирующих слоев. При ортогональной схеме укладки слоев прочность (σ_x, σ_y) и модуль упругости (E_x, E_y) пропорциональны объемному содержанию волокон в направлении армирования.

Деформативные (модуль Юнга, коэффициент Пуассона и модуль сдвига) свойства материалов с ортогональной укладкой при их нагружении под углом к основным осям упругой симметрии рассчитывают с использованием уравнений по известным значениям E_x, E_y, E_{45} и v_{xy} :

$$E_\varphi = E_x (\cos^4 \varphi + m \sin^2 2\varphi + n \sin^4 \varphi)^{-1}; \quad (5)$$

$$G_\varphi = E_x [2v_{xy} + 4m - 4(2m - c) \sin^2 \varphi]^{-1}, \quad (6)$$

где E_φ — модуль Юнга при нагружении под углом φ к основной оси ox ;

E_{45} — модуль сдвига при нагружении под углом 45° к основной оси ox ;

G_φ — коэффициент Пуассона при нагружении под углом φ к основной оси ox ;

v_{xy} — коэффициент Пуассона при нагружении под углом φ к основной оси ox .

n, c, m — коэффициенты пропорциональности:

$$n = \frac{E_x}{E_y}; \quad c = \frac{E_x}{E_{45}}; \quad m = c - \frac{n-1}{4}. \quad (7)$$

Прочность при растяжении, сжатии, сдвиге в плоскости армирования также рассчитывают по аналогичным формулам, позволяющим вычислить прочность для любого направления на основании экспериментальных или расчетных значений прочности в продольном, поперечном и диагональном (под углом 45°) направлениях.

Взаимодействие материала матрицы с поверхностью углеродного волокна зависит от адгезионной прочности взаимодействия полимерной матрицы и углеродного волокна [5], что оказывает непосредственное влияние на прочность связи компонентов композиции, от которой существенно зависят такие характеристики композита, как продольная, поперечная и сдвиговая прочность, вязкость разрушения, модуль упругости, термостойкость и др. В табл. 4 [5] приведены значения адгезионной прочности ряда полимеров, используемых в качестве связующих для углепластиков и изделий из них при $d = 9$ мкм, $S = 6 \cdot 10^{-3}$ мм².

Таблица 4

Адгезионная прочность связующей (материала матрицы)

Связующее	Адгезионная прочность, МПа	
	углеродное волокно	стеклянное волокно
Эпоксидиановое ЭДТ-10	41,5	40,0
Эпоксифенольное 5-211	41,0	41,0
Эпокситрифенольное ЭТФ	43,0	—
Эпоксидные алифатические		
УП-612	40,5	—
ДОДЦПД	43,0	—
Полиамидное СП-6	34,0	30,0

Для сравнения в табл. 4. приведены значения исследуемых полимеров при адгезии их к бесщелочному стеклянному волокну того же диаметра. Видно, что исследованные связующие обладают высокой адгезией к углеродным волокнам. Адгезионные прочности различных эпоксидных связующих близки между собой.

Теория межфазных явлений [2; 7, с. 31–39] в полимерных композиционных материалах может рассматриваться как совокупность трех основных частей — адсорбции полимеров на твердых поверхностях армирующего материала, адгезии полимеров к этим поверхностям и структуры и свойств межфазного слоя на границе раздела полимер–твердое тело. При этом МФС может в первом приближении рассматриваться как однородный, хотя анализ показывает, что его следует описывать как негомогенный материал. Этому слою А. В. Теокарис приписывает свойства независимой фазы, что удобно для расчетов, но некорректно с термодинамических позиций. Рассмотрение механического поведения системы может быть проведено на основе трехслойной (рис. 3) или N-слойной модели. В последнем случае межфазная область рассматривается как состоящая из N слоев с разными свойствами.

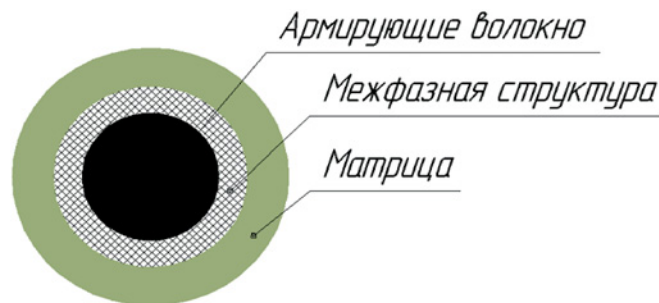


Рис. 3. Трехфазная модель строения композиционного материала

Оценка модуля упругости композита E выражается в данном случае соотношением, определяющим аддитивность [6] вклада волокна, матрицы и межфазного слоя:

$$E_k = E_{a a a} + E_{i a i} + E_{m a m}, \quad (8)$$

где $E_{a a a}$ — модуль Юнга армирующего материала и его объемная доля, МПа;

$E_{i a i}$ — модуль Юнга межфазного слоя и его объемная доля, МПа;

$E_{m a m}$ — модуль Юнга материала матрицы и его объемная доля, МПа.

Если рассматривать элемент наполненного полимера с цилиндрическим включением (волокна), то выражение имеет вид

$$E = E_a \left(r_a^2 / r_m^2 \right) + E_i \left[\left(r_i^2 - r^2 \right) / r_m^2 \right] + E_m \left[\left(r_m^2 - r_i^2 \right) \right], \quad (9)$$

где r_a — величина радиуса армирующего материала;

r_i — величина радиуса межфазного слоя;

r_m — величина радиуса матрицы;

Величина модуля упругости межфазного слоя также зависит от содержания наполнителя или радиуса волокна:

$$E_i(r) = E_m + E_f \left(r_f / r \right) \eta^1 - E_m \left(r_f / r \right) \eta^2. \quad (10)$$

Для граничных условий ($r = r_i$) имеем

$$E_i(r_i) = E_m + E_a \left(r_a / r_i \right) \eta^1 - E_m \left(r_a / r_i \right) \eta^2. \quad (11)$$

В этих соотношениях экспоненты η^1 и η^2 являются характеристиками адгезии, определяющими передачу напряжений от матрицы к наполнителю.

Модуль нормальной упругости КУ, как говорилось выше, зависит от направления армирования, в работах [2; 3; 5] показана данная зависимость. На рис. 4 представлена схема строения углепластика, из которой видно, что углепластики являются ортотропными в осях, совпадающих с направлениями армирования (1 — направление по основе (x), 2 — направление по утку (y), 3 — трансверсальное направление (z)). Соотношение количества волокон в основе и утке равно 10:8. Показатели механических свойств углепластиков в различных направлениях представлены в табл. 5.

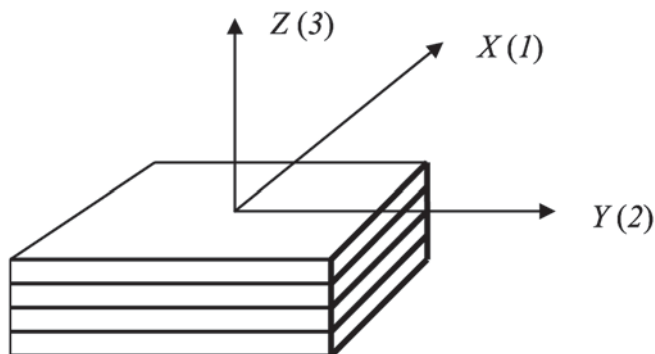


Рис. 4. Схема направлений армирования углепластика:

1 — направление вдоль основы армирующей ткани; 2 — направление вдоль утка армирующей ткани;
3 — направление, трансверсальное плоскости армирующей ткани

Пространственную анизотропию упругих и прочностных свойств углепластиков УГЭТ и ФУТ можно охарактеризовать значениями модулей нормальной упругости E_1 , E_2 , E_3 , модуля сдвига в плоскости листа $G_{1,2}$ и межслойных модулей сдвига $G_{2,3}$, $G_{3,1}$; разрушающих напряжений при растяжении σ_1^+ , σ_2^+ , σ_3^+ и сжатии σ_1^- , σ_2^- , σ_3^- и разрушающего напряжения при межслойном сдвиге $\tau_{1,3}$ (табл. 5).

Таблица 5

Физико-механические свойства композиционных углепластиков

Свойства	ФУТ	УГЭТ
Модуль нормальной упругости, МПа, в плоскости листа по основе E_1	17 000	18 000
в плоскости листа по утку E_2	12 000	13 000
в трансверсальном направлении E_3	8000	8500
Модуль сдвига, МПа, в плоскости листа, $G_{1,2}$	6000	6700
Модуль сдвига, МПа, межслойный, $G_{1,3} = G_{2,3}$	4500	5000
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, в плоскости листа по основе σ	200	280
в плоскости листа по утку σ	160	240
в трансверсальном направлении σ	10	14
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа, в плоскости листа по основе σ	200	300
в плоскости листа по утку σ	180	250
в трансверсальном направлении σ	300	400
Разрушающее напряжение при межслойном сдвиге, МПа, $\tau_{1,3}$	20	25

Заключение

В соответствии с соотношением 10:8 все показатели упругости и прочности вдоль волокон основы в 1,3–1,4 раза больше, чем вдоль волокон утка. Разрушающее напряжение при растяжении в трансверсальном направлении в приблизительно 20 раз ниже, чем вдоль слоев ткани.

Поведение слоистого материала при сжатии существенно отличается от поведения при растяжении. В этом случае σ_3^- даже выше σ_1^- и σ_2^- — приблизительно в 1,5 раза.

Для углепластиков характерна значительная анизотропия теплофизических свойств — коэффициент теплопроводности в направлениях 1, 2 в 50 раз выше, чем в направлении 3: $\lambda_1 \approx \lambda_2 = 38$ Вт/м·К, $\lambda_3 = 0,7$ Вт/м·К. Анизотропия теплофизических свойств объясняется значительным различием в теплопроводности полимерной матрицы и углеродных волокон.

Все вышеизложенное позволяет сделать главный вывод: при проектировании изделий из композиционных углепластиков антифрикционного назначения, а также реализации технологического процесса их механической обработки необходимо учитывать особенности исходной заготовки (плита — метод прессования; слои параллельно или навитая заготовка — слои радиально). Причем главным фактором, в технологической наследственности определяющим основные эксплуатационные характеристики опоры скольжения, является ориентация волокон по отношению к линии действия основных нагрузок в виде сил и моментов.

Список литературы

1. Технологии производства изделий и интегрированных конструкций из композиционных материалов в машиностроении / науч. ред. А. Г. Братухин, А. С. Боголюбов, О. С. Сироткин. — М.: Готика, 2003. — 516 с.
2. Белецкий Е. Н. Обеспечение заданной точности и качества поверхности на операциях сверления антифрикционных углепластиков на основе результатов моделирования процесса резания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Е. Н. Белецкий. — Саратов. СГТУ, 2010. — 134 с.
3. Абозин И. Ю. Некоторые вопросы механической лезвийной обработки углепластиков / И. Ю. Абозин, В. М. Петров // Вопросы материаловедения: науч.-техн. журн. — 2001. — № 2 (26).
4. Полимерные композиты в триботехнике. Проблемы создания и применения. Опыт эксплуатации: докл. науч.-техн. семинара, 14–15 ноября 2000 г. — СПб.: ЦНИИ КМ «Прометей», 2000.
5. Гольденблат И. И. Критерии прочности конструкционных материалов / И. И. Гольденблат, В. А. Копнов. — М.: Машиностроение, 1968. — 192 с.
6. Маркин В. Б. Расчетная оценка вязкоупругих характеристик межфазных слоев и закономерности их влияния в полимерных композиционных материалах / В. Б. Маркин, Л. М. Аникеева, А. В. Тарасов // Композиты — в народное хозяйство России (Композит-95): тр. Междунар. науч.-техн. конф. — Барнаул: АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 1995.
7. Армированные пластики — современные конструкционные материалы // Российский химический журнал. — 2001. — Т. XLV, № 2.

МОРСКИЕ И ВНУТРЕННИЕ ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК 626/627.03.042.019.3

П. А. Гарибин,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

М. В. Субботин,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

СКВОЗНОЕ ВОЛНОЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ С КАМЕРОЙ ГАШЕНИЯ

THROUGH THE BREAKWATER STRUCTURE WITH DAMPING

Используя метод системного анализа, определены ценности и критерии оценки объекта исследования — оградительного сооружения. Выбор типа конструкции (метод принятия технических решений) выполнялся с использованием топологических схем — дерева целей; и для отдельных этапов процесса — матриц решения. Рассмотрены преимущества и недостатки основных видов оградительных сооружений при конкретных условиях строительства. Приведены описание и принцип взаимодействия с волновым воздействием нового типа проникаемого свайного сооружения с камерой гашения.

Using the method of system analysis, defined the values and criteria for evaluating the research object — the protective structure. Select the type of construction (technical decisions method) was performed using topologies — objectives tree, and for the individual steps of the process — the decision matrices. In the article adduced different types of the wave protective structures, performed method of selection between different types of breakwaters depending on natural conditions, wave high etc. Author describes the new type of the wave protection structures, fundamental methods of calculations and features of working process with extremely high waves.

Ключевые слова: оградительное сооружение, гашение энергии волн, критерий, ценность, камера гашения, проницаемость.

Key words: protective structure, wave protective structure, breakwaters, energy dissipation of waves, criterion, value, wave chamber, permeability.

Введение

На современном этапе развития увеличение грузооборота действующих портов достигается за счет таких мероприятий, как совершенствование оборудования и системы управления, автоматизация перегрузочного процесса и расширение складских мощностей, устройство новых глубоководных причалов для приема крупнотоннажных судов.

Строительство глубоководных причалов обуславливает выход на большие естественные глубины и соответственно смещение на большие естественные глубины волнозащитных сооружений. Это требует разработки и применения быстровозводимых и менее материалоемких оградительных сооружений (ОС) по сравнению с известными откосными и гравитационными типами конструкций.

Одновременно с этим ОС должны обладать нормированной степенью гашения волновой энергии и отвечать экологическим требованиям к современным природно-техническим системам [1].

Для минимизации субъективного подхода при определении приоритетности инвестирования строительных объектов, выборе их типа, а также производства и технологии работ на них необходимо, используя аппарат метода системного анализа, применить научно обоснованную методику принятия технического решения на основе значимости объекта [2].

Ценности и критерии оценки объекта исследования

Оградительное сооружение является конструкцией, предназначенной для отражения и (или) поглощения волн в целях обеспечения безопасности маневрирования и стоянки пришвартованных у причалов судов.

В общем виде ОС (мол, волнолом) устроено так, что его конструкция является одновременно наиболее ответственным и дорогостоящим элементом портовой инфраструктуры. Качество гашения энергии волн в первую очередь зависит от гидравлических явлений, происходящих на (в) ОС при воздействии волн. Мера значимости оградительного сооружения характеризуется несколькими видами *ценностей*: функциональной, инженерно-конструктивной, архитектурно-эстетической, экологической.

Функциональная ценность обуславливается тем, что любое ОС является *подсистемой* портовой системы (инфраструктуры), которая, в свою очередь, входит подсистемой в *глобальную транспортную систему страны*, являясь тримодальным логистическим терминалом.

Основным *критерием* функциональной ценности ОС является *степень гашения волны определенных параметров*. Вопрос о модернизации, реконструкции или строительстве нового ОС решается в первую очередь в зависимости от волновой обстановки прибрежной зоны.

Под *модернизацией* понимается комплекс мероприятий по введению различных усовершенствований, которые изменяют объект, приводя его в соответствие современным требованиям, например устройство волноотбойной стенки для предотвращения переливов через ОС.

При *реконструкции* происходит или коренная перестройка объекта, например изменение габаритов фасонных блоков, или восстановление утраченных в процессе эксплуатации свойств.

Исключительное значение для создания и функционирования ОС имеет его *инженерно-конструктивная ценность*, определяющая внутреннее содержание и строение и отражающая особенности ОС как единой системы «основание–фундамент–сооружение» [3].

Комплексным *критерием* инженерно-конструктивной ценности следует считать *надежность*, так как она является универсальной характеристикой качества любого объекта.

Второй определяющий *критерий* инженерно-конструктивной ценности — *материалоемкость* — количественно выражается через такой показатель, как *стоимость* объекта. Характерная особенность ОС проявляется в том, что для поддержания его в нормальном функциональном состоянии постоянно необходимо затрачивать материальные средства — *эксплуатационные издержки*.

Причем величина отчислений непосредственно обусловлена принятыми инженерно-конструктивными решениями. Поэтому наряду с уже рассмотренными показателями к определяющим критериям следует отнести и такой критерий, как *ресурсосбережение*.

На современном этапе развития начинает играть роль такая ценность ОС, как *архитектурно-эстетическая*, например ОС портовых районов г. Сочи, входившие в «Программу строительства олимпийских объектов и развития города Сочи как горноклиматического курорта», рассматривались как сооружения, определяющие архитектурный вид города и прилегающей местности [4].

Немаловажную роль в современном строительстве играет *экологическая* ценность сооружения [1; 4], критерии для оценки которой применительно к ОС приведены в работе [5].

Остановимся подробнее на рассмотрении инженерно-конструктивной ценности ОС и вопросах, связанных с выбором типа его конструкции.

Оградительное сооружение — это сложная инженерная система, для создания которой часто приходится принимать технические решения в ситуации отсутствия необходимого комплекта исходных данных, а также прогноза последующего влияния сооружения на природную среду.

Как известно, кроме положительных моментов, гидротехническое строительство сопряжено и с нежелательными эффектами для окружающей среды и человека (табл. 1).

Таблица 1

Нежелательные эффекты от гидротехнического строительства и эксплуатации ОС

При строительстве ГТО	При эксплуатации ГТО
— Инженерно-геологические изменения; — разрушение естественных социумов и гибель этносов; — разрушение экосистем; — профессиональные опасности строительного производства; — большие сроки строительства объекта; — аварии	— Инженерно-геологические изменения; — климатические изменения; — аккумуляция наносов и загрязнений на акватории; — разрушение экосистем; — профессиональные опасности эксплуатации ГТО; — снижение надежности и эффективности ГТО со временем; — аварии

Отрицательные эффекты, сопровождающие строительство и эксплуатацию гидротехнического объекта (ГТО), на практике могут существенно различаться по степени и спектру их проявления в каждом конкретном случае.

Неудовлетворительное решение многих социально-экологических проблем при внедрении ГТО часто обуславливалось объективными обстоятельствами. При принятии инженерных решений по гидротехническому проекту с учетом социально-экологических требований задача оптимизации существенно усложняется и нередко не находит разрешения в рамках известных моделей. Это объясняется следующими основными причинами:

— используемые в настоящее время *критерии оптимизации* в гидротехнике имеют стоимостной, экономический характер. В то же время корректный учет социально-экологических последствий строительства (которые не всегда поддаются строгому экономическому анализу) может серьезно повлиять на выбор окончательного решения;

— традиционные подходы к оптимизации решений до настоящего времени в гидротехнике базировались на детерминистической концепции, согласно которой ситуация выбора решения характеризуется относительно полной определенностью информации. В данном случае подразумевается то, что каждому возможному действию необходимо и достаточно соответствует только определенный исход;

— при выборе инженерных решений по проекту приходится иметь дело с различными практически равноценными с экономической точки зрения вариантами (рис. 1).

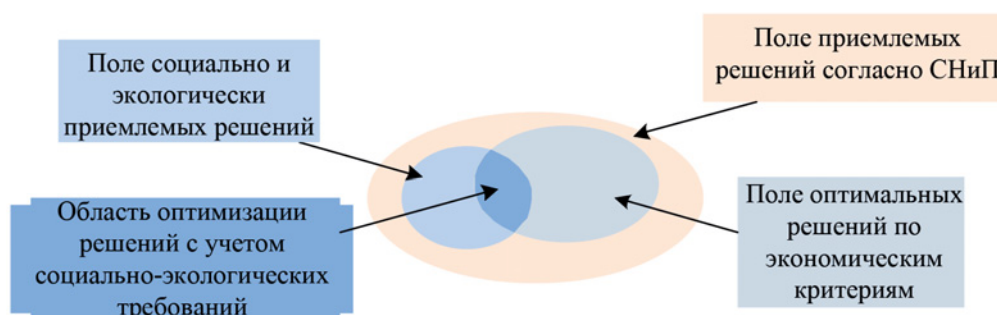


Рис. 1. Схема выбора решений с учетом социально-экологических требований

Наиболее полная и корректная методология учета социально-экологических факторов разработана Д. А. Ивашинцевым, А. Б. Векслером и Д. В. Стефанишиным. Обобщения многолетних исследований авторов изложены в монографии [6].

Остановимся подробнее на технических аспектах проблемы принятия инженерных решений. Ситуация выбора решения включает все элементы задачи: состояние исходных данных, варианты решения и их последствия, а также все оказывающие на решение существенное влияние факторы, как объективного, так и субъективного характера.

Для оценки важности частичных целей требуется упорядочение ценностей или предпочтений. Представление о состоянии системы и результатах процесса удобно иметь в виде топологических схем, например дерева целей.

Отдельные этапы процесса — деревья решений можно представить в виде матриц решения (рис. 2). Разбиение на этапы начинают с некоторого узла решений, от которого исходят одна или несколько ветвей, представляющих варианты решений [9].

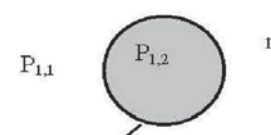
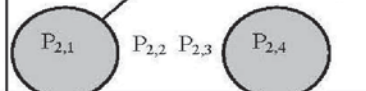
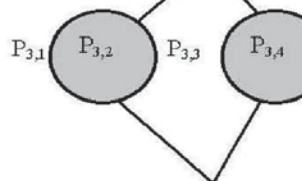
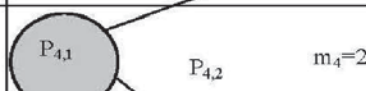
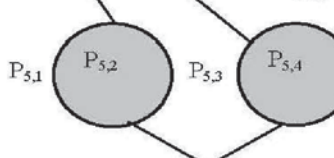
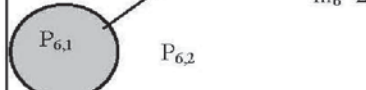
№ п/п	Параметры	Матрица параметров	Характеристики
1	Назначение		P _{1.1} -оградительное сооружение P _{1.2} - оградительное сооружение и причальное сооружение
2	Условия строительства		P _{2.1} -открытое побережье P _{2.2} -закрытая акватория P _{2.3} -«насухо» P _{2.4} -«в воду»
3	Наличие стройматериалов и производственной базы		P _{3.1} -наличие каменного материала P _{3.2} -отсутствие каменного материала P _{3.3} -наличие производственной базы (бетонный завод) P _{3.4} - отсутствие производственной базы (бетонный завод)
4	Естественные условия: геологические		P _{4.1} -слабые грунты (проницаемые) P _{4.2} -скальные грунты
5	Естественные условия: гидрометеорологические		P _{5.1} -h _в <3м P _{5.2} - h _в >3м P _{5.3} - глубина < 10м P _{5.4} - глубина > 10м
6	Естественные условия: геоморфологические		P _{6.1} -перекрывают транзит наносов P _{6.2} - не перекрывают транзит наносов

Рис. 2. Матрица решений для выбора типа конструкции оградительного сооружения при заданных критериях проектирования

Перевод дерева решений в последовательность матриц, соответствующих отдельным этапам процесса, производится следующим образом: маркируют все варианты решений каждого этапа; учитывают все случайные события отдельного этапа; получаемые на каждом этапе результаты учитывают с помощью матриц решений. Причем каждому пути от узла решений как исходного пункта до конца пути на рассматриваемом этапе соответствует одна матрица.

Возможность выбора лучшего среди допускаемых решений достигается за счет ориентации на минимум целевой функции, являющейся оценкой конкретного варианта. На современном

уровне теоретического развития методов оптимизации и способов использования результатов в строительстве можно констатировать, что они трудоемки и не всегда пригодны для конкретных объектов, особенно являющихся уникальными гидротехническими [6; 7].

Применение одной функции, всесторонне оценивающей рассматриваемый объект, является сложной и трудновыполнимой задачей. Однако существуют некоторые интегральные критерии, при выполнении которых удовлетворяется много требований, например критерий минимума ожидаемых капиталовложений.

Составляющими этого критерия являются: затраты на проектирование объекта, его строительство, эксплуатацию и ремонт в случае аварии. Наряду с этим данный критерий не свободен и от недостатков, среди которых следует отметить невозможность точного определения совокупности этих компонентов или противоречия между инвестором и строительной организацией. Из-за этого в чистом виде этот критерий не представляет интереса, однако использование избранных компонент находит свое применение, например для случая многокритериального анализа.

Для задач строительства традиционно применение следующих групп критериев оптимизации: экономические, функциональные, конструкционные, технологические и социально-экологические (рис. 3).

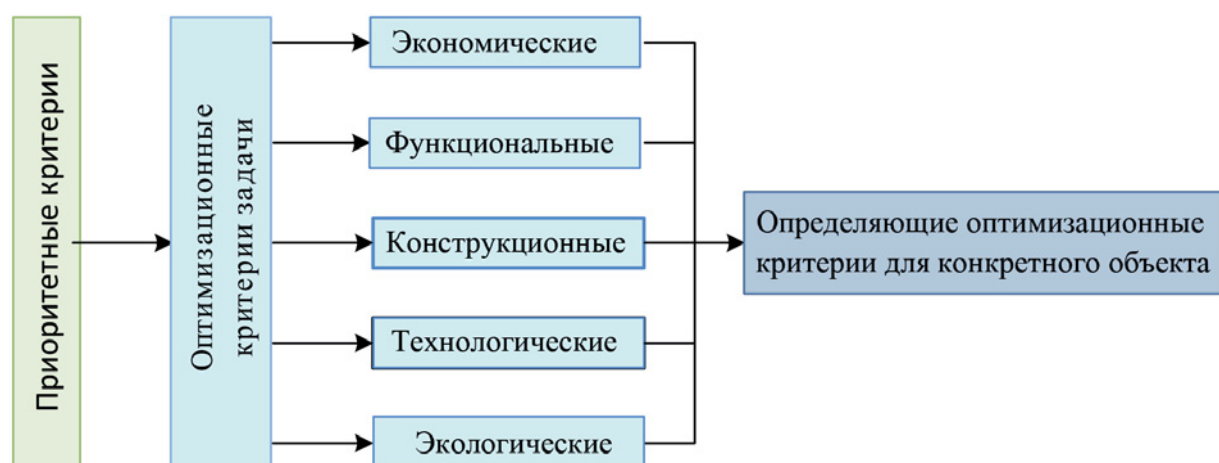


Рис. 3. Блок-схема взаимодействия критериев оптимизации

Приоритетные критерии определяются на предварительном этапе постановки задачи оптимизации и устанавливают некоторые общие цели, которым должен отвечать рассматриваемый объект. Эти критерии имеют общий вид, не связанный с практикой, но после уточнения адаптируются и становятся оптимизационными критериями данной задачи.

В большинстве случаев от объекта оптимизации требуется выполнение противоречивых критериев — многокритериальная задача. Обилие критериев существенно усложняет поставленные задачи, иногда даже не позволяя получить корректное решение. Часто на практике всестороннюю оценку объекта можно гарантированно получить, используя соответствующую подборку из 3–7 критериев, лучше всего из разных групп. Такое решение является более наглядным и правильным, чем технически грамотное решение, определенное интуитивно опытным проектировщиком.

В нашем случае наиболее целесообразно ограничить число принятых к рассмотрению приоритетных критериев тремя (3), а оптимизационных критериев задачи — четырьмя (4). Наименование выбранных критериев представлено в табл. 2.

Безусловно, все принимаемые решения должны иметь законодательную правовую основу.

Таблица 2

Приоритетные и оптимизационные критерии выбора решения по выбору типа ОС

Приоритетные критерии	Оптимизационные критерии
— Минимум полных капиталовложений, включая проектирование, проектирование, эксплуатацию, предполагаемые аварии; — максимум безопасности и надежности конструкций при установленных затратах; — минимум экологических ущербов	— Минимум материальных затрат; — минимум стоимости рабочей силы; — максимум надежности; — максимум безопасности эксплуатации

Выбор типа конструкции ОС при заданных критериях проектирования

Рассмотрим подробнее матрицу решений (рис. 2) для выбора типа конструкции глубоководного ОС в порту Сочи. Для заданных конкретных условий проектирования имеем:

- по своему назначению необходима конструкция волнозащитного сооружения, которая также может служить и причальным сооружением (не допускающим перелив);
- по условиям строительства конструкцию возводят на открытом побережье, «в воду»;
- по наличию стройматериалов район не располагает близким наличием каменного материала и производственной базы (бетонного завода);
- по естественным условиям площадку строительства слагают слабые (проницаемые) грунты, высота волны в створе сооружения составляет более 3 м, глубина у сооружения около 10 м и существует вдольбереговой транзит наносов.

Анализ возможности строительства традиционно применяемых ОС показал следующее:

1) гравитационное сооружение вертикального типа может служить также и причальным сооружением. Возможно его строительство на открытом побережье способом «в воду». В связи с отсутствием ближайшего наличия каменного материала и производственной базы применение подобного сооружения не является выгодным в плане затрат на материалы. Естественные условия не являются благоприятными для выбора данной конструкции, так как на слабых грунтах применение гравитационного сооружения требует устройства основательной каменной постели. Сплошная вертикальная стена оградительного сооружения будет создавать «стоячую» разбивающуюся волну, что увеличит нагрузку на конструкцию, а следовательно, и материалоемкость. При заданной высоте волны будут значительные всплески и переливы через конструкцию. Также будет перекрыт транзит наносов;

2) *свайное сооружение вертикального* типа имеет те же показатели применимости, что и гравитационное сооружение, за исключением геологических условий — свайные фундаменты рекомендуется применять при слабых (проницаемых) грунтах;

3) *сооружения откосного типа*. Не могут служить причальным сооружением. Возможно его строительство на открытом побережье способом «в воду». В связи с отсутствием ближайшего наличия каменного материала и производственной базы применение подобного сооружения не является выгодным в плане затрат на материалы. Возможно устройство сооружения на слабых грунтах. По гидрометеорологическим факторам применение сооружения неудовлетворительно, так как при высоте волны более 3 м необходимо дополнительное крепление фасонными блоками, а при большой глубине сооружение принимает сильно распластаный профиль, что несет за собой большие затраты материалов. Также будет перекрыт транзит наносов;

4) сооружения *смешанного типа* имеют аналогичные недостатки по применимости для данных условий;

5) применение известных типов ОС *специального типа* для данных условий ограничивается в основном высотой воспринимаемой волны — до 3–4 м. По данной причине не может быть рекомендовано для данных условий.

Проведенное по вышеизложенной методологии сопоставление вариантов конструкции показало, что при данных условиях ни одна конструкция не является явным «лидером» для рекомендации ее к проектированию и строительству.

Учитывая положительный опыт работы существующих сквозных сооружений в части процессов гашения и отражения волновой энергии и современные методы технологии ведения строительных работ, установлено, что для удовлетворения вышеперечисленных требований к конструкциям ОС целесообразно применение свайных сооружений с устройством камер гашения. Кроме того, такие конструкции эффективны на больших естественных глубинах, при этом строительство возможно вести пионерным способом, в меньшей степени зависеть от метеоусловий, данные конструкции наносят меньший ущерб рыбному хозяйству [5].

Сквозное оградительное сооружение с камерой гашения

Разработанная ООО «Морское строительство и технологии» конструкция ОС [8] предназначена для защиты акватории порта от воздействия волн большой высоты и может быть эффективна на больших естественных глубинах (рис. 4).

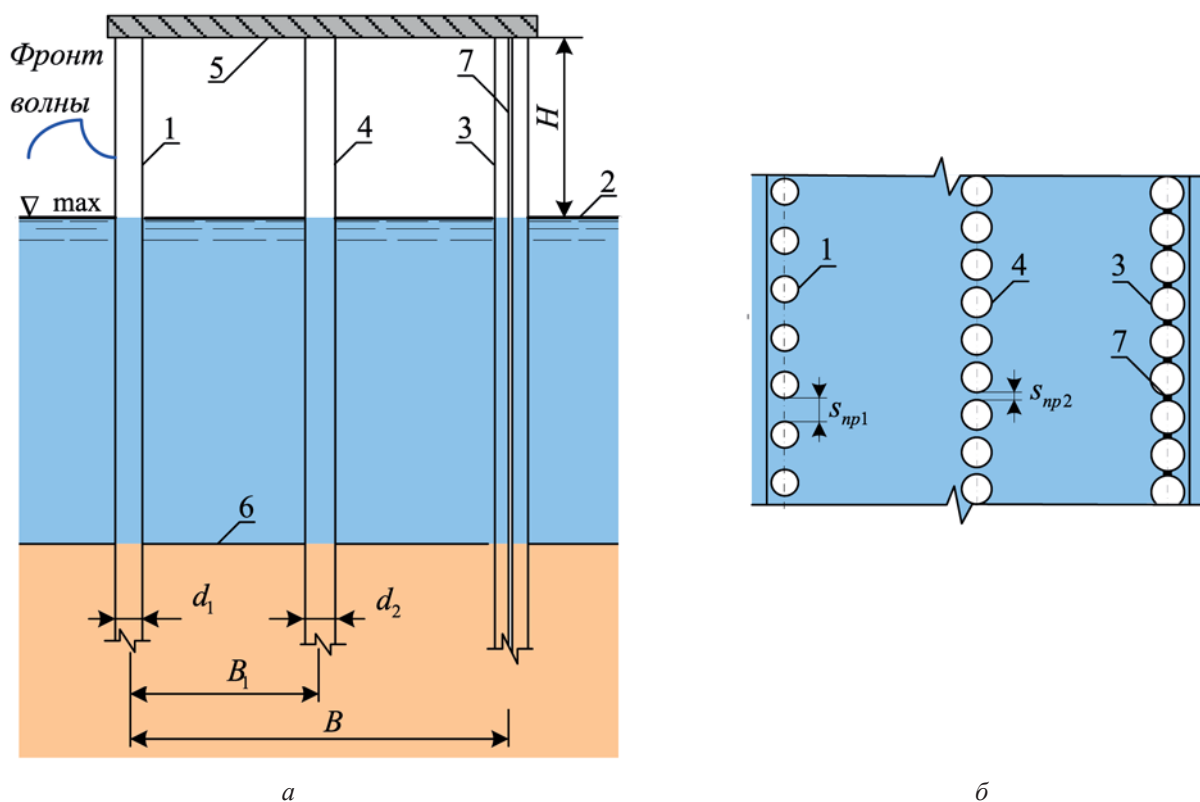


Рис. 4. Принципиальная схема нового типа ОС:
а — вид сбоку; б — план

Оградительное сооружение включает ряд свай 1 со стороны фронта волны. Со стороны защищаемого объекта — акватории 2 морского порта, расположен ряд свай 3, которые объединены в глухую стену. Между рядами свай 1 и 3 установлен промежуточный ряд свай 4. Все сваи сооружения объединены в верхней части ростверком 5. Сваи заглублены в основание — дно акватории 6. Сваи 3 соединены между собой посредством шпунтовых замков 7. Все сваи имеют одинаковую высоту и представляют собой металлические трубы.

В конкретном варианте исполнения (порт Сочи) сваи 1 имеют наружный диаметр $d_1 = 1020$ мм, сваи 4 имеют наружный диаметр $d_2 = 1220$ мм. Диаметр свай 3 определяется по условиям прочности и не влияет на эффективность гашения волн. Превышение H ростверка отно-

сительно максимального уровня воды в акватории составляет $H = (0,8-1,2) h_{\text{вmax}}$, где $h_{\text{вmax}} \leq 10$ м — максимальная высота волн в акватории, расстояние B между рядом свай со стороны фронта волны и рядом свай со стороны защищаемого объекта составляет $B = (0,1-0,2) \lambda_{\text{вmax}}$, где $\lambda_{\text{вmax}} \leq 160$ м — максимальная длина волны в акватории, расстояние B_1 между рядом свай со стороны фронта волны и продольными осями промежуточного ряда свай составляет $B_1 = (0,4-0,6) B$, расстояние s_{np1} между соседними сваями в ряду со стороны фронта волны составляет $s_{\text{np1}} = (0,6-1,0) d_1$, а расстояние s_{np2} между соседними сваями в промежуточном ряду — $s_{\text{np2}} = (0,15-0,3) d_2$.

Расчетными параметрами сооружения являются: продольная сквозность s (отношение площади отверстий к общей площади фронтальной поверхности), ширина между продольными рядами свай B_1 (ширина камер гашения), отметка верха сооружения.

Работоспособность конструкции подтверждена физическим моделированием в лотке НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ в 2009 г. [10].

Гашение волн в данной конструкции (рис. 5) происходит следующим образом: при прохождении волны через ряд свай 1 волна частично разбивается об эти сваи, частично отражается от них.

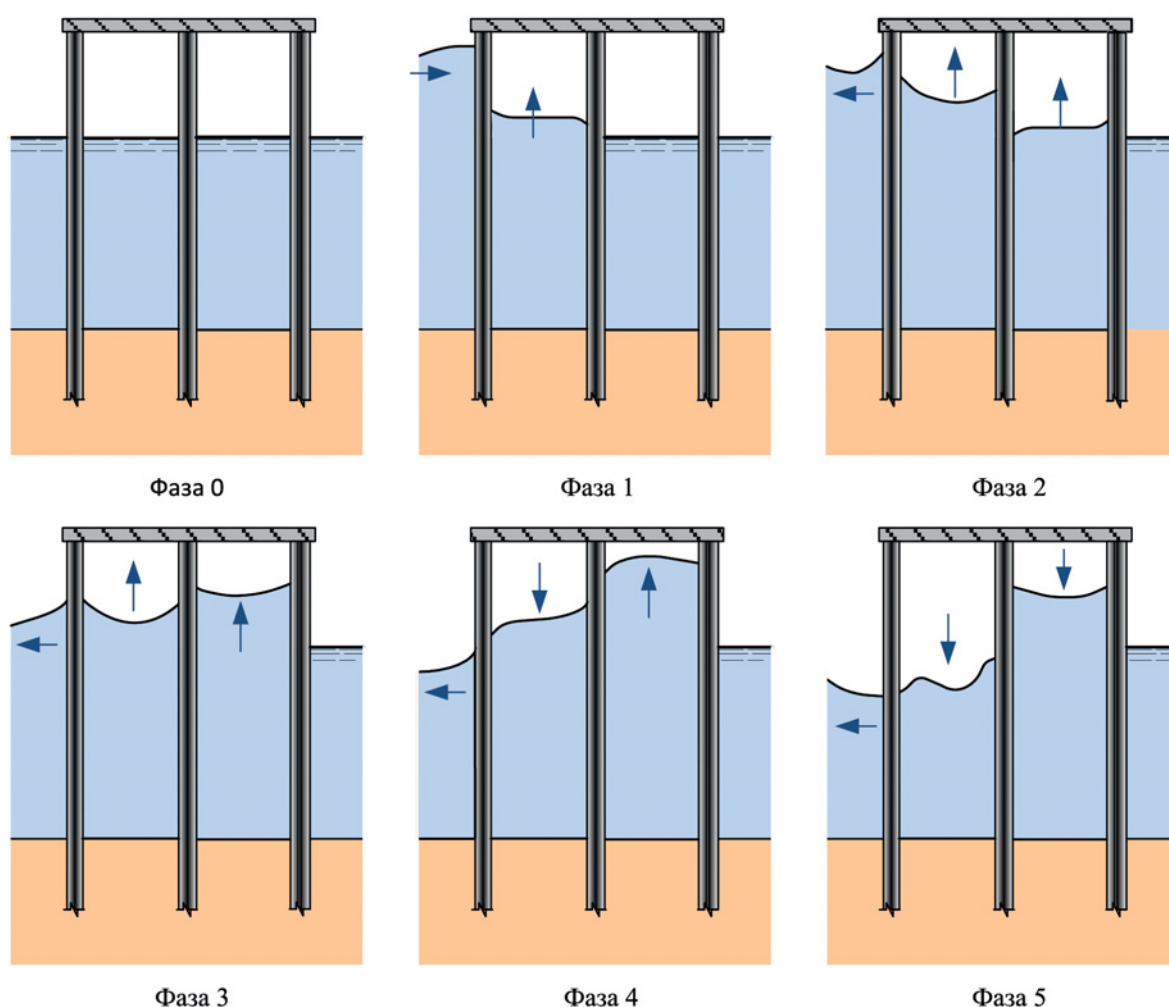


Рис. 5. Фазы взаимодействия волны с ОС нового типа

Волновой фронт достигает промежуточного ряда свай 4 , при этом вода проходит за сваи 4 с задержкой, поскольку скорость прохождения волны через средний ряд свай 4 существенно ниже скорости подхода волны к ряду свай 1 . Уровень воды между рядами свай 1 и 4 поднимается, происходит частичное отражение волны от ряда свай 4 и переориентация движения потока

воды навстречу набегающей волне. После прохождения волны за ряд свай 4 возникает поднятие уровня воды за рядом свай 4 и понижение его между рядами 1 и 4. Ряд свай 4 препятствует пропуску и обратному прохождению волны, направляя потоки воды навстречу друг другу. Происходит смещение фаз прохождения волны через сооружение, и встречные потоки воды гасят друг друга.

ОС нового типа позволяет повысить эффективность гашения волн, предотвратить переливы воды через сооружение; поскольку потоки воды гасят друг друга, уменьшить ударные воздействия на ростверк 5 и сваи 3, объединенные в глухую стену. За счет этого существенно уменьшится материалоемкость сооружения, упростится его конструкция.

Выводы

Выбор типа внешних оградительных сооружений должен выполняться на основе оптимизации экономических, функциональных, конструкционных, технологических и социально-экологических критериев.

Проблема строительства глубоководных причалов может быть успешно решена за счет введения сквозных оградительных сооружений в виде эстакадной конструкции с камерой гашения.

Список литературы

1. Об экологической экспертизе: федеральный закон Рос. Федерации от № 174-ФЗ 23 ноября 1995 г.
2. *Гарибин П. А.* Водно-транспортное использование малых водотоков: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.07 / П. А. Гарибин. — СПб., 2003. — 302 с.
3. 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
4. Градостроительный кодекс РФ № 190-ФЗ от 29 декабря 2004 г.
5. *Николаевский М. Ю.* Экологическая оценка морских внешних оградительных сооружений / М. Ю. Николаевский, Р. Ю. Горгуца, М. В. Субботин // Гидротехника XXI век. — 2012. — № 2 (9).
6. *Векслер А. Б.* Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А. Б. Векслер, Д. А. Ивашинцев, Д. В. Стефанишин. — СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2002. — 590 с.
7. *Мушик Э.* Методы принятия технических решений: пер. с нем. / Э. Мушик, П. Мюллер. — М.: Мир, 1990. — 208 с.
8. Пат. 103367 РФ МПК E02B 3/06 (2006.01). Волнозащитное сооружение / Николаевский М. Ю., Горгуца Р. Ю., Субботин М. В. — № 2010146509/21. — Заявл. 15.11.2010; Опубл. 10.04.2011. — Бюл. № 10. — 3 с.
9. *Николаевский М. Ю.* Сквозное непроницаемое волнозащитное сооружение с камерой гашения в порту Сочи / М. Ю. Николаевский, Р. Ю. Горгуца, М. В. Субботин // Гидротехника XXI век. — 2013. — № 2 (14).
10. НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ. Физическое моделирование воздействия ветровых волн на мол, проектируемый в порту Сочи: отчет о научно-исследовательской работе. — СПб., 2009. — 139 с.

УДК 626.4.004

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

К. П. Моргунов,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

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

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ ШЛЮЗА ПО СТЕПЕНИ ГАШЕНИЯ НАПОРА НА ВЕРХНЕЙ ГОЛОВЕ

DIAGNOSIS OF LOCK CHAMBER DEGREE OF SUPPRESSION HEAD TO UPSTREAM END OF A LOCK

Проведен анализ влияния на состояние судоходного шлюза и его элементов фильтрационного режима в грунтах основания шлюза и степени гашения фильтрационного напора на верхней голове шлюза. Даны рекомендации по упрощению оценки безопасности судоходных ГТС.

We analysed the impact on the state of the ship lock and its mode of filtration elements in the soil foundation of lock and the degree of suppression of filtration pressure to the upstream end of a lock was conducted. The recommendations for simplification of the safety assessment of navigational hydraulic structures were made.

Ключевые слова: судоходный шлюз, напор воды, методика оценки состояния шлюза, степень гашения напора, кривая депрессии.

Key words: navigation lock, the water pressure, the estimation procedure lock state, the degree of damping pressure, drawdown curve.

СУДОХОДНЫЙ шлюз — гидротехническое водоподпорное сооружение, разделяющее два водоема с разными уровнями воды. Поэтому действие напора воды на элементы шлюза является одним из основных силовых воздействий на конструкции сооружения. Кроме того, напор воды является главным фактором формирования фильтрационного режима в основании сооружения. Эти факторы являются решающими при определении места положения камеры и типа противофильтрационной завесы. При слабых грунтах основания, обладающих высокими фильтрационными характеристиками и низкой несущей способностью, камеру шлюза следует располагать в нижнем бьефе гидроузла, при прочных грунтах допускается расположение камеры в верхнем бьефе.

Многолетними наблюдениями за техническим состоянием судоходных шлюзов установлено, что фильтрационный режим в грунтах основания шлюза является главным фактором, определяющим устойчивость нижней головы шлюза, прочность и устойчивость стен камеры, прочность основания и обратной засыпки за стенами. Деформации голов шлюза и стен камеры, раскрытие температурно-осадочных швов между секциями, как правило, есть результат воздействия фильтрации воды в грунтах основания и обратной засыпки.

Оценим влияние фильтрации на техническое состояние судоходного шлюза, расположенного в нижнем бьефе (рис. 1).

Противофильтрационная завеса расположена в основании устоев верхней головы шлюза и сопряжении боковых стенок устоя с грунтовыми дамбами, ограничивающими водоем верхнего бьефа. Конструкции и способы создания противофильтрационной завесы могут быть различными. Это шпунтовые завесы, глиняные понуры, стена в грунте, цементационные завесы.

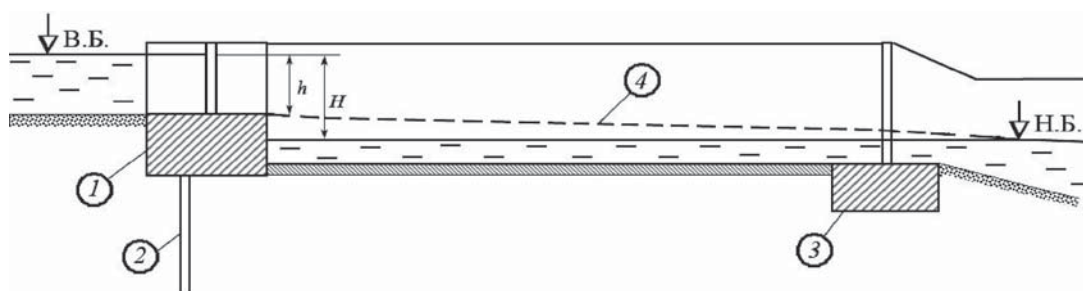


Рис. 1. Продольный разрез шлюза:

1 — устои верхней головы; 2 — противофильтрационная завеса; 3 — устои нижней головы;
4 — кривая депрессии под камерой шлюза и в грунте обратной засыпки стен;
H — напор на шлюзе; h — величина гашения напора

Основное назначение противофильтрационного контура на верхней голове шлюза — исключить поступление воды из верхнего бьефа в грунты основания камеры шлюза, в обратную засыпку стен, в основание нижней головы шлюза.

Фильтрационное давление на конструкции шлюза влияет на их устойчивость, а гидростатическое давление на стены является нагрузкой, определяющей их прочностную надежность. При значительном фильтрационном давлении возможны выходы фильтрующейся воды на откосы обратной засыпки стен камеры, а также (при обходе нижней головы шлюза) на откосы нижнего подходного канала.

Давление фильтрующей воды в основании нижней головы может служить критерием ее устойчивости. Для оценки фильтрационного давления в основании шлюза на гидроузлах устанавливается измерительная система пьезометров в обратной засыпке камеры.

Существующая методика оценки состояния шлюза предусматривает проведение пьезометрических измерений и измерений расходов фильтрующейся воды в дренажах. Опыт проведения многолетних наблюдений и анализ их результатов показывает, что объем наблюдений можно уменьшить при условии выполнения некоторых предварительных расчетов.

1. Расчет коэффициента устойчивости нижней головы шлюза по формуле

$$K = \frac{(\sum P - W) \operatorname{tg} \varphi + c F + T_6}{\sum E} \gamma_n, \quad (1)$$

где $\sum P$ — суммарный вес сооружений нижней головы (бетонные устои, днище, здания на устоях, вес воды на днище);

W — противодействие воды в основании нижней головы шлюза, определяется по показаниям пьезометров, установленных в обратной засыпке за устоем нижней головы;

$\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент трения грунтов основания;

c — коэффициент сцепления грунта;

F — опорная площадь основания;

T_6 — сила трения грунта о боковые поверхности устоев;

$\sum E$ — суммарная величина сил сдвига, включающая гидростатическое давление воды на ворота, давление грунта и грунтовой воды на торцевые поверхности устоев.

Полученный в расчете коэффициент устойчивости K должен быть равен или больше нормативного коэффициента надежности в соответствии с классом сооружения (СНиП 33-01.2003 [1]).

2. Расчет устойчивости грунтовой насыпи за стенкой камеры и устоев нижней головы, а также дамб сопряжения верхней головы.

Для оценки устойчивости насыпи, расположенной за стенами камер шлюза при открытом дренаже, а также устойчивости сопрягающих дамб, примыкающих к устоям верхней головы, используется метод определения выходных градиентов фильтрации (рис. 2).

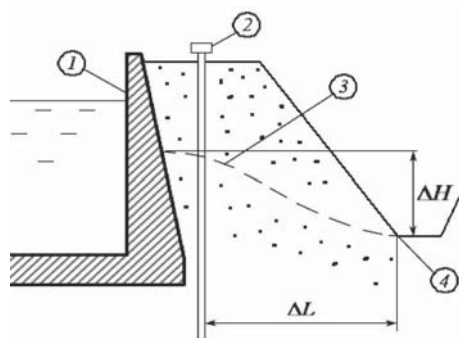


Рис. 2. Схема к расчету выходных градиентов в обратной засыпке стен:

1 — стена камеры шлюза; 2 — пьезометр; 3 — кривая депрессии;

4 — выход кривой депрессии на откос

Расчет выполняется по формуле

$$J_{\text{вых}} = \frac{\Delta H}{\Delta L}, \quad (2)$$

где ΔH — превышение уровня воды в пьезометре над расчетной точкой выхода депрессионной кривой на откос;

ΔL — расстояние от пьезометра до расчетной точки выхода депрессионной кривой.

Полученные значения $J_{\text{вых}}$ не должны превышать нормативных значений, регламентируемых СНиП 2.06.05-84 [2].

3. Уровень грунтовых вод за железобетонными стенами камеры совместно с давлением грунта определяет величину изгибающего момента, предельную величину которого в железобетонной стене можно определить по приближенной формуле (рис. 3):

$$M \leq R_a A_a (h_0 - a) \cdot 0,9, \quad (3)$$

где M — изгибающий момент в сечении стены, рассчитанный с учетом гидростатической нагрузки грунтовых вод и давления грунта;

R_a — расчетное сопротивление арматуры;

A_a — площадь арматуры в растянутой (тыловой) грани стены;

h_0 — толщина стенки в расчетном сечении;

a — толщина защитного слоя бетона в тыловой грани.

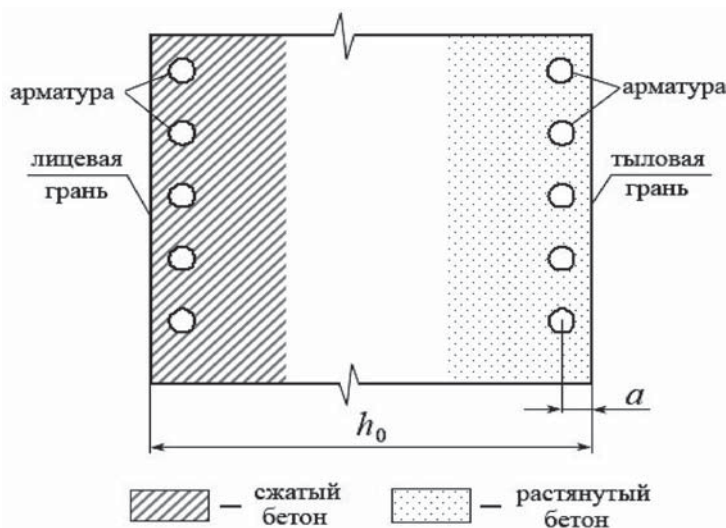


Рис. 3. Расчетное сечение железобетонной стены шлюза

4. Определив безопасный уровень грунтовых вод для нижней головы шлюза и стен камеры, можно установить величину главного диагностируемого параметра фильтрационного режима — степень гашения напора на верхней голове шлюза.

В натурных условиях фактическую величину гашения напора на верхней голове определяют по разности уровня воды в верхнем бьефе и показаний пьезометра, установленного за противофильтрационной завесой у первой секции камеры. Величина гашения напора в процентах определяется формулой

$$h = \frac{\downarrow \text{В.Б.} - \downarrow \text{П.З.}}{H} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где h — величина гашения напора, %;

$\downarrow \text{В. Б.}$ — отметка уровня воды в верхнем бьефе;

$\downarrow \text{П. З.}$ — отметка уровня в пьезометре, установленном за противофильтрационной завесой;

H — напор на шлюзе.

Зная степень гашения напора и характер кривой депрессии за стенами камеры, можно оценить безопасные уровни как для нижней головы, так и для стен камеры. Поэтому степень гашения напора на верхней голове можно считать достаточным критерием безопасности.

«Методические рекомендации по оценке технического состояния и уровня безопасности судоходных ГТС» [3] требуют проведения анализа состояния гидротехнической части шлюза по 11 критериям. Это обуславливает необходимость поддержания в рабочем состоянии на гидроузле более 30 комплексов контрольно-измерительной аппаратуры, а также большого объема наблюдений. Уменьшить объем наблюдений может выполнение анализа технического состояния и контроль практически только по одному параметру — степени гашения напора на верхней голове шлюза. Стабильный показатель степени гашения напора свидетельствует о стабильном режиме функционирования стен и днища камеры, стабильности грунтового основания камеры и нижней головы, обратной засыпки и дренажа за стенами.

Поэтому в тех судоходных шлюзах, где устанавливается стабильный фильтрационный режим, можно исключить ряд инструментальных наблюдений и для оценки безопасности шлюза убрать из декларации безопасности целый ряд «бесполезных» критериев, которые рекомендуются «Методическими указаниями» [3].

Список литературы

1. СНиП 33-01.2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения / Госстрой России. — М., 2004.
2. СНиП 2-06.05-84. Плотины из грунтовых материалов. — М., 1985.
3. Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений: утв. Росморречфлотом 15 апреля 2011 г. — М., 2011.

ЛОГИСТИКА И ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 656.025.4

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

СУХИЕ ПОРТЫ КАК ЧАСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

DRY PORTS AS PART OF INLAND TRANSPORT SYSTEM. DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

В работе рассматривается концепция использования сухих портов как части транспортной инфраструктуры страны на основе опыта эксплуатации в Европе и Северной Америке.

Concept of Dry Ports development as part of country inland transportation system based on European and North American experience.

Ключевые слова: сухие порты, логистика, транспортная инфраструктура.

Key words: dry port, logistics, transport infrastructure.

Введение

Морские перевозки традиционно играют ключевую роль в международной торговле. Именно на их долю приходится основной объем грузов, перевозимых участниками внешне-экономической деятельности. Как и в любом другом способе осуществления международных грузоперевозок, для эффективности морских перевозок огромное значение имеет уровень развития транспортно-логистической инфраструктуры. Ключевым инфраструктурным объектом в данном случае является, конечно же, морской порт. В современных условиях морской порт представляет собой multifunctional объект, обеспечивающий возможность осуществления в том числе и интермодальных перевозок. В число основных функций, выполняемых морским портом, входит прием и отправка грузов морскими судами, а также сухопутными видами транспорта — железнодорожным и автомобильным. Инфраструктура морского порта обеспечивает возможность выполнения погрузочно-разгрузочных работ. В задачи морского порта также входит складирование грузов и логистика. Кроме этого, важнейшей функцией большинства морских портов является функция таможенного терминала. Именно к основным портам, как правило, «привязаны» крупнейшие таможенные органы, контролирующие основной объем товарооборота внешней торговли [5].

Таким образом, морской порт представляет собой сложнейший транспортно-логистический узел, выполняющий самые разнообразные функции. Однако в современных условиях, когда объемы международной торговли, как и количество участников ВЭД, существенно возросли, многие порты перестают эффективно справляться со своими функциями. Основной причиной этого является элементарная перегруженность терминалов, которым для приема огромного количества грузов уже просто не хватает места. Внедрение новых технологий обработки грузов и логистики позволяет решить эту проблему лишь отчасти, а для многих портов это уже не является действенной мерой. Совершенно естественным решением данной проблемы выглядит поиск «свободных территорий» и организация на них новых терминалов. Именно с этим связано появление в международной торговле и логистике такого понятия, как «сухой порт».

Концепция «сухой порт»

Академические исследования в области сухих портов активно развиваются в настоящее время, как отмечено в специальных исследованиях в области сухих портов в морской экономике и логистике. Первое упоминание о сухих портах в академической литературе относится к 1980-м гг. [1].

Текст Конвенции ООН 1982 г. дает первоначальное определение сути концепции сухого порта: «внутренний наземный терминал, на который судоходные компании выписывают свои собственные импортные коносаменты на импортные грузы, принимая на себя полную ответственность за цену и состояние, и от которого судоходные компании выдают свои собственные коносаменты для экспортных грузов» [4]. Это определение характеризует роль сухих портов с позиции взаимодействия морских перевозчиков и грузовладельцев. С точки зрения организации интермодальных перевозок и создания цепочек поставок груза нам будет гораздо важнее другое определение: «Сухим портом является внутренний наземный терминал, напрямую соединенный с морским портом (портами), посредством высокоскоростных транспортных средств, где клиенты могут сдать/получить свои стандартизированные грузовые места как если бы прямо в морском порту» [1].

В соответствии с определением сухой порт — это внутренний сухопутный транспортно-логистический терминал, имеющий прямую связь с морским портом через специально организованную транспортную инфраструктуру. Связь с морским портом может быть реализована при помощи автомобильного, железнодорожного и речного транспорта. Таким образом, сухой порт выполняет функцию перевалочного пункта, расширяя возможности и упрощая осуществление морских грузоперевозок для участников ВЭД, территориально расположенных на значительном удалении от портов. Кроме этого, организация сухих портов позволяет значительно разгрузить терминалы морских портов, что благотворно сказывается на функционировании всей транспортно-логистической инфраструктуры в масштабах страны. Еще одной важнейшей функцией сухого, как и морского, порта является выполнение роли таможенного терминала.

Сухие порты получили широкое распространение во всем мире, их услуги пользуются большим спросом — движение ускоренных маршрутных контейнерных поездов, которые вывозят грузы из портов во внутриматериковые районы, осуществляется по регулярному расписанию. Наличие развитой сети тыловых терминалов является признаком эффективного функционирования крупных морских портов [2].

Классификация сухих портов

В мировой практике присуще следующее разделение сухих портов с точки зрения выполняемых функций: спутниковые терминалы, грузовые центры, перегрузочные центры. Разделение терминалов не является жестким, подразумевая то, что некоторым сухим портам могут быть присущи одновременно несколько функций.

Спутниковые терминалы обычно находятся рядом с морскими портами в радиусе не более 100 км (в основном на периферии своего центрального грузового района), так как они в основном выполняют сервисные функции для своего порта. Они вмещают дополнительный грузовой поток и выполняют функции, которые стали дорогими для выполнения в порту, такие как хранение, сток для порожних контейнеров, либо которые являются менее связанными с нахождением около глубоководного причала (перетарка груза, формирование слотов и т. д.). Некоторое количество спутниковых терминалов имеет только транспортную функцию по перегрузке груза с железной дороги и барж на грузовики и обратно. Спутниковые терминалы могут также выступать как грузовые центры для местных и региональных рынков, особенно если экономическая плотность района высока, в этом случае они образуют мультитерминальную группу с морским портом, с которым соединены посредством регулярных железнодорожных услуг, автотранспорта или с помощью барж. Для морского порта, имеющего серьезный импортный поток, спутниковый терминал может также выполнять перегрузочную функцию, где груз из морских контейнеров перегружается в местные контейнеры или на другие виды транспорта.

Грузовые центры (грузовые дистрибуционные группы) являются важными интермодальными средствами, дающими возможность доступа к определенным региональным рынкам и включающими в себя производственные и распределительные функции. Такие терминалы выполняют одновременно индустриальные, складские, дистрибуционные и логистические функции. Подобные тенденции имеют место в логистических парках и свободных торговых зонах. Сухой порт таким образом является местом сбора грузов или дистрибуции регионального рынка. Чем более обширен и разнообразен рынок, тем более важным является такой грузовой центр. В случае если грузовой центр имеет удобное промежуточное расположение, как, например, вдоль крупной железнодорожной магистрали, тогда у терминала возникают дополнительные благоприятные возможности по расширению обслуживаемого рынка.

Перегрузочные центры соединяют крупные системы циркулирования грузов либо через тот же вид транспорта (например, с ж/д на ж/д), либо с помощью интермодальности (например, с ж/д на автотранспорт или даже с грузовика на баржу). В последнем случае внутренний терминал может исполнять роль грузового центра. Такие перегрузочные терминалы часто располагаются рядом с границами страны с точки зрения объединения административных процессов, связанных с грузовым потоком пересечения границы и добавленной стоимостью логистической деятельности. Хотя данная функция остается незначительной во многих частях мира, продолжающееся развитие в наземном распределении грузов, где возрастает шкала и масштаб интермодальных услуг, указывает, что услуги по перегрузке становятся все более востребованными.

Роль сухих портов в транспортной инфраструктуре

Сухие порты оказывают все большее влияние на развитие транспортной инфраструктуры и системы цепочек поставки товаров, уменьшая транзитное время движения грузов и стоимость их доставки. Условно можно выделить четыре основных фактора такого влияния:

Местоположение и прилегающая инфраструктура.

Как и любому значимому транспортному объекту, сухому порту требуется соответствующее расположение с хорошим доступом к железной дороге либо к другим видам транспорта (например, к баржевому причалу) и, кроме того, наличие свободной территории для развития. Доступ к экономически развитому, густонаселенному району является важной составляющей, так как район будет связан с системой транспортных коммуникаций, проходящих через данный сухой порт. В связи с этим востребованность в терминале возрастет, так как дистрибуторы и участники ВЭД готовы платить более высокую арендную плату за помещения склада, получая преимущество в расположении с точки зрения логистики, что позволяет им снизить расходы по доставке. По существу, развитие ветви логистических центров и интермодальных терминалов повышает значимость цикла совместного размещения: интермодальные терминалы нуждаются в логистических центрах в целях объединения интермодальной грузовой базы, в то время как логистические центры нуждаются во внутренних терминалах для улучшения интермодальной доступности.

Репозиционирование.

Так как большая часть международной торговли и часть внутренней обеспечивается с помощью контейнеров, существуют многочисленные случаи, когда наблюдается неравномерность экспортных (импортных) внутренних потоков. В связи с чем сухой порт должен обеспечить физические и логистические возможности для продуктивного репозиционирования порожних контейнеров на другие рынки при отсутствии местного груза. Это может принять форму стоков порожних контейнеров и договоренностей с экспедиторами об имеющихся в наличии слотах для репозиционирования.

Грузооборот.

Существует или нет дисбаланс в контейнерных потоках, внутренние порты играют ключевую роль в скорейшем согласовании импортных и экспортных потоков. Распространенный способ подразумевает ротацию груза от импортной деятельности, где контейнеры растариваются под экспортную деятельность и где они затариваются товаром. Для владельцев контейнеров, пусть они

будут контейнерными линиями или лизинговыми компаниями, или операторами контейнерных парков, быстрый оборот их активов является основным показателем и обеспечивает непрерывное использование контейнеров. Стратегии эффективного репозиционирования контейнеров и грузо-оборота обеспечат более высокий уровень дохода как для владельцев контейнеров, так и для операторов сухих портов.

Содействие в торговле.

Сухой порт также может быть основным средством, содействующим как импортному, так и экспортному секторам экономики региона. Массификация возможностей хинтерленда, предложенная сухими портами, связана с более низкими транспортными расходами и общим снижением себестоимости экспортных грузов. Это особенно актуально для малого и среднего бизнеса, не способного достигать экономии масштаба самостоятельно. Последний вопрос является серьезной проблемой, особенно в нашей стране.

Мировой опыт развития транспортной инфраструктуры и сухих портов

С точки зрения экономического развития наиболее интересен для изучения опыт развития инфраструктуры сухих портов в Северной Америке и Европе, развитие логистических процессов и их тенденции.

В Северной Америке сухопутные порты находятся преимущественно вокруг Лос-Анжелеса/Лонг-Бич, Нью-Йорка/Нью-Джерси и Саванны. Это обусловлено высоким уровнем концентрации экономической активности вдоль прибрежных районов (восточное и западное побережья) с концентрацией ресурсов и производства. Северная Америка опирается на сравнительно небольшое число развитых морских портов (два-три порта на каждом побережье) и диапазон менее развитых портов, не принимающих участия в международных морских перевозках.

Лонг-Бич/Лос-Анжелес являются главными входными воротами тихоокеанского побережья, в основном принимающими азиатский импортный груз, Нью-Йорк/Нью-Джерси являются главными воротами атлантического побережья, Хьюстон — основной порт залива. Продольные ж/д коридоры, часто принимающие форму сухопутных мостов, обслуживают континентальную часть страны, соединяя в единую систему небольшое количество внутренних крупных сухих портов, таких как Чикаго или Канзас-Сити.

В Западной Европе транспортная инфраструктура интенсивна не только вдоль побережья, но также и внутри континента. Заметна значительная концентрация сухих портов вдоль Рейнской речной системы и ее притоков (Майн и Некар), в Баварии на юге Германии. Сухие порты в экономических центрах вокруг Милана в северной Италии и Мадрида в центральной Испании, крупные центры в Париже, в зоне Ливерпуль—Манчестер—Лидс в Англии, а также зона, простирающаяся от Австрии к растущим производственным группам в Венгрии, Чехии и южной Польши. Часть крупных европейских экономических центров удалена от основных морских линий, как в случае для стран, расположенных вокруг Балтийского моря. Поэтому европейские морские порты зачастую действуют лишь как промежуточные центры для связи с внутренними рынками (сухими портами).

Связь сухих портов с морскими, такими как Роттердам, Антверпен, Гамбург, Бремерхафен, Гавр, Барселона, Марсель и Феликстоу, осуществляется путем средних по длине коридоров, включающих широкую комбинацию автотранспорта, барж (где доступно) и ж/д сервиса. Следует также отметить, что почти все основные европейские столицы (вокруг которых концентрируются экономические развитые районы) являются внутренними городами, расположенными вдоль рек. Уровень концентрации грузов в системе европейских портов постепенно выравнивается, причиной тому является участие практически всех портов в международных морских перевозках и обладание логистической связью практически со всем европейским континентом [3].

Состояние и направления развития сухих портов в России

Необходимо отметить, что для отечественной транспортной отрасли это понятие является новым (первый российский сухой порт был введен в действие в конце 2008 г. в Шушарах, рядом

с Санкт-Петербургом) и для обслуживания крупнейших контейнерных портов России такая сеть пока не создана. Строительству сухих портов препятствует отсутствие достаточного развития транспортной инфраструктуры и оптимального алгоритма выполнения таможенных операций. Особенно остро стоит вопрос с таможенным оформлением грузов.

Нормы, регламентирующие порядок использования технологии с внедрением тылового терминала, требования к участникам рынка и схему взаимодействия между ними и таможней, в России были введены сравнительно недавно. Так, Приказ ФТС России от 18 марта 2010 г. № 510 «Об утверждении порядка осуществления таможенных операций с товарами при прибытии на таможенную территорию Российской Федерации в морских портах и их перемещении из мест прибытия в места временного хранения» зарегистрирован Минюстом России лишь 23 апреля 2010 г., рег. № 16991. Указанный документ вступил в силу с 29 июля 2010 г. В частности, приказом предусмотрено, что оператор морского терминала должен одновременно являться учредителем тылового терминала (сухого порта) либо иметь с тыловым терминалом договор на оказание услуг по временному хранению товаров. Порядок реализации проекта тылового терминала возможен, если морской порт и склад временного хранения находятся в регионе деятельности одного таможенного поста или таможни. Данный пункт является основным на пути реализации «бесшовной» технологии взаимодействия морского порта с сухим портом.

Необходимость решения данного вопроса и изменения рамок ограничения действия схемы в рамках одной таможни (региона) даст толчок в развитии всей системы сухих портов и позволит приблизить логистическую инфраструктуру непосредственно к заказчику, что даст огромный экономический эффект как в плане стоимости перевозок, так и сроков доставки грузов.

Таким образом, находясь в начале пути создания сухих портов, целесообразно использование мирового опыта в создании собственной системы сухих портов в рамках единой транспортной инфраструктуры. Будущее российской системы сухих портов лежит в объединении опыта обоих континентов и создании на этой основе своей системы, подкрепленной доработанной законодательной базой:

— как и в Северной Америке, мы имеем ограниченное количество крупных морских портов на каждом побережье, и дистрибуционная система входных портов разделена по побережьям;

— как и в Северной Америке, по причине больших расстояний необходимо создание дальних коридоров с развитой системой ж/д поездов и необходимостью создания системы сухих мостов;

— как в Европе, основные хинтерленды расположены внутри страны и необходимо создание развитой системы сухих портов внутри грузораспределительных и грузообразующих районов, уровня их соединения с морскими портами всеми возможными видами транспорта, включая железнодорожный, автомобильный и речной (где и когда это возможно);

— особое внимание следует уделить приведению в единое русло законодательной базы, в частности таможенного законодательства для облегчения создания «бесшовной технологии» движения грузов.

Список литературы

1. *Roso V.* The dry port concept-Applications in Sweden, proceedings of logistics research network / V. Roso. — Plymouth, 2005.
2. *Roso V.* The dry port concept: Connecting container seaports with the hinterland / V. Roso, J. Woxenius, K. Lumsden // J. of Transport Geography. — 2010.
3. *Notteboom T.* The relationship between seaports and intermodal hinterland in light of global supply chain / T. Notteboom. — P., 2009.

4. Конвенция ООН по морскому праву. — 1982.

5. Кузнецов А. Л. Механизмы рационализации маршрутов наземного распределения и выбора видов транспорта / А. Л. Кузнецов // Транспорт: наука, техника, управление. — 2011. — № 6.

УДК 656;004.83,164.2

С. А. Селиверстов,

науч. сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко»

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

METHODS AND ALGORITHMS FOR MINING THE PROCESS OF ORGANIZING THE TRANSPORT SYSTEM

В статье рассматривается применение методов автоматической группировки объектов к задачам организации транспортных сетей.

The article deals with the application of auto-grouped method to the transport networks organizing task.

Ключевые слова: методы автоматической группировки, методы кластеризации, методы организации транспортных сетей, интеллектуальный анализ транспортных сетей, транспортная система, транспортные сети, интеллектуальный анализ транспортных систем.

Key words: auto-grouped methods, clustering methods, transport networks organizing methods, intelligent analysis of transport networks, transport systems, transport networks, intelligent analysis of transport systems.

Введение

В Российской Федерации транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей народного хозяйства, неотъемлемой составной частью логистической инфраструктуры. Транспортные коммуникации связывают страну с мировым сообществом, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и ее интеграции в глобальную экономическую систему.

Сегодня совокупные расходы, связанные с организацией торговли на международных рынках и выполнением соответствующих транспортно-логистических мероприятий, постоянно возрастают. Растущий спрос на грузовые перевозки сдерживается неразвитостью транспортно-логистической системы страны, которая, в свою очередь, опирается на инфраструктурную составляющую транспортного комплекса, структура которой рассматривалась в [1–3]. Сегодня важнейшей задачей, обозначенной в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. [4], является формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного развития ее транспортной инфраструктуры и построения единой евразийской транспортной сети (ЕТС).

Здесь возникает проблема выбора способа формального представления ЕТС, позволяющего не только осуществлять необходимые для ресурсосбережения оптимизационные преобразования, но и определять наиболее слабые с коммуникационной точки зрения участки сети.

Традиционное представление сети взвешенным графом $G = (V, E)$, как не раз обсуждалось в [5], с множествами вершин V и дуг E , отождествляемыми соответственно с населенными пунктами и с существующими транспортными коммуникациями (ТК) заданной протяженности между

ними, или эквивалентной ему матрицей M естественно и наглядно. Но существуют и недостатки. Такое представление затрудняет выполнение указанных выше преобразований ввиду большой размерности матрицы, а также не позволяет учитывать внутренние свойства транспортных коммуникаций (водных, воздушных, наземных), характеристики среды, в которых они используются (геофизические, климатические, биологические, экологические), экономические, транспортные и иные показатели населенных пунктов, соединенных транспортными коммуникациями. Также не представляется возможным анализировать, улучшать и изменять параметры таких соединений и осуществлять моделирование с целью выявления наиболее эффективной структуры организации транспортного пространства.

Для решения описанной проблемы предлагается применить метод кластерного анализа, принцип работы которого более подробно освещен в [7; 8]. Данный метод исследования относится к интеллектуальному анализу и статистической обработке данных. Представляется целесообразной интерпретация сети совокупностью кластеров Ξ , связанная с разрезанием графа G на подграфы и с решением задачи оптимального покрытия [5; 6] ими графа ETC , формулируемая как задача линейного программирования:

$$G = \sum_{i=1}^m n_i \times v_K \text{ при } \sum_{i=1}^K v_{Ki} \in \sum_{i=1}^n v_i; E_k > E_g,$$

где v_K — кластеризованное множество объектов; n_i — количество кластеров; v_i — группируемые объекты; n — общее количество группируемых объектов; E_k — показатель эффективности кластеризованной транспортной системы; E_g — показатель эффективности некластеризованной транспортной системы.

Введем определения кластера. Кластером ξ_i (рис. 1) в среде S будем называть сгруппированное в определенной области $s_i \in S$ и обладающее набором свойств $q_i \in Q$ множество объектов $v_i \in V$ по закону группировки Z , таким образом, $\xi_i \in \Xi$ — множество кластеров, в т. ч. $\Xi \in S$; $S(Q)$ — каждая область $s_i \in S$ характеризуется набором свойств $\{q_i\} \in Q$; $V(A)$ — каждый объект обладает множеством свойств $\{a_i\} \in A$; $Z(Q, A)$ — процесс образования кластера зависит от свойств Q и A .

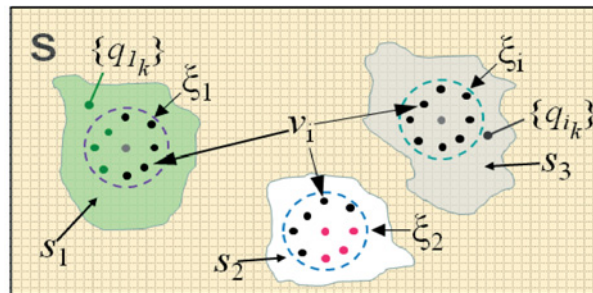


Рис. 1. Кластеры

Тогда решение нашей задачи сводится к нахождению центров кластеризации (ЦК) v_{c_i} , группировке объектов к ЦК с последующей прокладкой межкластерных связей e_i при условии повышения эффективности социально-экономических и транспортных (СЭТ) показателей.

Содержательная постановка задачи

Объектами анализа является множество населенных пунктов на выделенной территории, которые характеризуются своим месторасположением (определяемым двумя или тремя географическими координатами), показателями среды территории (климатические, геофизические, экологические) и СЭТ показателями населенных пунктов. Требуется провести группировку населенных пунктов с укрупнением на выделенной территории по совокупности указанных показателей с их последующим объединением транспортными коммуникациями и тем самым сбалансировать структурные диспропорции ТС и устранить неравномерность в развитии транспортной системы России.

Математическая постановка задачи

Пусть исследуемая транспортная система T , $T \in S$ задана взвешенным графом $G = (V, E)$ и множеством свойств A : $T \in A$, зависящих от Q , где S — среда существования системы, определяемая множеством свойств Q среды, воздействующих на T . При этом для T , S соблюдаются постулаты существования и функционирования сложных систем, рассмотренные, например, в [1; 2]; следовательно, при переходе от системы к ее элементу выполняется условие целостности: $(\forall r, S)[\exists! Q(S) = \{Q_i(S)\}; i = \overline{1, n}; Q_i \cap Q_r = \emptyset$, где $r \in \mu$ — r -й вариант членения из множества μ возможных; Q_r — множество свойств подсистем при r -й декомпозиции; множество $V = \{v_1, \dots, v_{n_1}\}$ обозначает n_1 объектов (вершин), а $E = (E_1, \dots, E_{n_k})$ — конечное множество связей (дуг графа). Предполагается, что существует определенное множество наблюдаемых показателей или характеристик $A = (A_1, \dots, A_{n_2})^T$ которыми обладает каждый объект из V , то есть $V \in A$, причем каждому признаку множества A ставится в соответствие конечное качественное подмножество $(A_1 \in \{\alpha_1^{A_1}, \dots, \alpha_{n_1}^{A_1}\}, \dots, A_{n_k} \in \{\alpha_1^{A_{n_k}}, \dots, \alpha_{n_1}^{A_{n_k}}\})$ из качественного множества $(A_1, \dots, A_{n_2})$, из которого соответственно и производится выбор определенной качественной величины признака, которым обладает рассматриваемый элемент $(v_1, \dots, v_{n_1}) \in V$.

Результат измерения i -й характеристики V_j объекта будем обозначать символом x_{ij} , тогда вектор $X_j = [x_{ij}]$ размерности $p \times n$ будет отвечать каждому ряду измерений (для j -го объекта). Следовательно, множество векторов, описывающих множество объектов V , обозначим как $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$.

Множество X может быть представлено как n точек в p -мерном евклидовом пространстве E_p .

Пусть $L_b(v_1) L_b(v_2), \dots, L_b(v_n)$ — географические координаты объектов (ГКО) $(v_1, \dots, v_{n_1})$, L_b — матрица ГКО размером $p \times 2$ или $p \times 3$, тогда исходные данные представляют собой блочную матрицу типа объект–свойство, представленную в виде табл. 1.

Таблица 1

Матрица «объект–свойство»

Объект	№ объекта	Признаки (свойства)				
V	N	L_b (ГКО)	A_1	A_2	...	A_n
...	...	...	...	...	...	...

Процесс расширения базового пространства признака (пространство ГКО) до многомерного пространства признаков (МПП) A , представляющего собой многомерную систему координат, реализуется дополнением базового уровня L_b уровнями определенных признаков $L_1, L_2, \dots, L_n$.

Таким образом, уровню L_1 соответствует признак $A_1, L_2 \rightarrow A_2, \dots, L_n \rightarrow A_n$, при этом: $R^2 \rightarrow L_b, R^3 \rightarrow L_1 \in L_b, \dots$, и т. д.

Аналитически этот процесс можно представить в виде табл. 2, а графически — рис. 2.

Таблица 2

Процесс расширения базового пространства пространствами признаков

Расширение измерений	Расширение пространства уровней				Расширение пространства объект (ГКО) — признак			
...	...				...			
R^5	L_b	L_1	L_2	L_3	$(x_i; y_i)$	(l_{1i})	(l_{2i})	(l_{3i})
R^4	L_b	L_1	L_2		$(x_i; y_i)$	(l_{1i})	(l_{2i})	
R^3	L_b	L_1			$(x_i; y_i)$	(l_{1i})		
R^2	L_b				$(x_i; y_i)$			

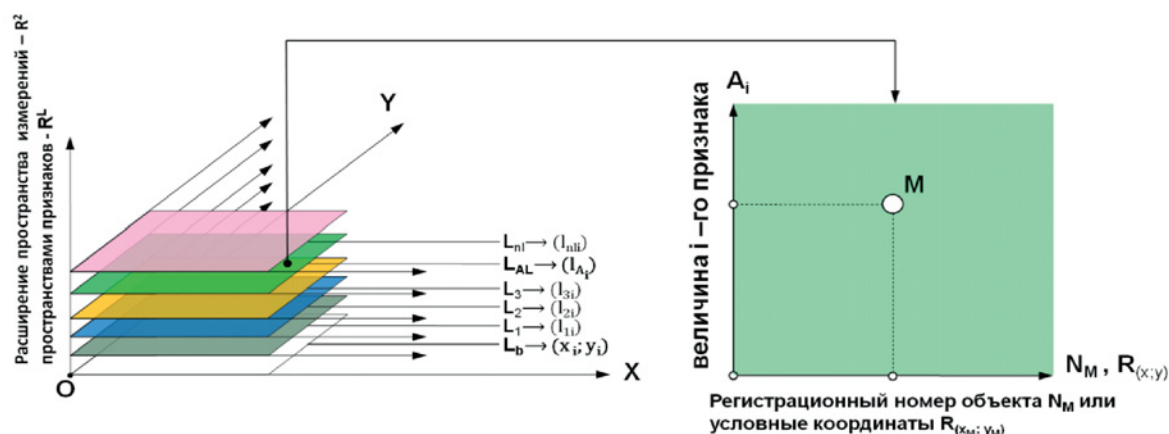


Рис. 2. Графический процесс расширения базового пространства пространствами признаков

Каждый объект может быть представлен точкой, координаты которой задаются на базовом уровне L_b , а свойства описываются в МПП, тогда положение этой точки будет определяться набором значений (координат) в базовом пространстве L_b и величиной (набором) признаков в соответствующих ПП. Каждую такую точку мы будем называть многомерным вектором.

Для решения задачи кластеризации необходимо:

- 1) осуществить группировку анализируемых исходных данных;
- 2) осуществить выбор центров кластеризации, описать процесс формирования центров кластеризации и свойств, общих для всех объектов отдельного кластера (меру сходства между объектами);
- 3) задать способ образования кластеров;
- 4) указать критерий качества кластеризации;
- 5) организовать движение к максимуму (минимуму) критерия качества (при этом определяется и число реально существующих кластеров).

Решение задачи кластеризации предлагается производить в два этапа. На первом этапе осуществляется метод выбора центров кластеризации v_{c_i} опираясь на анализ множества качественных признаков, на втором разрабатывается метод самой кластеризации.

Исследуемые данные (ИД)

Множество свойств Q среды S , воздействующих на T , предлагается сформировать, опираясь на следующие существующие системы показателей, а именно:

- 1) данные геолого-сейсмических показателей (ГОСТ Р 22.1.06-99, ГОСТ 22.0.03-97/ГОСТ Р 22.0.03-95), данные районирования территории РФ по геологическим характеристикам, данные районирования по рельефу и по поверхности геоида территории РФ, тектонические карты и карты сейсмического районирования территории РФ;
- 2) показатели районирования территории РФ по геофизическим характеристикам: карты полезных ископаемых, топливно-энергетических ресурсов и показатели геохимического районирования территории РФ;
- 3) данные климатических показателей (ГОСТ 16350-80, ГОСТ 25870-83, ГОСТ Р 53614- 2009 (МЭК 60721-2-3:1987), ГОСТ 24482-80, ГОСТ 24728-81), показатели районирования территории РФ по климатическим характеристикам, карты районирования территории РФ по среднемесячной температуре воздуха в январе, по отклонениям средней температуры воздуха наиболее холодных суток от среднемесячной температуры в январе, по среднемесячной температуре воздуха в июле, по давлению, скорости и направлению ветра;
- 4) эколого-биологические данные, карты растительности РФ, карта заповедников и национальных парков РФ, карта радиоактивных территорий РФ.

Множество наблюдаемых СЭТ показателей (свойств) A , которыми обладает каждый объект из множества V , предлагается сформировать, используя:

- основные социально-экономические и транспортные показатели городов России [9; 10];
- транспортные показатели России [10].

Анализ исходных данных

На этапе анализа решается задача группировки ИД, при этом выделяются два вида группировок: типологические и структурные [11]. Типологической группировкой (ТГ) называется разбиение совокупности на качественно однородные группы, характеризующие некоторые классы свойств (например, множество свойств Q : 1–4 и свойств A : 5–6). Структурной группировкой (СГ) называется расчленение качественно однородной совокупности на количественно однородные группы, характеризующие строение совокупности, ее структуру (например, данные сейсмического районирования структурированы по 12-балльной шкале MSK-64). При анализе нашей проблемы выбор типологических ИД проистекает из целеполагания ТС (наличие востребованного ресурса и др.) и условий ее существования (СНиП, ТУ и другие категории стандартов), поэтому предполагается, что задача СГ уже решена.

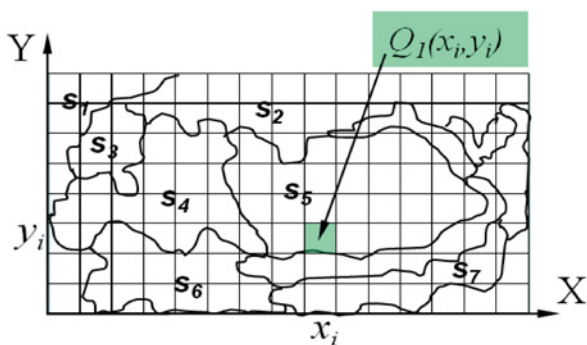


Рис. 3. Нахождение признака Q_1

Определяется структура распространения каждого признака из Q в среде $R^2 \rightarrow L_b$ в зависимости от его СГ, путем присваивания каждой величине признака (в зависимости от его СГ) определенных координат L_b (точечных или интервальных, рис. 3) и строится матрица «объект–свойство» (табл. 1).

Процедура группировки величины каждого признака с учетом его пространственного положения может осуществляться как алгоритмом простой группировки [8], что позволяет автоматически определить распределение признака (с учетом СГ) в про-

странстве (рис. 4), так и методами минимальной дисперсии [7; 8]. В качестве целевой функции целесообразно использовать внутригрупповую сумму квадратов отклонений (ВГСКО) W величин рассматриваемых признаков, вычисляемую как

$$W = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

Оптимальное значение достигается, когда ВГСКО внутри каждой группы кластеризованных величин рассматриваемого признака достигает нулевого значения, что соответствует разбиению на группы с равной величиной признака внутри каждого кластера.

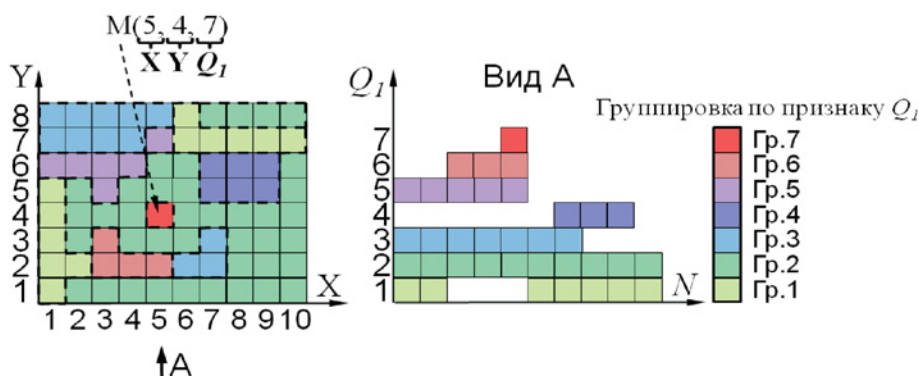


Рис. 4. Пример группировки (кластеризации) по СГ признака Q_1 (при $Q_1 = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$)

Такая структура анализа ИД (свойств Q и A) позволяет определить зависимость процесса развития объектов из множества V (населенных пунктов) и произвести оценку эффективности таких объектов от вида тех или иных выбранных свойств Q и A , например методами, рассмотренными в [7]. Параллельно реализуется решение другой важной задачи — прокладка ТК между объектами и участками ТС. Идея построения соответствующей модели опирается на сопоставление каждому участку пространства (элемент ландшафта географической территории, определяемого величиной соответствующего признака) величины некоторого потенциала p . Тогда разность потенциалов исследуемых участков (или групп), превышающая заданное пороговое значение, и создает предпосылки для прокладки новой ТК, осуществляемой по пути наименьшего значения p элементов ландшафта рассматриваемой территории.

Нахождение центров кластеризации

На этом этапе решается задача рационального выбора объектов ЦК из множества заданных. В нашем случае задача осложняется, если объекты характеризуются показателями, измеренными в различающихся единицах, а иногда и шкалах. При решении таких задач требуется аппарат, позволяющий сравнивать объекты, характеризующиеся целым набором признаков (многомерные объекты), с учетом всех этих признаков. Для решения таких задач предлагается использовать методы многокритериального анализа, рассмотренные, например, в [7; 8], с целью упрощения процесса автоматической обработки данных предлагается использовать модифицированный метод, который разработан, опираясь на метод многомерной средней.

Тогда алгоритмическое нахождение ЦК с использованием ММС будет следующим.

		Признак		
Вершина		α_1	..	
	v_1	x_{ij}	...	
	...	...	...	
	...	...	...	

Количественное значение признака

Рис. 5. Таблица «объект–свойство»

Шаг 1. Каждой вершине v_i ставится в соответствие численное значение определенного признака из множества A , рис. 5.

Шаг 2. Вычисляется среднее значение величины по качественным множествам (1), соответствующим качественным признакам, и реализуется процедура отбора (рис. 6) каждого элемента множества V :

$$\alpha_{\text{лср}} = \frac{1}{n_{\alpha_1}} \sum_{i=1}^{n_{\alpha_1}} x_{ij}, \quad (1)$$

	α_1	..	..		сравнение		
v_1	k_1	...	..	←	α_1	α_2	α_3
...	...	...	..	←	$k_{1\text{ср}}$	$k_{2\text{ср}}$	$k_{3\text{ср}}$

Рис. 6. Отображение процедуры отбора

качественные величины признаков которых превышают среднее значение по качественному множеству признака, из которого происходит выбор, причисляются к множеству P — множеству потенциальных центров кластеризации (2), каждому из которых с соответствует множество признаков, выраженных качественной величиной (рис. 7).

$$v_1: k_1 > k_{\text{лср}} \rightarrow v_1 \in P \rightarrow p_1 \rightarrow v_p, \quad (2)$$

$$v_2: k_2 < k_{2\text{ср}} \rightarrow v_2 \notin P.$$

*Знак «:» читается как «такое что».

Шаг 3. Вычисляется среднее значение по всем вершинам v_p качественной величины для каждого признака (3) и реализуется процедура отбора каждого элемента множества P :

$$\alpha_{\text{лср}}^{v_p} = \frac{1}{n_{v_p}} \sum_{j=1}^{n_{v_p}} k_j. \quad (3)$$

	α_1	..
v_p	k_j	...
...	...	...

Рис. 7. Формирование потенциальных центров кластеризации

Элементы, качественные величины признаков которых превышают среднее значение по элементам p , причисляются к множеству C — множество активных центров кластеризации v_c (рис. 8).

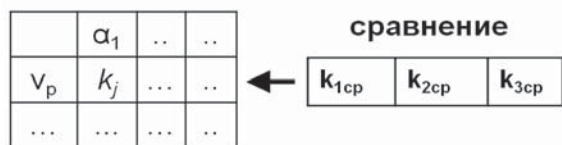


Рис. 8. Процесс отбора активных центров кластеризации

$$v_{p1} : k_j > k_{1cp} \rightarrow v_1 \in C \rightarrow c_1 \rightarrow v_{c1}, \quad (4)$$

$$v_{p2} : k_2 < k_{2cp} \rightarrow v_2 \notin C.$$

Шаг 5. Вычисляются начальные положения активных центров кластеризации центров v_c .

Шаг 6. Реализуется процесс присвоения каждого элемента и его качественных признаков к ближайшему активному центру.

Шаг 7. Осуществляется перерасчет качественных признаков.

Шаг 8. Осуществляется оценка кластеризации: усреднение межкластерных расстояний.

Таким образом, на первом этапе метода вычисляются активные центры кластеризации, а на следующем шаге реализуется процесс присвоения второстепенных вершин v_i к его ближайшему центру v_c .

В качестве меры расстояния D примем квадрат евклидовой метрики d_{ci}^2 , вычисляемый как

$$d_{ci} = \sqrt{\sum_{i=1}^2 (v_{(c)i} - v_{(j)i})^2}$$

или

$$d_{ci} = \sqrt{(x_c - x_j)^2 + (y_c - y_j)^2},$$

где c и i — объекты в пространстве R^2 , то есть $n = 2$, $v_{(c)i}$ и $v_{(j)i}$ — координаты точек v_c и v_j .

Мера $D = \{d_{ij}^2\}$ может варьироваться в зависимости от функциональной особенности центров кластеризации. Аналитическая запись такого процесса будет представлять собой матрицу $(v_{ci}, d_{ci}^2)^T$.

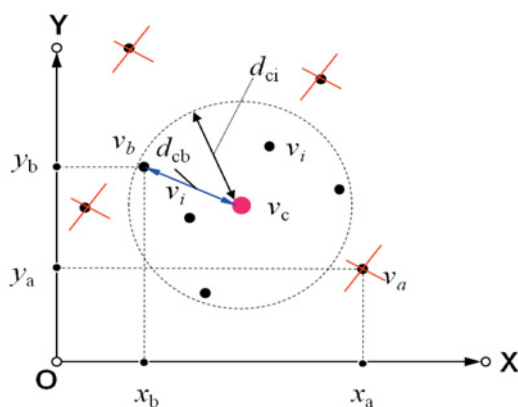


Рис. 9. Процесс образования кластера с учетом меры близости

Пример: пусть $d_{ci}^2 = a$, тогда все v_i , для которых мера $d_{ci}^2 \leq a$, причисляются к $v_c \in v_i$, в случае $d_{ca}^2 > a$, $v_a \notin v_c$. Процесс образования кластера с учетом меры близости d_{ci} показан на рис. 9.

На третьем этапе происходит пересчет признаков и характеристик кластеров с учетом новых элементов. Также существует возможность реализовать функцию сжатия кластеризуемых объектов к центру кластеризации. В нашем случае для этого можно использовать удельные социально-экономические показатели, такие как плотность населения на единицу площади, коэффициент Энгеля, коэффициент транспортной обеспеченности и др.

Оценка кластеризации

Среди критериев качества кластеризации [7; 8; 12] целесообразно применить следующие:

— среднее внутрикластерное расстояние должно быть как можно меньше $Q_{d_{int}}$:

$$Q_{d_{int}} = \sum_i \sum_{x, y \in X_i} d(x, y) \rightarrow \min$$

при $K_A \rightarrow \max$,

где K_A — множество коэффициентов качества кластеризуемых объектов;
— среднее межкластерное расстояние должно быть равным $Q_{d_{ext}}$:

$$Q_{d_{ext}} = \sum_i \sum_{\substack{x \in X_i, \\ y \in X_j}} d(x, y) \rightarrow \max;$$

Тогда функцию ошибки кластеризации можно определить как отношение среднего внутрикластерного и среднего межкластерного расстояния Q_m :

$$Q_m = \frac{Q_{d_{int}}}{Q_{d_{ext}}} \rightarrow \min.$$

В результате будет получено оптимальное количество кластеров, осуществлена их внутренняя организация и реализован процесс распределения и прокладки транспортных коммуникаций между кластерами. Это позволит повысить полную организацию транспортной системы T в среде S .

Исключительное преимущество состоит в том, что данный процесс анализа применим к исследованию динамического процесса развития транспортной системы с учетом глубины исторической информации, то есть зависимости показателей Q и A от времени, что позволит рассматривать предложенный интеллектуальный анализ процесса организации как одну из ступеней интеллектуальной системы прогнозирования [13, с. 43–49] и управления процессом развития транспортных сетей и систем страны.

Вывод

Предложенный кластерный подход к организации транспортных сетей позволит:

- 1) использовать математические методы, методы компьютерного моделирования и модельно-предсказательную методологию для оптимизации и систематизации транспортного пространства, что с трудом удавалось до сегодняшнего времени при структурировании столь сложных объектов. При дифференцированном уровне детализации в качестве кластеров могут выступать объекты и более высокого уровня сложности, такие как страны и континенты;
- 2) сбалансировать структурные диспропорции ЕТС и устранить неравномерность в развитии транспортной системы России;
- 3) осуществить процесс оптимального перераспределения связей между кластерами и внутри них, привязав их к видам транспортной инфраструктуры.

Список литературы

1. Проблематика сложных систем (концептуальные основы модельных представлений) / под общ. ред. С. А. Попова; В. М. Дубов [и др.]. — СПб.: Элмор, 2006. — 184 с.
2. Белый О. В. Архитектура и методология транспортных систем / О. В. Белый, О. Г. Кокаев, С. А. Попов. — СПб.: Элмор, 2002.
3. Кокаев О. Г. О технологии анализа транспортных процессов в современных условиях хозяйствования / О. Г. Кокаев, О. Ю. Лукомская, С. А. Селиверстов // Транспорт Российской Федерации. — 2012. — № 2 (39).
4. Транспортная стратегия на период до 2030 г.: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации № 1734-р от 22 ноября 2008 г.
5. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. — М.: Мир, 1978. — 432 с.
6. Сигал И. Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: учеб. пособие / И. Х. Сигал, А. П. Иванова. — М.: Физматлит, 2002. — 240 с.

7. Олдендерфер М. С. Кластерный анализ. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / М. С. Олдендерфер, Р. К. Блэшфилд. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 215 с.
8. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл. — М.: Статистика, 1977. — 128 с.
9. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2012: стат. сб. / Росстат. — М., 2012. — 662 с.
10. Основные показатели транспортной деятельности в России. 2010: стат. сб. / Росстат. — М., 2010.
11. Общая теория статистики / Г. С. Кильдишев [и др.]. — М.: Статистика, 1980. — 423 с.
12. Оптимальная группировка взаимосвязанных объектов / М. И. Рубинштейн. — М.: Наука, 1989. — 166 с.
13. Селиверстов Я. А. Моделирование процессов распределения и развития транспортных потоков в мегаполисах / Я. А. Селиверстов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2013. — № 1.

УДК 629.5.064.2:656.614.3.073.434

Т. Е. Маликова,
канд. техн. наук, доцент,
Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского;

М. А. Москаленко,
д-р техн. наук, профессор,
Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА ПАЛУБЕ СУДНА

INCREASING THE EFFICIENCY OF DECK LARGE DIAMETER TUBES CARRIAGE BY SEA TRANSPORT

Статья посвящена вопросам безопасной перевозки смещающихся грузов на палубе судна. В частности, рассматривается возможность перевозки труб большого диаметра с использованием технологии регулирования смещаемости штабеля при помощи пневморегуляторов амортизационного типа.

The paper covers issues of safe deck shipment of goods liable to shifting. In particular, an option of carrying large diameter tubes using a technique of adjusting stack shifting by means of air bags of amortization type is given a thorough consideration.

Ключевые слова: штабель труб, пневморегулятор, регулирование смещаемости грузов, устойчивое состояние штабеля, формирование штабеля, укладка.

Key words: stack of tubes, pneumatic controller, adjustment of goods shifting, stack stabilized condition, stack making up, stowage.

ТРУБЫ большого диаметра (ТБД) занимают одно из ведущих мест среди внешнеторговых грузов морского транспорта. Склонность к смещению такого груза при перевозке требует от перевозчика большого опыта и специальных знаний при решении вопросов, связанных с выполнением технологических операций в порту при погрузо-разгрузочных работах, а также в процессе самой транспортировки груза морем.

Схемы размещения труб на верхней палубе разрабатываются с учетом допустимых удельных нагрузок на люковые крышки, уменьшения остойчивости в связи с увеличением парусности, попаданием воды в трубы и обледенением труб на палубе.

Для увеличения грузопместимости судов, перевозящих ТБД, в морской практике используются различные подходы, позволяющие наращивать массу палубного каравана. Например, в 1980-е гг. прогрессивные на то время инженерные решения, заложенные судостроителями в конструкцию судов типа «Зоя Космодемьянская», позволили технологам Черноморского морского пароходства эффективно организовать их загрузку ТБД методом сплошного продольно-поперечного каравана, названного японскими морскими специалистами «русским методом». При использовании данной схемы размещения груза судно принимает на верхнюю палубу 7000 т труб. Всего судно может принять на борт 22 000 т груза. При этом следует отметить, что укладка ТБД диаметром 1420 мм на верхней палубе в шесть ярусов уже в то время полностью исчерпывала несущую способность люковых закрытий судов этой серии.

Если принять во внимание наблюдаемые в последние годы тенденции старения не только российского, но и мирового флота, то необходимо учитывать при разработке технологических схем загрузки судна тот факт, что в процессе длительной эксплуатации судна и износа судовых конструкций уменьшается допустимая нагрузка на палубу судна по сравнению с проектной. Поэтому поиск путей для дальнейшего наращивания массы палубного каравана должен идти в направлении разработки таких технологий перевозки ТБД, которые бы позволяли с помощью специальных устройств увеличивать допустимую нагрузку на палубу судна. Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является использование различных пневморегуляторов при перевозке ТБД.

Одним из примеров эффективности применения пневморегуляторов служит опыт экспериментальной перевозки ТБД на т/х «Академик Бакулев» (1984). Установленные в трюме специальные пневматические устройства, выполнявшие роль своеобразных пиллерсов между верхним ярусом ТБД в трюме и набором люковых крышек, компенсировали перегрузку крышек. Эта «новинка» в морской технологии перевозок позволила увеличить высоту палубного каравана до восьми ярусов (при проектной высоте в шесть ярусов), а загрузку судна ТБД на 10 %.

С учетом положительных результатов проведенного натурного эксперимента по повышению эффективности перевозки ТБД для т/х «Академик Бакулев» и обобщения существующего мирового опыта по наращиванию массы палубного каравана нами была предложена пневмотехнология перевозки ТБД, позволяющая повысить конкурентоспособность судна на рынке транспортных услуг.

Для увеличения допустимой нагрузки на палубу судна и люковые крышки предлагается по окончании загрузки ТБД в трюм на верхний ярус последних укладывать пневморегулятор [1, с. 449–450] амортизационного типа (рис. 1). Устройства укладываются двумя рабочими вручную и подсоединяются ниппелями к судовой системе подачи сжатого воздуха или компрессору. В пневморегуляторы подают сжатый воздух и закрывают люковые крышки. В устройствах создается избыточное давление, что способствует заполнению пустот, образовавшихся между верхним ярусом труб и палубой.

Автоматическое одновременное заполнение пневморегуляторов осуществляют через ниппель 1, расположенные в концевых частях регулятора. Подача воздуха осуществляется через судовую систему сжатого воздуха. Воздух вначале заполняет прилежащую к ниппелям полость 2 регулятора, а затем перетекает из нее через зазоры 3 между швами и кромками эластичной пластины 4 в остальные полости пневморегулятора, заполняя его. В процессе заполнения пневморегуляторы одновременно раздуваются, а неплотности между трубами верхнего ряда и люковыми крышками выбираются, что приводит к прочному закреплению труб в подпалубном пространстве. Наличие на системе воздухонаполнения регуляторов предохранительно-сигнальных элементов обеспечивает возможность автоматического контроля полноты их наполнения. На этом этапе процесс крепления труб в трюме заканчивается.

После завершения погрузки груза в трюм на верхней палубе и люковых крышках судна формируют штабель [2, с. 849–850] трапециевидальной формы в сечении труб, уложенных вдоль судна так, что продольные оси труб параллельны палубе, а зазор между трубами и судовыми конструкциями должен быть не менее 50 мм. При этом трубы нижнего ряда укладывают на деревянные подкладки сечением не менее 100×100 мм и прокладки сечением не менее 50×50 мм, а крайние трубы первого ряда закрепляют упорами, высота которых не менее 0,5 диаметра трубы.

Регулирование смещаемости штабеля ТБД на палубе судна и люковых крышках обеспечивается пневморегулятором, который располагается под верхним рядом труб в штабеле [3, с. 7–9]. Для обеспечения возможности закрепления пневморегуляторами штабеля ТБД погрузку последних следует выполнять в два этапа в указанной далее последовательности.

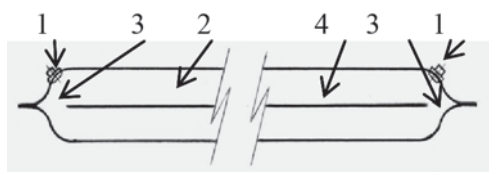


Рис. 1. Пневморегулятор амортизационного типа

На первом этапе формирования штабеля (рис. 2) укладывают второй и последующие ряды труб штабеля 1, исключая последний 2. В каждом следующем ряду укладывают по одной трубе в межтрубные гнезда нижележащего ряда труб, начиная от центра к краям, оставляя незаполненными крайние боковые гнезда каждого укладываемого ряда 3.

Высоту штабеля труб на верхней палубе судна определяют по формулам:

— допустимое число ярусов труб:

$$i = q \times d \times l / p,$$

где q — удельно допустимое давление на крышку люка (палубу), кг/м²;
 d — диаметр трубы, м;
 l — длина трубы или длина крышки люка в зависимости от того, что короче, м;
 p — средняя масса трубы, кг;
 — высота штабеля и возвышение его центра тяжести над люковой крышкой:

$$H_{шт} = d[1 + 0,866(i - 1)];$$

$$H_{цт} = H_{шт} / 3 + (a + 2b) / (a + b),$$

где d — диаметр трубы, м;
 i — допустимое число ярусов труб;
 $H_{шт}$ — высота штабеля, м;
 $H_{цт}$ — возвышение центра тяжести над люковой крышкой, м;
 a — половина длины нижнего основания трапеции штабеля труб, м;
 b — половина длины верхнего основания трапеции штабеля труб, м.

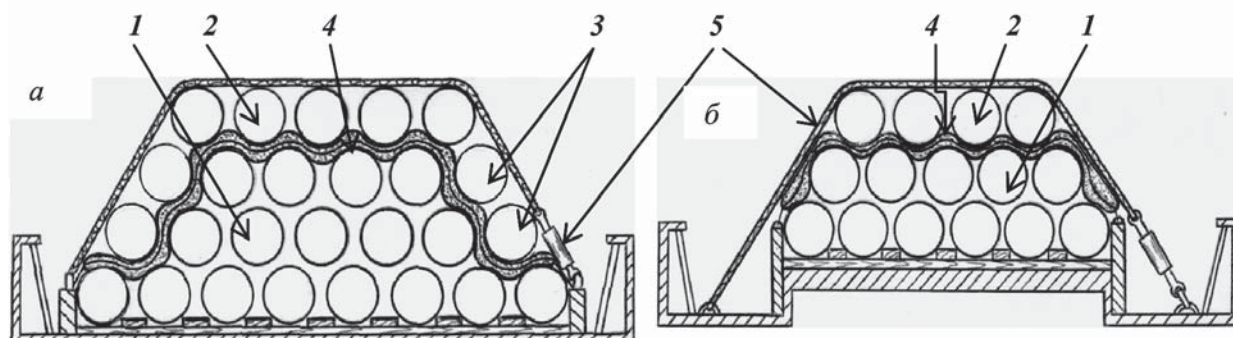


Рис. 2. Этапы формирования и крепления штабеля:
 а — на палубе и б — на люковых крышках

Перед укладкой последнего ряда труб на поверхность частично сформированного штабеля поперек штабеля по всему его периметру укладывают пневморегуляторы 4 амортизационного типа (рис. 1) в местах установки поперечных найтовов 5. Пневморегуляторы укладываются двумя рабочими вручную и подсоединяются ниппелями к судовой системе подачи сжатого воздуха или компрессору. Количество поперечных найтовов, а следовательно, и количество пневморегуляторов на штабеле труб должно равняться частному от деления массы штабеля на разрывное усилие найтова. На этом заканчивают первый этап формирования штабеля. В результате образуется не полностью сформированный штабель труб трапециевидальной формы.

На втором этапе формирования (рис. 2) укладывают трубы в незаполненные гнезда 3 боковых сторон штабеля на пневморегуляторы 4, путем размещения их в каждом ряду с каждой боковой стороны штабеля. Затем укладывают все трубы верхнего ряда 2. Таким образом формируется полный профиль штабеля труб, разделенный пневморегулятором сверху и по бокам с одним рядом труб.

После завершения формирования штабеля труб его обтягивают найтовыми с помощью талрепов, а затем подают в пневморегуляторы амортизационного типа сжатый воздух для создания давления в них, что способствует натяжению найтовов, при котором исключается перемещение труб в штабеле при качке в рейсе. Найтовы должны представлять собой короткозвенную цепь калибром не менее 19 мм или гибкий стальной трос диаметром не менее 22 мм.

После этого в пневморегуляторе создается избыточное давление. Расчетная величина давления определяется при заданных натяжении T в найтовых и количестве $2n$ числа труб, расположенных над регулятором. Натяжение T находят из условия сохранения устойчивости штабеля при наклонениях судна. Все расчеты выполняются по следующей схеме:

- 1) определяют безразмерный параметр:

$$t = T/(n \times m \times g \times l);$$

- 2) по графику находят безразмерный параметр:

$$p = f(t, n);$$

- 3) вычисляют величину избыточного давления в пневморегуляторе:

$$P = p \times m \times g/d.$$

Автоматическое одновременное заполнение пневморегуляторов осуществляют через ниппель, расположенные в концевых частях регулятора. Подача воздуха осуществляется через судовую систему сжатого воздуха. Воздух вначале заполняет прилежащую к ниппелям полость регулятора, а затем перетекает из нее через зазоры между швами и кромками эластичной пластины в остальные полости пневморегулятора, заполняя его. В процессе заполнения пневморегуляторы одновременно раздуваются, а неплотности между трубами выбираются и происходит натяжение найтовов 5, что приводит к прочному закреплению штабеля труб. Наличие на системе воздухонаполнения регуляторов предохранительно-сигнальных элементов обеспечивает возможность автоматического контроля полноты их наполнения. На этом этапе процесс крепления штабеля труб заканчивается.

При перевозке штабеля осуществляют контроль за состоянием пневморегуляторов, при необходимости пополняют их воздухом. Наличие на системе воздухонаполнения пневморегуляторов предохранительно-сигнальных элементов обеспечивает возможность автоматического контроля полноты их наполнения. Технологические параметры устройства для крепления штабеля труб проверяют расчетом [4, с. 30–33]. При известных значениях: массы и диаметра трубы, расстоянии между найтовыми и их натяжении, а также количестве труб, перекрываемых пневморегулятором, проверочный расчет выполняют в следующем порядке:

- 1) устанавливают безразмерный параметр t по формуле

$$t = T/(g \times m \times n),$$

где T — натяжение найтова, m — масса одной трубы, n — количество труб перекрываемое пневморегулятором;

2) безразмерный параметр p определяют по графику в зависимости от безразмерного параметра l и количества труб, перекрываемого пневморегулятором;

3) рабочее давление в пневморегуляторе рассчитывают по формуле

$$P = p \times m \times g / (d \times l),$$

где d — диаметр трубы, l — расстояние между найтовыми;

4) проверяют величину полученного рабочего давления P на отсутствие колебаний системы «груз–пневморегулятор». Для этого используется специальная автоматизированная система «Шторм» [5, с. 35–37].

Предлагаемая схема крепления благодаря совокупности обтягивающих средств и пневморегуляторов и действий по подкачке воздухом последних позволяет поддерживать постоянное натяжение первых, что исключает перекачивание, смещение или выпадение труб из штабеля, то есть его опасное разрушение, и способствует сохранению устойчивого состояния штабеля труб при всей его транспортировке на судне. При снижении давления в пневморегуляторе его своевременно подкачивают, тем самым исключается необходимость в постоянном и нелегком физическом труде по натяжению обтягивающих средств. Многообразие использования пневморегуляторов позволяет значительно снизить расходы на приобретение прокладочных деревоматериалов и утилизацию их после каждого рейса. Кроме того, при транспортировке штабеля труб, закрепленных таким способом, происходит саморегуляция натяжения обтягивающих средств за счет применения пневморегуляторов, которые выполняют роль амортизаторов, что повышает надежность крепления.

Использование в предлагаемой технологии известных пневморегуляторов амортизационного типа [1] обеспечивает простоту проведения операции по подкачке их сжатым воздухом, возможность автоматического контроля полноты наполнения и автоматизацию самого наполнения. Благодаря совокупности пневморегуляторов, расположенных в трюме, и действий по подкачке их воздухом увеличивается несущая способность люковых закрытий и, как следствие, высота штабеля на палубе судна. Наличие конструктивных элементов в пневморегуляторе (рис. 1) обеспечивает гашение кинетической энергии от давления груза на палубу не только за счет сжатия газа в полости регулятора, но и за счет растяжимости материала, трения элементов конструкции и механического демпфирования.

Таким образом, в предложенной пневмотехнологии используется новый подход к решению задачи повышения эффективности морской перевозки труб большого диаметра на палубе судна. Достигается увеличение грузоподъемности судна, снижение трудоемкости обслуживания во время транспортировки, повышение сохранности и безопасности закрепленного груза, снижение материальных затрат при креплении и транспортировке штабеля на верхней палубе и люковых крышках судна. В совокупности эти преимущества повышают конкурентоспособность судна на рынке морских перевозок.

Список литературы

1. Пат. 1283161 РФ. МПК⁴ B65D81/08, B63B25/24. Устройство для крепления тарированных грузов: [текст] / Москаленко А. Д., Непейвода В. Г., Шпак А. С.; заявитель и патентообладатель — Дальневосточное высшее инженерное морское училище им. адм. Г. И. Невельского. — № 3894009. — Заявл. 01.04.1985; Бюл. «Изобретения. Полезные модели». — М., 1987.
2. Пат. 2241632 РФ. МПК⁷ B 63 B 25/24. Способ крепления штабеля труб: [текст] / Москаленко А. Д., Маликова Т. Е., Шпак А. С.; заявитель и патентообладатель — Морс. гос. ун-т им. адм. Г. И. Невельского. — № 2000130744. — Заявл. 07.12.00; Бюл. «Изобретения. Полезные модели». — М., 2004.

3. Маликова Т. Е. Пневмотехнология обеспечения сохранной и безопасной перевозки штабеля труб на палубе судна: [текст] / Т. Е. Маликова, А. Д. Москаленко // Эксплуатация морского транспорта. — СПб.: Гос. морс. академия им. адм. С. О. Макарова, 2013. — № 1 (71).

4. Маликова Т. Е. Методика расчета технологических параметров средств крепления смещающихся грузов на основе компенсационных пневмооболочек: [текст] / Т. Е. Маликова, А. Д. Москаленко, А. С. Шпак // Вестник Морского государственного ун-та. Проектирование и расчет конструкций из мягких оболочек. — Владивосток: Морс. гос. ун-т им. адм. Г. И. Невельского, 2003.

5. Москаленко А. Д. Организация автоматизированного проектирования новых средств крепления смещающихся грузов на палубе судна с использованием персонального компьютера: [текст] / А. Д. Москаленко, Т. Е. Маликова // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: материалы Всерос. науч.-техн. конф. — Улан-Удэ, 2000.

УДК 338.47:656.078.1

М. А. Абулатипов,
руководитель ФГУ «Администрация морских
портов Каспийского бассейна»;

М. В. Карташов,
заместитель декана факультета
высшего профессионального образования;
Каспийский институт морского
и речного транспорта —
филиал ФБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КЛАСТЕРА В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ ПРИГРАНИЧНОМ МАКРОРЕГИОНЕ

FORMATION OF TERRITORIAL-TRANSPORT CLUSTER IN THE VOLGA-CASPIAN BORDER MACROREGION

В статье рассматриваются предпосылки и возможности формирования транспортно-логистического кластера в территориальной зоне Волго-Каспийского макрорегиона, дается оценка привлекательности отрасли и предпринимательского климата территории, приводятся поэтапная схема формирования кластера и результаты организационного проектирования производственной и управленческой структуры кластера.

The article discusses the background and the possibility of formation a transport and logistics cluster in the territorial area of the Volga-Caspian macroregion, provides an assessment of industry attractiveness and business climate of the territory, the stage-by-stage scheme of formation of a cluster and results of organizational design of production and administrative structure of a cluster are provided.

Ключевые слова: территориально-транспортный кластер, Волго-Каспийский макрорегион, интеграция, принципы корпоративной организации, идентификация, механизмы формирования и развития кластера, сценарный подход, организационное проектирование.

Key words: territorial-transport cluster, Volga-Caspian macroregion, integration, principles of the corporate organization, identification, mechanisms of formation and cluster development, scenario approach, organizational design.

ОДНИМ из инновационных подходов к организации экономического пространства является формирование современных структур кластерного типа.

Как показывает анализ, кластер является одной из наиболее продвинутых моделей территориально-отраслевой интеграции, которая строится на концентрации взаимосвязанных предприятий, действующих в одной экономической сфере, характеризующейся общими целями и взаимодополнением.

Предпосылками создания транспортно-логистического кластера (ТЛК) в Волго-Каспийском макрорегионе, на наш взгляд, являются:

- географическое положение региона как пограничной территории;
- перспективность и развитие внешнеэкономических отношений в связи со вступлением РФ в ВТО;
- уровень экономического потенциала и привлекательность региона, то есть способности к обновлению, возможности привлечения внимания потенциальных инвесторов и предпринимателей для участия в программе экономического роста региона;
- значительные объемы государственных и частных инвестиций в основные фонды транспортно-логистической инфраструктуры региона;
- приоритетность ускоренного развития прикаспийского транспортно логистического узла в рамках международного транспортного коридора (МТК) «Север–Юг–Север»;
- укрепление позиций на рынке транспортно-логистических услуг Прикаспийского макрорегиона и др.

Кластер как устойчивое государственно-частное партнерство взаимосвязанных территорий, отраслей, предприятий и отдельных лиц основывается на действии положительных синергетических эффектов региональной агломерации и может иметь потенциал, превышающий простую сумму потенциалов отдельных составляющих. Это приращение возникает как результат сотрудничества и эффективного использования возможностей партнеров, сочетания кооперации и конкуренции, близости потребителя и производителя, сетевых эффектов диффузии знаний и умений за счет миграции персонала и обновления бизнеса. Отсутствие распределенных между производителями секторов потребления способствует формированию системы взаимовыгодных договоренностей в рамках установленных приоритетов и правил. При этом необходимо учитывать, что каждый из участников решает свои характерные задачи, определяемые его уставными, программными, нормативными документами.

Основные источники и оценка эффективности транспортно-логистического кластера приведены в табл. 1

Таблица 1

Источники эффективности организации ТЛК и способы их оценки

Источник эффективности	Характер воздействия	Способ оценки эффекта
Перераспределение ресурсов	Изменение доступности ресурсов в других секторах экономики	Анализ стоимости ресурсов. Исследование и оценка фирм смежных отраслей и территорий
Территориальная концентрация производства	Пространственное распределение эффекта роста. Изменение структуры региональной экономики	Анализ схемы роста на субрегиональном уровне. Структурный анализ производства продукции
Снижение удельных издержек	Оптимизация схем транспортировки продукции и ресурсов. Эффект масштаба производства	Методы решения транспортной задачи по минимизации транспортных издержек. Установление зависимости технологической себестоимости от объема производства

Таблица 1
(Окончание)

Повышение транспортной доступности	Расширение возможностей получения транспортно-логистических услуг	Транспортная обеспеченность территории. Транспортная подвижность населения. Протяженность транспортных сетей. Объемы перевозок
Перелив капитала в объекты транспортно-логистической инфраструктуры	Прямое (косвенное) воздействие на предприятия инфраструктуры региона	Анализ межотраслевого баланса. Изменение структуры экономики региона

Целесообразность создания интегрированной структуры и ее соответствие стратегии развития региона определялись с помощью метода идентификации (установление соответствия, тождества) на основе анализа и экспертной оценки двух критериев — привлекательность отрасли и предпринимательский климат территории. Ядром предлагаемой методической схемы идентификации, как видим, является кластерная матрица (см. рис. 1).

Оценки, полученные экспертно-параметрическим методом, свидетельствуют о потенциально возможном создании кластера с умеренной степенью риска (привлекательность — 5,8 балла, предпринимательский климат — 5,08 балла).

Таким образом, анализ свидетельствует о целесообразности создания транспортно-логистического кластера (ТЛК) в Волго-Каспийском макрорегионе при условии проведения территориально-обоснованного мониторинга и дополнительных исследований деловой среды.

Оценка стартового положения и анализ условий формирования кластера позволяют учредителям новой структуры и инвесторам определить основные направления и этапы реализации идеи создания транспортно-логистического кластера в приграничном регионе.

Именно пограничное положение региона придает специфичность условиям создания кластера, требует конкретизации целей и задач его деятельности, формирования целевых программ и проектов, согласования групповых интересов, оценки реальных ресурсов, ограничений и благоприятных факторов.

Для определения обобщенной конфигурации создаваемого кластера предлагается использовать специальный инструментарий, который, по нашему мнению, должен включать:

- *во-первых*, схему поэтапного формирования транспортно-логистического кластера региона;
- *во-вторых*, анализ элементов совокупного механизма формирования и развития транспортно-логистического кластера Волго-Каспийского региона;
- *в-третьих*, факторную модель реализации организационно-экономического механизма создания структуры кластерного типа;
- *в-четвертых*, баланс взаимных интересов субъектов регионального потребительского рынка — региональных органов управления, предпринимательских структур и населения региона;
- *в-пятых*, обоснование сценарных альтернатив формирования и развития кластера;
- *в-шестых*, организационное проектирование производственной и управленческой структуры транспортно-логистического кластера Волго-Каспийского региона.

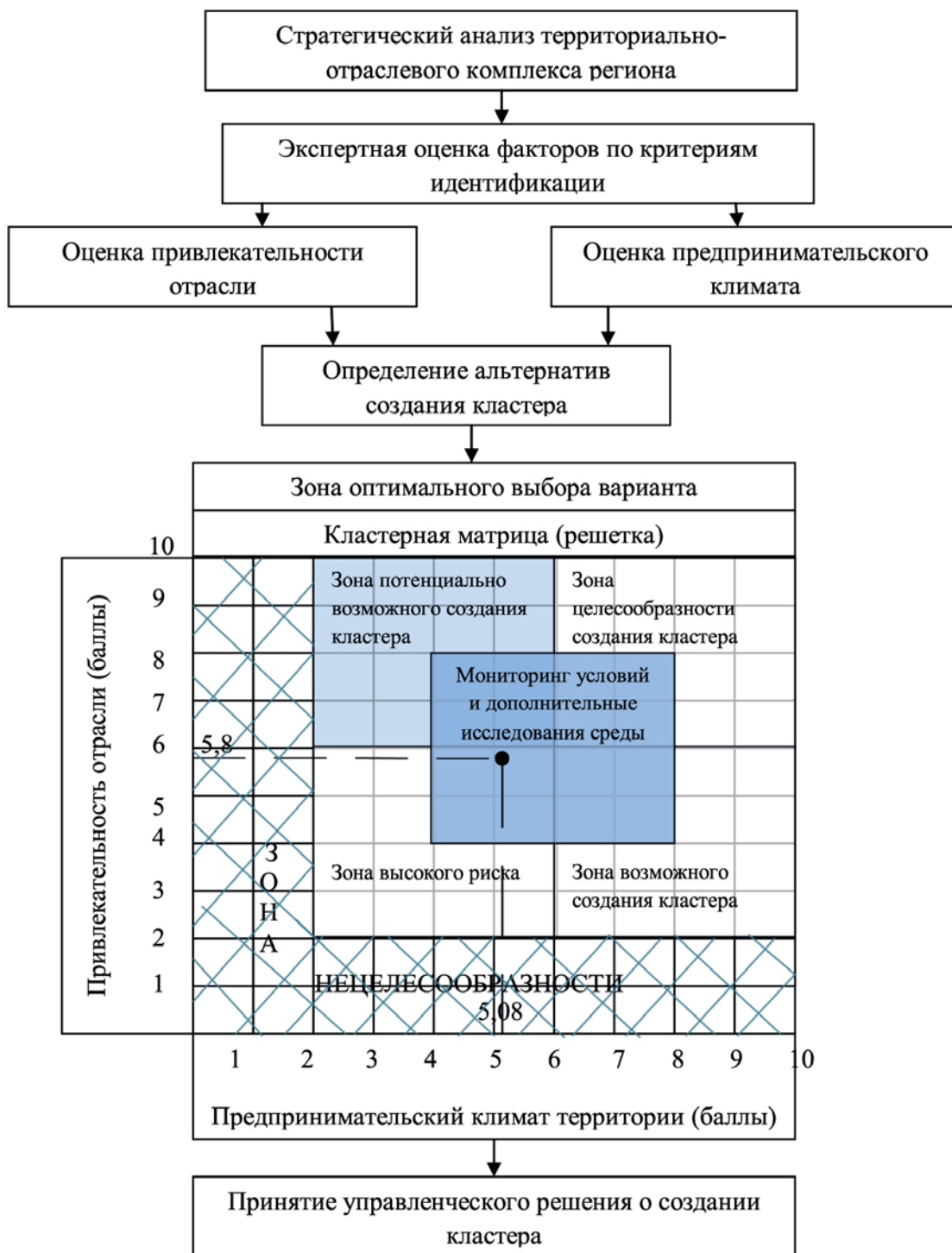


Рис. 1. Методическая схема идентификации транспортно-логистического кластера Волго-Каспийского региона

Схема поэтапного формирования транспортно-логистического кластера региона

Исследования показали, что кластерные структуры формируются, как правило, по двум направлениям: «снизу вверх» и «сверху вниз». Первый из них связан с созданием кластеров «естественным» путем на основе добровольной интеграции в границах определенной отрасли и территории с целью снижения издержек и расширения возможностей развития.

Организационно-правовое построение такой структуры представляет собой объединение, ассоциацию или государственно-частное партнерство. Главным условием формирования кластера

такого типа является не организационная соподчиненность, а функциональные связи и взаимодействие входящих в кластер предприятий и организаций.

Второе направление подразумевает создание кластера как результата управленческого решения федеральных или региональных органов власти. При этом учредители должны создать специальную структуру с правами юридического лица, определить участников кластера, привлечь инвестиции, создать инфраструктуру, обеспечить рынок сбыта.

В практике используются оба направления, однако более эффективную работу показывают кластеры, созданные по второму сценарию. Основными источниками эффективности в этом случае являются: перераспределение ресурсов; территориальная концентрация производства; снижение удельных издержек; перелив капитала в объекты территориальной инфраструктуры.

В качестве основы формирования кластерной структуры в пределах экономической зоны в работе принято: четкая постановка конечных целей деятельности кластера, которая служит исходной базой формирования его оргструктуры; системное рассмотрение полной организационной задачи как дифференцированной и взаимосвязанной совокупности действий, направленных на достижение конечных целей; формирование организационного механизма функционирования системы, базирующегося на взаимоотношениях между уровнями управления (по вертикали) и функциональными подразделениями (по горизонтали).

В соответствии с указанными условиями формирования кластерной структуры транспортно-логистической направленности предлагается следующая поэтапная схема (табл. 2).

Таблица 2

Схема поэтапного формирования транспортно-логистического кластера

Этапы	Исходные предпосылки	Результаты реализации этапа
<i>Этап 1.</i> Аналитический	Показатели социального и экономического развития региона и предприятий отраслей экономики за 3–5 лет. Стратегии развития региона, районов, предприятий	Оценка уровня социально-экономического развития территорий региона, сильные и слабые стороны, конфигурация структуры кластера
<i>Этап 2.</i> Целевой	Результаты предыдущего этапа. Методы структуризации целей и задач формирования и развития кластера. Производственная структура, распределение функций управления кластером	Приоритетный ряд целей и задач развития построения «дерева целей» кластера, ранжирования и закрепления целей за исполнителями
<i>Этап 3.</i> Структурный	Результаты предыдущего этапа. Состав предприятий и организаций, входящих в кластер, их классификация по производственному и территориальному признакам	Распределение предприятий и организаций по отраслевому и территориальному признаку, их соотношение и взаимосвязь
<i>Этап 4.</i> Агрегированный	Результаты предыдущего этапа. Принципы отраслевой и территориальной интеграции и размещения производственных объектов	Формирование агрегированных структур кластера по отраслям и территориям
<i>Этап 5.</i> Заключение договоров	Результаты предыдущих этапов. Типовые договора (соглашения) о совместной деятельности между предприятиями, органами регионального и местного управления, организациями	Заключение многосторонних договоров о совместной деятельности с учетом взаимных интересов. Генеральное соглашение структур кластера, внесение изменений в существующие структуры
<i>Этап 6.</i> Учредительный	Общее собрание учредителей кластера. Проекты учредительного договора и устава. Выборы совета директоров и ревизионной комиссии	Принятие устава и учредительного договора, выборы руководящих органов и утверждение уставного капитала

Анализ элементов совокупного механизма формирования и развития транспортно-логистического кластера

Механизмы формирования транспортно-логистического кластера представляют собой систему организационно-структурных элементов, их взаимосвязей и экономических отношений, отражающих конкретные действия по проектированию и последующему развитию кластера.

На практике указанные механизмы находятся не только в плотном взаимодействии, но и в глубоком взаимопроникновении. В связи с этим в состав совокупного механизма включены пять основных функциональных элементов: экономический, организационный, социальный, правовой и мотивационный. Состав и взаимосвязи указанных элементов приведены на рис. 2.



Рис. 2. Элементы совокупного механизма формирования и развития кластера

На основе анализа элементов механизма формирования кластера, обобщения результатов и с помощью прогнозной оценки развития деловой среды осуществляется конкретизация целей и задач по направлениям деятельности и этапам их реализации, формируются целевые программы и проекты, согласовываются групповые интересы, дается оценка реальных ресурсов, ограничений и благоприятных факторов.

Факторная модель реализации организационного механизма создания структуры кластерного типа

Для определения обобщенной конфигурации создаваемого кластера предлагается поэтапная модель реализации механизма его формирования и развития (см. рис. 3).

Баланс взаимных интересов субъектов регионального потребительского рынка. Одним из самых сложных и проблемных этапов формирования кластерных структур является процесс согласования и заключения договоров между предприятиями и органами регионального управления. Предприятия транспортно-логистического комплекса по-разному влияют на эконо-

мику региона, следовательно, и баланс их интересов и интересов территорий должен строиться индивидуально.



Рис. 3. Факторная модель реализации организационно-экономического механизма формирования и развития кластера

В связи с этим принцип дифференцированного подхода к формам взаимодействия предприятий, органов власти и населения положен в основу формирования территориально-отраслевых кластеров. Характеристика балансов интересов трех групп субъектов рынка приведена на рис. 4.

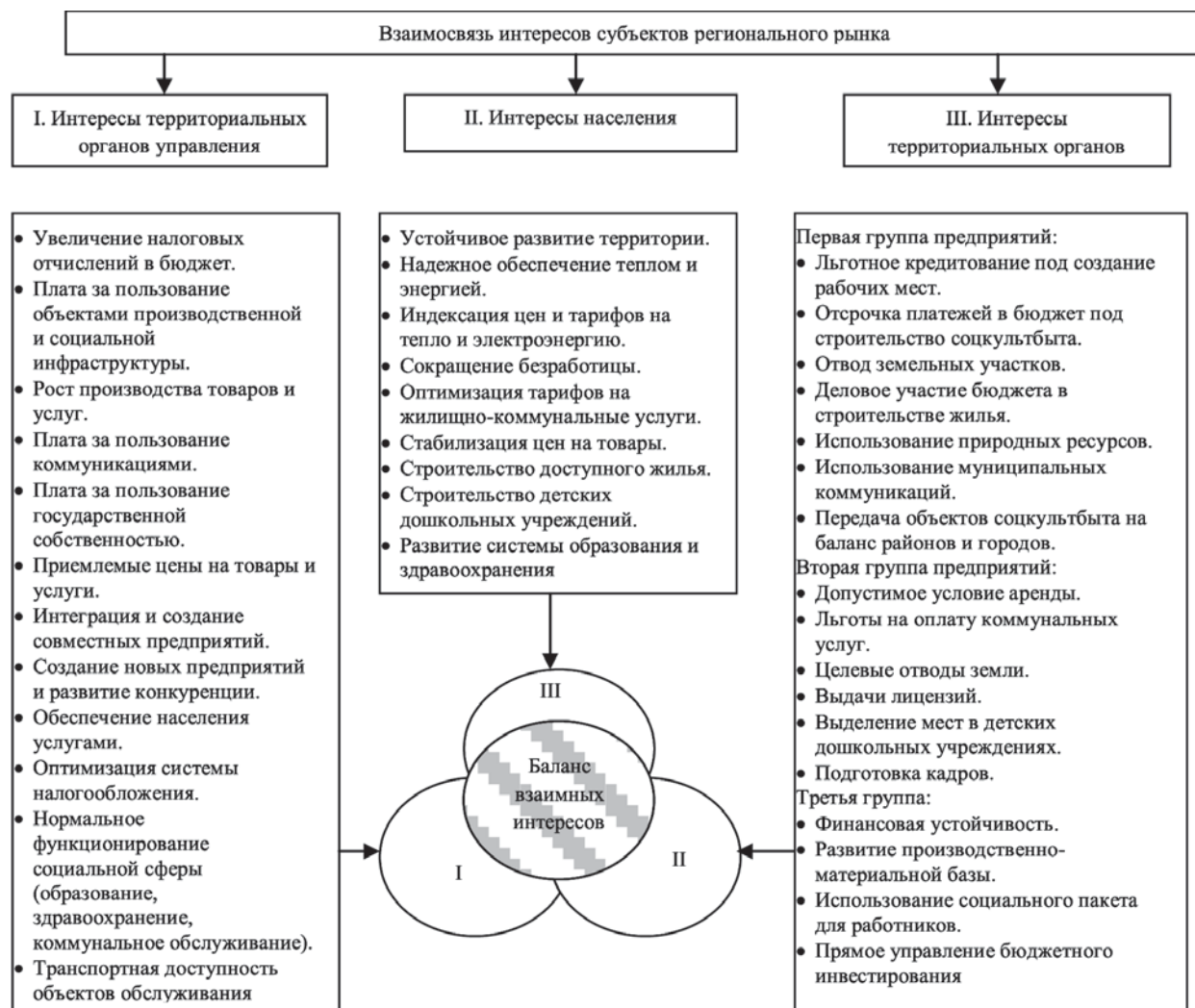


Рис. 4. Баланс взаимных интересов субъектов рынка

Обоснование сценарных альтернатив формирования и развития кластера

При прогнозировании будущего состояния деловой среды региона на основе правдоподобных предположений в нашей работе использовался *метод сценариев*.

Сценарий — это описание будущего состояния деловой среды, оценка ситуации и определение вероятных вариантов развития. Поэтому прогноз обычно включает в себя несколько сценариев. В большинстве случаев это три сценария: оптимистический, пессимистический и наиболее вероятный, (ожидаемый).

В контексте данной статьи выбор сценарных условий развития деловой среды определяется с помощью матрицы «потенциальные возможности отрасли — социально-экономические условия территории» (см. рис. 5).

Исследования сценарных условий Волго-Каспийского макрорегиона и потенциальных возможностей транспортно-логистической отрасли свидетельствуют о благоприятных условиях создания кластерной структуры в регионе.

Однако следует учитывать обстоятельства, при которых благоприятные условия могут измениться, что повлечет за собой перемещение ситуации в зону ограниченности условий развития кластера или потерю потенциала (в направлении стрелок на рис. 5).

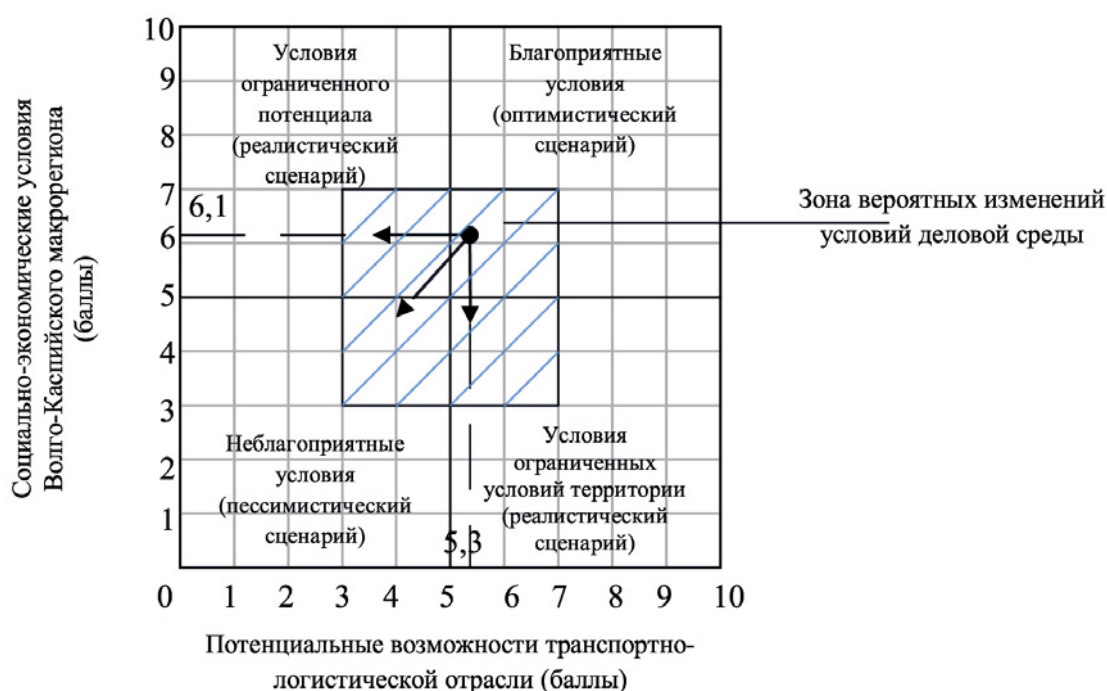


Рис. 5. Матрица «потенциал отрасли — социально-экономические условия территории»

Организационное проектирование производственной и управленческой структуры транспортно-логистического кластера Волго-Каспийского макрорегиона

Реализация решения о формировании транспортно-логистического кластера требует соответствующих структур — производственной и организационной. Общие принципы построения структур и эффективность их функционирования, выработанные мировой наукой и практикой, в известной степени приемлемы и для построения производственной и организационной структуры управления кластером.

По нашему мнению, организационную структуру управления кластерами целесообразно сформировать как матричную структуру управления, которая представляет собой комбинацию (наложение) проектной структуры на линейно-функциональную (рис. 6). Характерной особенностью этой структуры является двойное подчинение подразделений (комплексов): по горизонтали — функциональное; по вертикали — производственное соподчинение.

При матричной структуре обеспечивается функциональное управление всеми производственными подразделениями и одновременно сохраняется самостоятельность профильных предприятий по видам деятельности.

Производственная структура транспортно-логистического кластера на начальной стадии формирования, по нашему мнению, должна включать комплексы всех смежных отраслей и видов транспорта:

- железнодорожного;
- автомобильного;
- водного (морского и внутреннего);
- воздушного транспорта;
- дорожного хозяйства;
- логистического комплекса;
- судостроения и судоремонта.

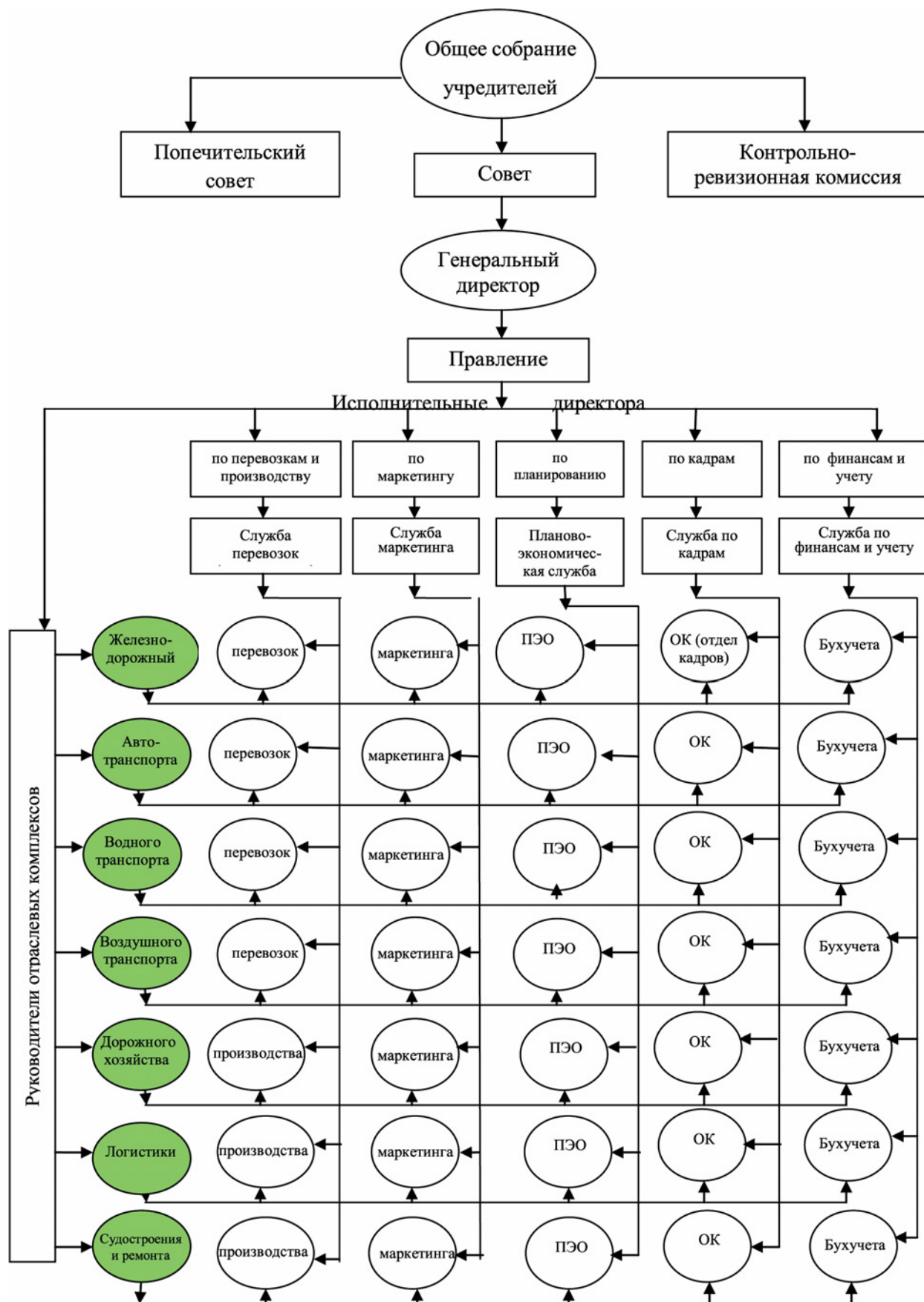


Рис. 6. Матричная оргструктура управления кластером

В заключение необходимо подчеркнуть, что формирование и последующее развитие транспортно-логистического кластера предполагает ряд мер по реорганизации существующих структур, проектированию новых. Структура кластера должна охватывать предприятия и организации смежных территорий и отраслей, включая предприятия стран ближнего зарубежья.

Список литературы

1. Транспортная стратегия РФ до 2030 г.
2. Стратегия социально-экономического развития Астраханской области до 2020 г.
3. Концепция долгосрочного развития РФ до 2030 г.
4. Жмачинский В. И. Межотраслевая интеграция на основе формирования территориально-транспортного кластера / В. И. Жмачинский, М. В. Карташов // Материалы науч.-практ. конф. — Астрахань: Изд-во АФ ВГАВТ, 2012.
5. Веселов С. В. Формирование территориальных транспортно-логистических центров (ТЛЦ) / С. В. Веселов. — Астрахань: Изд-во КИМРТ ВГАВТа, 2013.
6. Колоколов В. А. инновационные механизмы функционирования предпринимательских структур / В. А. Колоколов // Менеджмент в России и за рубежом. — 2002.
7. Хаксевер К. Управление и организация в сфере услуг: теория и практика: пер. с англ. / К. Хаксевер [и др.]. — СПб.: Питер, 2002.
8. Хоменко В. В. Евроазиатские транспортные коридоры в стратегии развития России / В. В. Хоменко // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань: Изд-во Каспийского ин-та морского и речного транспорта (КИМРТ ВГАВТа).

УДК 656.6

Е. А. Басов,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТАРИФОВ НА ХРАНЕНИЕ ГРУЗОВ НА ТЕРМИНАЛЕ

THE METHOD OF TARRIFF CALCULATION FOR THE STORAGE OPERATIONS

Хранение грузов, наряду с их перевалкой, является основной операцией терминала. Во многих случаях относительная важность этих операций оценивается субъективно. В статье предлагается формальная методика сравнения доходности от операций, лежащая в основе рационального формирования тарифов.

The storage of cargo, along with handling, is the key operation of any terminal. In many cases the relative values of these operations are evaluated subjectively. The paper offers a formal technique for the comparison of the operations' profitability to be use for the rational tariff setting.

Ключевые слова: контейнерный терминал, операции, складирование, тарифы.
Key words: container terminal, operations, storage, tariffs.

Введение

Обычно тарификация операции хранения осуществляется на основе среднего срока хранения груза на терминале. В то же время эта величина определяет лишь «центр тяжести» разброса срока хранения каждой отдельной грузовой единицы. В зависимости от формы функции тарифов от срока хранения разбросы в большую и меньшую сторону от среднего значения могут сильно влиять на доходность операций хранения. В этой статье рассматриваются способы оценки соответствующих величин.

Общая постановка задачи

Хотя тарифы и вводятся для косвенного управления сроком хранения $T_{\text{хр}}$, но в каждый отдельный момент этот срок является внешним параметром для терминала, не находящимся под его прямым воздействием. Очевидно, что для терминала желательной была бы максимально высокая ставка с первого же дня поступления груза, а для грузовладельца привлекательным было бы полностью бесплатное хранение.

Как всегда, коммерческие условия работы и уровень конкуренции заставляют искать некоторый баланс между интересами клиентов и портового оператора [1]. Слишком большой срок свободного хранения может привести к неоправданным потерям терминального оператора, никак не воздействуя на грузовладельца, слишком малый — отпугнуть потребителя терминальных услуг. Для нахождения оптимума следует отчетливо понимать достаточно сложный механизм начисления выплат за хранения. Подробный анализ данной проблемы, результаты которого опубликованы в работах [2; 3], позволяет предложить объективную методику подобной оптимизации.

Описание предлагаемой методики

Если неизвестен конкретный закон распределения срока хранения груза на терминале, логичнее всего предположить, что им является распределение Пуассона. Обоснование этому можно найти в обширной литературе по математической статистике. При этом следует подчеркнуть, что рассматриваемые далее выводы никак не утрачивают значимость при любом произвольном распределении.

Распределение Пуассона является дискретным распределением, задающим вероятность того, что случайная величина примет некоторое значение k . Математическое ожидание и дисперсия этого распределения равны параметру λ . График функции плотности вероятности, соответствующий этому выражению, показан на рис. 1, функция распределения для него приведена на рис. 2.

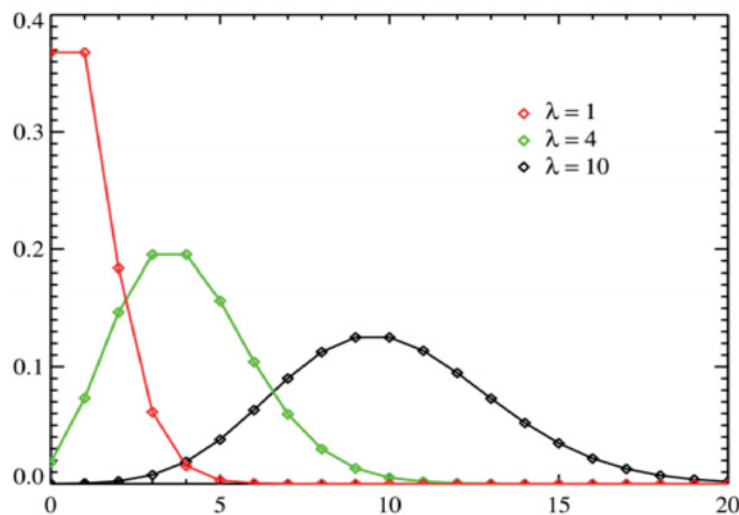


Рис. 1. Функция плотности вероятности распределения Пуассона

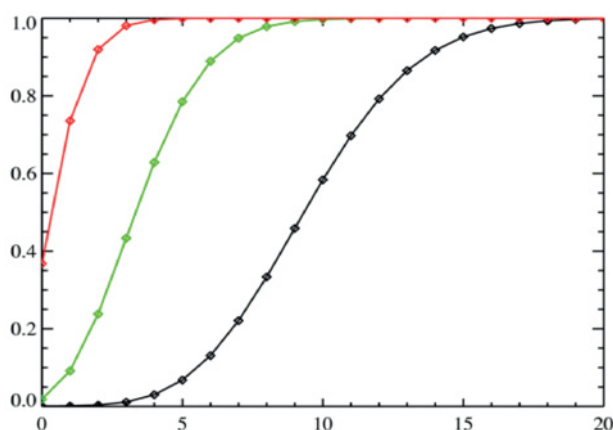


Рис. 2. Функция распределения для закона Пуассона

Для конкретности дальнейших рассуждений примем, что средний срок хранения на терминале составляет 7 сут. На рис. 3 показаны соответствующие характеристики хранения: вероятность того, что груз будет храниться то или иное количество дней, доля покинувшего терминал груза, доля находящегося на хранении груза.

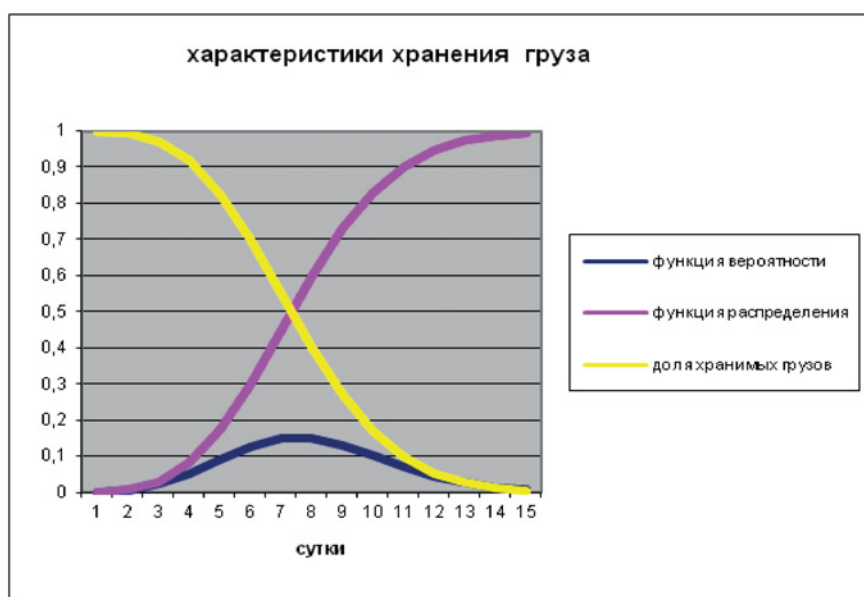


Рис. 3. Характеристики хранения груза при среднем сроке 7 сут

В нашу задачу будет входить анализ доходности операций хранения при различных функциях тарифов и соответствующих им штрафных выплат. Эти функции, детально разобранные в [2, с. 197–199; 3, с. 184–186], показаны на рис. 4.

Для дальнейших рассуждений введем величины t_1 и t_2 , определяющие срок окончания периода свободного хранения и фиксации максимального тарифа соответственно. Предположим для простоты, что максимальный тариф есть C .

Рассмотрение графиков на рис. 4 позволяет заключить, что первый случай является частным случаем третьего случая при $t_1 = t_2 = 0$. При этом доход от операции хранения максимален и составляет величину тарифа C , умноженную на срок хранения $T_{\text{хр}}$ и на количество контейнеров N . Последний множитель не является важным для общего случая, поскольку все функции даются в процентном соотношении, и в дальнейших рассуждениях будет опускаться.

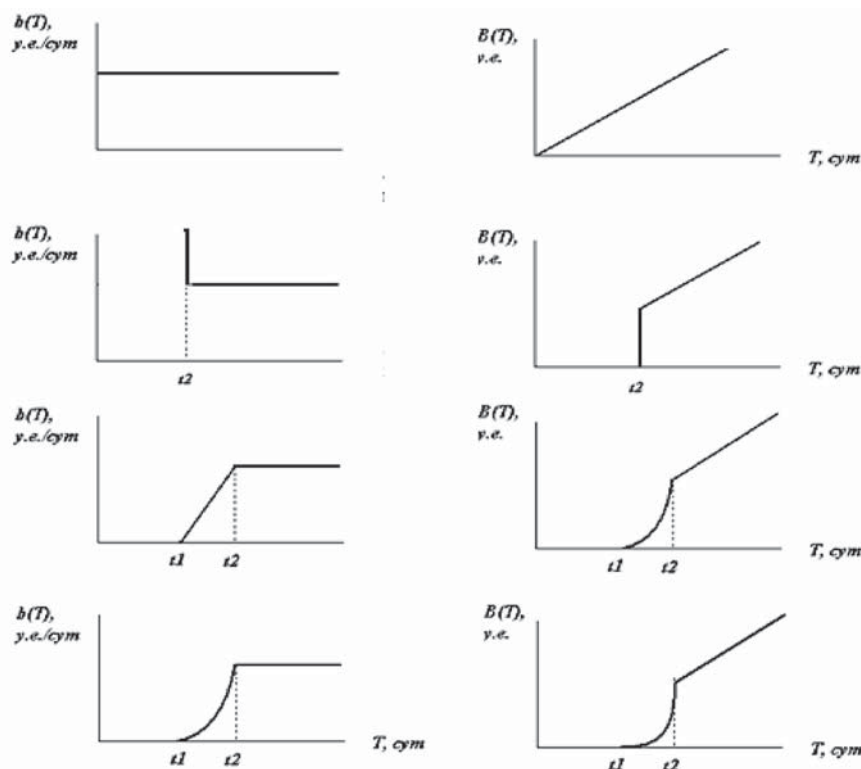


Рис. 4. Тарифы и связанные с ними штрафные функции

Таким образом, рассчитанные в наших дальнейших рассуждениях значения можно рассматривать как безразмерные величины, выраженные в долях максимального тарифа C . Для получения полной стоимости из этой рассчитанной «удельной» стоимости результаты следует домножить на конкретное для каждого терминала значение N .

Очевидно, что в любом случае должно выполняться соотношение $t_1 \leq t_2$, а в остальном эти переменные могут принимать любые значения. Чем больше будет величина t_1 , тем позднее будет начисляться тариф за хранение и тем меньше будет плата за хранение. С увеличением t_2 будет замедляться рост тарифа от времени хранения, что также будет приводить к снижению платы за хранение.

Сказанное иллюстрирует параметрическое семейство расчетных графиков, показанное на рис. 5. На рис. 6 эти же результаты показаны в виде поверхности.

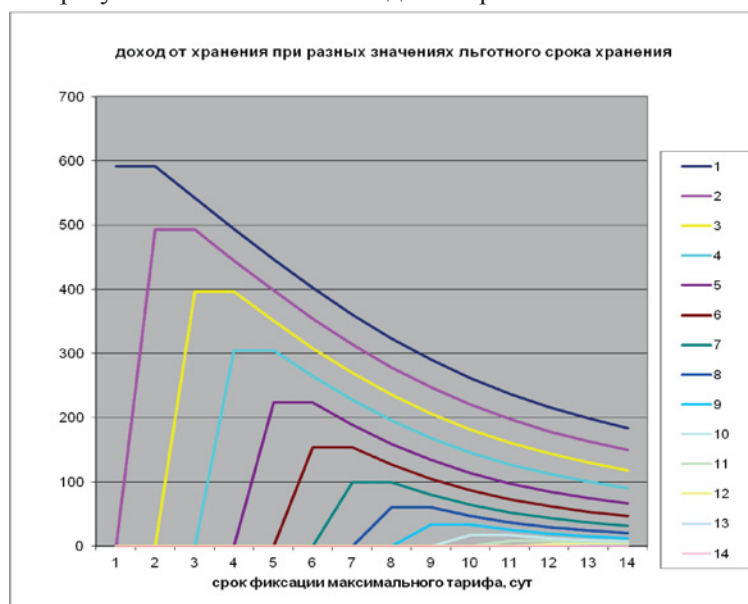


Рис. 5. Доход для различных значений t_1 и t_2 при линейном тарифе

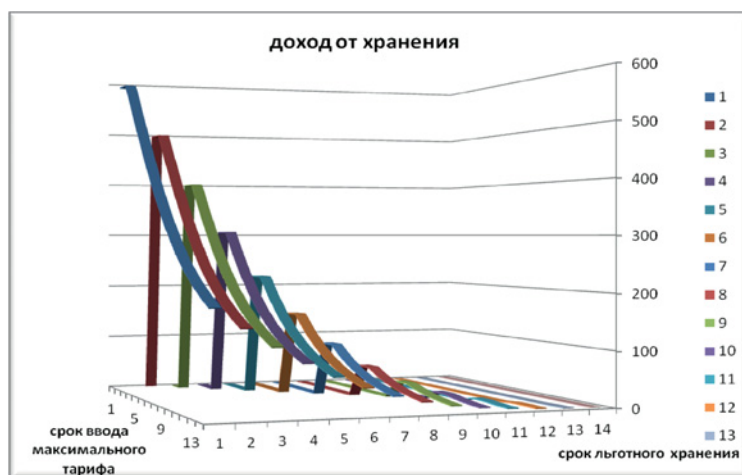


Рис. 6. Доход для различных значений t_1 и t_2 при линейном тарифе

На рис. 7 и 8 показаны доходы от хранения при квадратичном (прогрессивном) росте тарифов.

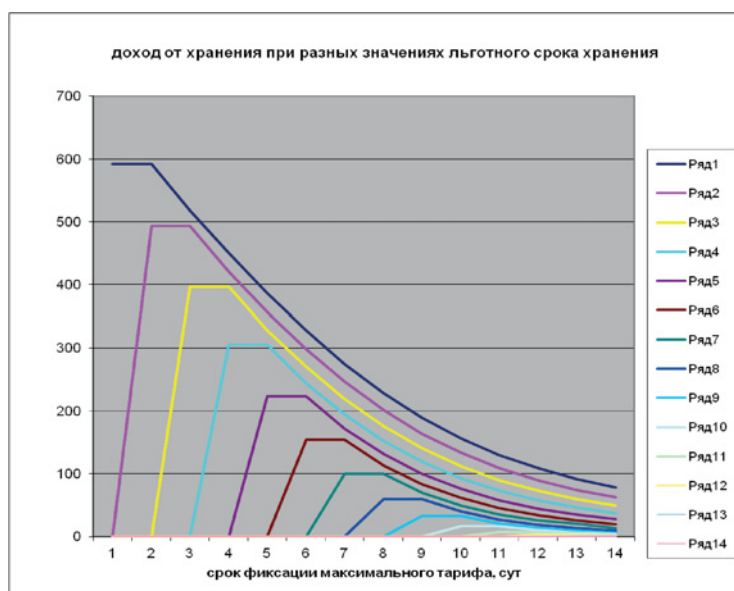


Рис. 7. Доход для различных значений t_1 и t_2 при квадратичном тарифе

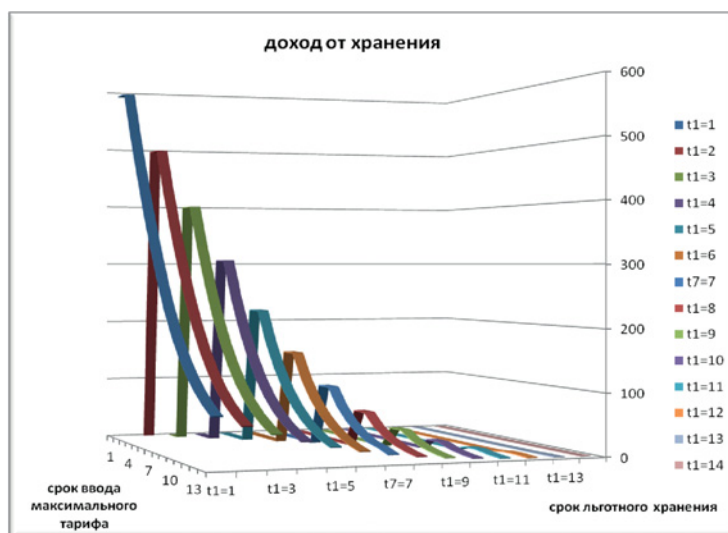


Рис. 8. Доход для различных значений t_1 и t_2 при квадратичном тарифе

Наконец, на рис. 9 и 10 показаны доходы от хранения при регрессивном росте тарифов, когда после достижения конца периода свободного хранения платежи начисляются за все сутки хранения.

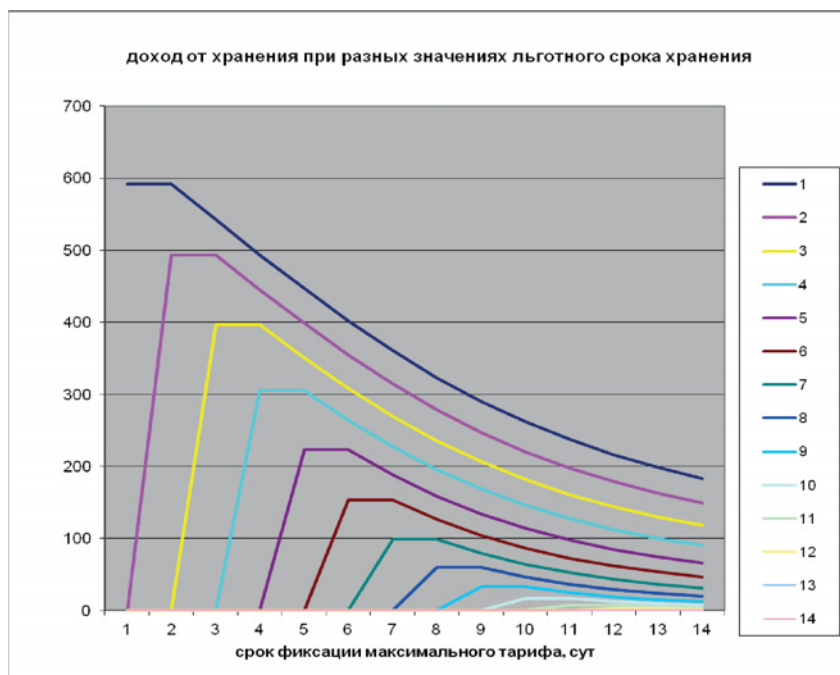


Рис. 9. Доход для различных значений t_1 и t_2 при регрессивном тарифе

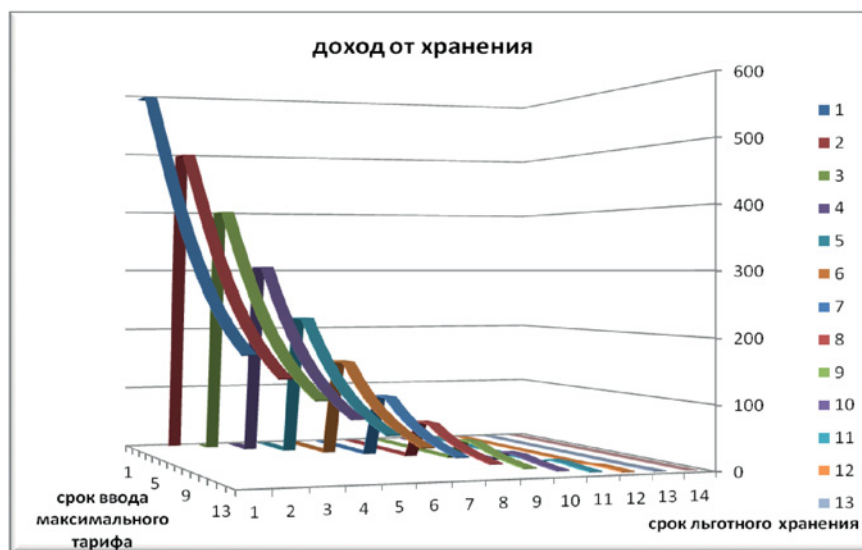


Рис. 10. Доход для различных значений t_1 и t_2 при регрессивном тарифе

Заключение

На основании рассмотренного материала можно сделать следующие выводы.

1. Приведенные на рис. 5–10 результаты получены для нескольких типичных зависимостей, часто встречающихся на практике.
2. Изучение этих зависимостей может помочь составить общее представление о механизмах накопления доходов от операций для любых практических случаев.
3. Основной целью настоящего исследования являлось описание самой методики расчета экономических параметров складских операций.
4. Расчеты по этой методике будут способствовать установлению более объективных и рациональных тарифов.

Список литературы

1. Кузнецов А. Л. Методология технологического проектирования современных контейнерных терминалов / А. Л. Кузнецов. — СПб.: Феникс, 2009. — 132 с.
2. Басов Е. А. Сравнительная характеристика доходности по операциям перевалки и хранения контейнеров на терминале / Е. А. Басов // ТДР. — 2013. — № 6. — Ч. 1.
3. Басов Е. А. К определению стратегии хранения груза на терминале / Е. А. Басов // ТДР. — 2013. — № 6. — Ч. 1.

ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 656

Е. А. Лаврентьева,
д-р экон. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

Е. Г. Алексеева,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

АНАЛИЗ СУЩНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ СУДОХОДСТВА

ANALYSIS OF THE ESSENCE OF BUSINESS AND ECONOMIC CONTROL DEVICE OF THE NAVIGATIONAL AND HYDROGRAPHIC SUPPORT FOR SHIPPING

Исследована понятийная сущность; сформулированы принципы, функции, методы; разработано дерево целей и классификация управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства.

Conceptual essence has been investigated; principles, functions and methods have been stated; objective tree and classification of management of navigational and hydrographic support for shipping have been developed.

Ключевые слова: навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства, управление, организационно-экономический механизм.

Key words: navigational and hydrographic support for shipping, management, business and economic mechanism.

В СОВРЕМЕННЫХ экономических условиях поставленных стратегических задач по увеличению морских и речных перевозок, строительству портовых комплексов, освоению нефтегазовых ресурсов континентального шельфа при обострении конкуренции между странами за право использования океанических пространств предъявляются высокие требования к навигационной и гидрографической информации как важной составляющей процесса инновационного развития водного транспорта при строгом соблюдении безопасности судоходства. Поэтому навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства (НГОС) является одним из ключевых элементов для достижения установленных целей, требующих научного исследования сущности рассматриваемого понятия, особенно с позиций экономики и управления. Важно обосновать теоретические подходы к понятию организационно-экономического механизма управления НГОС, что позволит более эффективно планировать и использовать необходимые производственно-эксплуатационные и финансовые ресурсы в рассматриваемой области.

Анализ сложившегося организационно-экономического механизма управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства представляет собой рассмотрение сложно организованной системы с детальным изучением всех сопряженных понятий: «навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства», «управление НГОС», «организационно-экономический механизм управления НГОС», каждое из которых представляет собой направление понятийного исследования (рис. 1).

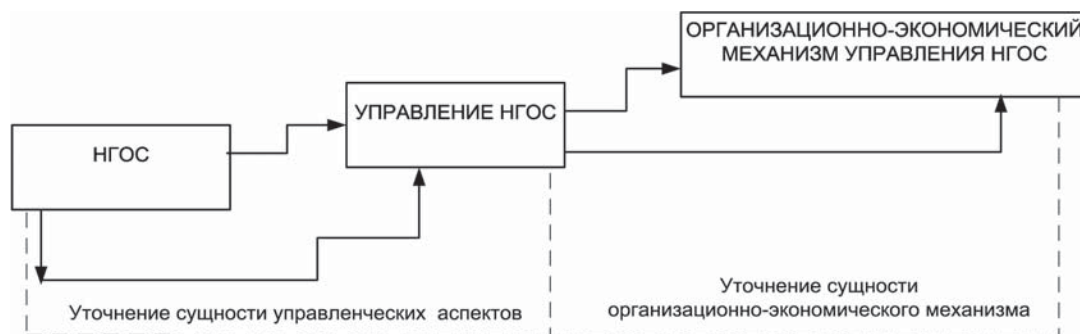


Рис. 1. Логика понятийного исследования

Первое направление понятийного исследования — уточнение сущности термина «навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства». Обобщение научных точек зрения и нормативно-правовой базы позволило выделить два основных подхода по определению рассматриваемого термина, что представлено в табл. 1.

Таблица 1

Понятие навигационно-гидрографического обеспечения судоходства

Подход	Содержание
1. Нормативный	На законодательном уровне формирует распределение и полномочность органов исполнительной власти по осуществлению НГОС
2. Эксплуатационно-технический	Отражает комплексность проведения необходимых мероприятий по НГОС

Нормативный подход основывается на анализе законодательной базы и определении сущности термина, изложенного в федеральных законах, постановлениях Правительства РФ и других нормативно-правовых актах, издаваемых органами законодательной и исполнительной власти и другими управленческими структурами. Обобщенное исследование документов представлено в табл. 2.

Таблица 2

**Законодательная трактовка понятия
«навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства»**

№	Содержательный потенциал	Источник
1	Навигационно-гидрографическое обеспечение мореплавания — комплекс мероприятий, проводимых с целью создания благоприятных условий для безопасности плавания кораблей и судов, включающий изучение морей с целью создания морских навигационных карт, руководств и пособий для плавания, оснащение морей средствами навигационного оборудования, обеспечение их бесперебойного действия в соответствии с установленным режимом работы, информирование судов об изменениях навигационной обстановки и режима плавания, издание и снабжение мореплавателей картами, руководствами и пособиями для плавания	Постановление Правительства РФ от 6 августа 1998 г. № 893 «О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Украины о навигационно-гидрографическом обеспечении мореплавания в Черном и Азовском морях»
2	Навигационно-гидрографическое обеспечение торгового мореплавания — комплекс мероприятий, проводимых уполномоченными федеральными органами исполнительной власти в целях обеспечения требуемых уровней безопасности мореплавания путем создания и поддержания во внутренних морских водах, территориальном море, исключительной экономической зоне и континентальном шельфе Российской Федерации благоприятной в навигационно-гидрографическом отношении обстановки	Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. № 620 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта»

Таблица 2
(Окончание)

3	Навигационно-гидрографическое обеспечение плавания судов в акватории Северного морского пути включает в себя изучение подводного рельефа с целью поддержания навигационных морских карт, руководств и пособий для плавания на современном уровне и обеспечение акватории Северного морского пути средствами навигационного оборудования (далее — СНО), а также информирование мореплавателей об изменениях навигационной обстановки	Приказ Минтранса России от 17 января 2013 г. № 7 «Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути»
4	Определяет государственное регулирование деятельности в морском порту посредством навигационно-гидрографического обеспечения на подходах к морскому порту и в морском порту, а также отнесения к федеральной собственности средств навигационного оборудования и других объектов навигационно-гидрографического обеспечения морских путей	Федеральный закон РФ от 8 ноября 2007 г. № 261-ФЗ (ред. от 23.07.2013) «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
5	Определяет разграничение зоны ответственности Министерства обороны (навигационно-гидрографическое обеспечение морских путей) и Министерства транспорта (навигационно-гидрографическое обеспечение на трассах Северного морского пути, в акваториях морских портов и на подходах к ним)	Кодекс торгового мореплавания от 30 апреля 1999 г. № 81-ФЗ
6	Определяет осуществление администрациями бассейнов внутренних водных путей навигационно-гидрографического обеспечения плавания судов по внутренним водным путям, за исключением пограничных зон РФ	Кодекс внутреннего водного транспорта от 7 марта 2001 г. № 24-ФЗ
7	Определяет комплексное развитие транспортного комплекса на долгосрочную перспективу. Навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства рассматривается в отдельных аспектах, таких как: использование системы спутниковой ГЛОНАСС, обеспечение безопасности судоходства на ВВП по охране средств навигационного оборудования, региональное развитие (развитие Северного морского пути и инфраструктуры арктических портов), реконструкция объектов федеральной собственности (систем безопасности и средств навигационного обеспечения) и др.	Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р)

В основных документах, регламентирующих деятельность водного транспорта в РФ, отсутствует определение сущности термина «НГОС». Рассматривается инфраструктура навигационно-гидрографического обеспечения (объекты НГОС, средства навигационного оборудования), необходимая для осуществления безопасности мореплавания, излагается распределение полномочий между федеральными органами власти, без изложения трактовки сущности рассматриваемого термина.

В анализируемых документах используются термины «навигационно-гидрографическое обеспечение мореплавания», «навигационно-гидрографическое обеспечение торгового мореплавания», «навигационно-гидрографическое обеспечение плавания судов в акватории Северного морского пути», которые отражают определенную область применения и являются более узкими, чем «навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства». Проведенный анализ показал отсутствие единого нормативного акта о данном виде деятельности и, как следствие, разобщенность терминологии сущности НГОС в изложении нормативного подхода. Законодательная трактовка рассматриваемого термина частично отражена в аспектах международного сотрудничества, регламенте безопасности, где определяется полномочность исполнительной власти, целей, затрагиваются географические моменты по формированию и осуществлению НГОС.

Для достижения комплексности целесообразно использовать термин «навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства», который отражал бы этот вид деятельности при осуществлении морских и речных перевозок, а также в портовых акваториях.

Эксплуатационно-технический подход формируется на анализе изучения рассматриваемого термина в научных исследованиях, мнениях ученых и специалистов, занимающихся изучением навигационно-гидрографического обеспечения судоходства технической и эксплуатационной направленности.

В отечественной транспортной литературе термин «навигационно-гидрографическое обеспечение» широко используется и в справочнике гидрографа [1] рассматривается подробно как комплекс мероприятий, проводимых заинтересованными министерствами и ведомствами с целью создания условий безопасного плавания транспортных, промысловых и других морских и речных судов, включающий:

- гидрографическое изучение океанов, морей и внутренних водных путей и издание на эти воды морских и речных карт, руководств и пособий для плавания;
- навигационное оборудование океанов, морей и внутренних водных путей по взаимно согласованным планам;
- создание служб управления движением судов на акваториях портов, подходах к портам и в узкостях;
- установление систем разделения движения судов;
- обеспечение работы штатных и развертываемых дополнительно средств навигационного оборудования в установленном для них режиме;
- обеспечение судов техническими средствами навигации и океанографии, их установку, организацию эксплуатации и ремонта;
- осуществление лоцманской проводки судов;
- организацию системы информирования судоводителей об изменениях навигационной обстановки и режима плавания в океанах, на морях и внутренних водных путях (навигационные предупреждения);
- обеспечение судов картографическими и описательными материалами, руководствами и пособиями для плавания;
- разработку новых и изменение существующих установленных путей движения судов;
- организацию взаимодействия министерств и ведомств, отвечающих за безопасность плавания, в вопросах получения и обмена навигационной информацией;
- ледокольное обеспечение судоходства.

Такая всесторонняя характеристика позволила ученым и специалистам исследовать НГОС как по отдельным направлениям, так и комплексно с использованием различных научных подходов.

Существенный вклад в изучение навигационно-гидрографического обеспечения судоходства внесли ученые: С. П. Алексеев, В. С. Болдырев, П. Г. Бродский, В. Я. Васильев, О. А. Гуляев, А. Н. Добротворский, А. В. Зернов, А. Ф. Зеньков, В. А. Катенин, А. А. Комарицын, С. Б. Курсин, Н. Н. Неронов, В. И. Пересыпкин, Ю. В. Румянцев, С. В. Травин, Г. Г. Фадеев, А. Н. Яковлев.

Практически все выполненные исследования связывают НГОС с морской деятельностью. По мнению С. П. Алексеева, «это деятельность по изучению, освоению и использованию Мирового океана в интересах создания благоприятной навигационно-гидрографической обстановки для действий субъектов национальной морской политики, доведению до пользователей навигационно-гидрографической информации для ее учета при принятии решений, планировании и ведении морской деятельности» [2, с. 9–12]. Н. Н. Неронов придерживается аналогичных позиций и, анализируя законодательство в рассматриваемой области, уточняет навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО) морской деятельности как «область отношений, возникающих в процессе научной, технической и производственной деятельности по навигационному оборудованию районов Мирового океана, находящихся под юрисдикцией Российской Федерации; выполнению

гидрографических работ и исследованию Мирового океана; созданию на их основе картографических и описательных материалов, снабжению ими потребителей; созданию технических средств навигации, морской гидрографии и морской картографии, снабжению ими потребителей; по поддержанию их на заданном уровне; использованию для решения поставленных задач; оповещению потребителей об изменении навигационных и гидрографических условий; лоцманской проводки кораблей (судов)» [6, с. 33–34].

Ряд авторов подчеркивают военное значение НГО морской деятельности РФ — «в обеспечении требуемых уровней безопасности мореплавания и эффективности применения военной составляющей морского потенциала России путем создания и поддержания во внутренних морских водах, в территориальном море, экономической зоне, на континентальном шельфе Российской Федерации и при необходимости в других океанских районах и морских зонах благоприятной в навигационно-гидрографическом отношении обстановки, надежно обеспечивающей эффективное изучение, освоение и использование Мирового океана в интересах безопасности, устойчивого экономического развития государства, а также в предоставлении национальным и международным субъектам НГО полного спектра качественных и конкурентоспособных навигационно-гидрографических услуг» [3, с. 9–16].

Особое внимание в работах В. И. Пересыпкина уделяется развитию НГО Северного морского пути для изучения подводного рельефа арктических морей и внутренних водных путей, обеспечения работы средств навигационного оборудования, осуществления лоцманских проводок, информирования мореплавателей об изменениях навигационной обстановки, выполнения мероприятий по предотвращению загрязнения судами арктических морей.

Обобщая научные подходы ученых, правомерно сформулировать следующие основные направления НГО морской деятельности:

- делимитация морских пространств РФ;
- разработка, производство, эксплуатация, ремонт и техническое обслуживание морских гидрографических судов, средств навигации и океанографии (МСНиО);
- оборудование побережья и морских путей средствами навигации в целях обеспечения безопасности мореплавания, разработка путей движения судов;
- создание, производство, распространение, поддержание на современном уровне морских навигационных карт и пособий с учетом требований действующих норм и стандартов к гидрографической изученности районов;
- исследование физических полей Мирового океана с целью повышения эффективности военно-морской и научной деятельности;
- информационное обеспечение объектов морской деятельности и потребителей навигационно-гидрографической информацией.

Инновационное развитие средств гидрографии, навигации, навигационного оборудования, технологий создания карт и оснащенность ими гидрографических судов — главные критерии развития технико-технологической политики в области НГОС.

Эксплуатационно-технический подход сущности навигационно-гидрографического обеспечения судоходства является наиболее изученным как с точки зрения научного обоснования, так и практической реализации, что представлено в широком спектре научных публикаций. Это позволяет формулировать терминологию сущности НГОС как комплексную технико-технологическую систему взаимодействий и взаимосвязи всех составляющих элементов с целью обеспечения безопасности судоходства в навигационно-гидрографическом отношении.

Второе направление понятийного исследования — уточнение сущности управленческих аспектов навигационно-гидрографического обеспечения судоходства, которые отражают основные классические функции менеджмента: планирование, организацию, мотивацию, координацию и контроль, что в систематизированном виде представлено в табл. 3.

Таблица 3

Функции управления в навигационно-гидрографическом обеспечении судоходства

Функции управления	Содержание
Планирование	Разработка стратегических и оперативных планов по созданию конкурентоспособной, отвечающей международным требованиям системы навигационно-гидрографического обеспечения судоходства путем: — комплексного внедрения новых техники и технологий в области НГОС; — возобновления и повышения эффективности систематических гидрографических исследований; — модернизации системы средств навигационного оборудования; — строительства новых гидрографических судов, судов усиленного ледового класса, являющихся залогом успешной деятельности России в Арктике
Организация	Проведение комплекса мероприятий, необходимых для создания условий безопасной в навигационно-гидрографическом отношении обстановки: — выполнение гидрографических работ по изучению заданной акватории и создание на их основе навигационных карт и пособий для плавания; — обеспечение навигационными картами, пособиями и поддержание данных материалов на современном уровне; — создание системы средств навигационного оборудования; — возможность выбора судовых навигационных средств, необходимых для оснащения судов, в соответствии с международными и национальными требованиями
Регулирование	Согласованность и единство всего процесса управления (распределение функций, прав, ответственности) навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства путем установления скоординированных по времени и месту необходимых мероприятий между участниками управления
Мотивация	Защита национальных интересов государства при разграничении морских пространств, установлении внешней границы континентального шельфа. Обеспечение безопасности судоходства на морских и внутренних водных путях
Контроль	Оценка качественных и количественных характеристик функционирования субъектов и объектов НГОС

Эффективное принятие управленческих решений в НГОС предполагает формирование целей, принципов и методов управления, касающихся функционирования и развития всей системы НГОС и его отдельных частей.

Обоснование иерархии целей позволяет структурировать соответствующие действия на соответствующем уровне управления. Целесообразно выделить пять целевых уровней, отражающих особенности НГОС во взаимосвязи с институциональным развитием менеджмента, что представлено в табл. 4.

Таблица 4

Дерево целей управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства

Уровень цели	Содержание
Цель первого порядка	НГОС на международном уровне — межгосударственное сотрудничество для обеспечения безопасности судоходства и охране окружающей среды
Цель второго порядка	НГОС на национальном уровне — развитие нормативно-законодательной базы функционирования навигационно-гидрографической деятельности
Цель третьего порядка	НГОС на межрегиональном и региональном уровнях — создание регламентов по поддержанию навигационно-гидрографической обстановки судоходства в бассейнах субъектов РФ
Цель четвертого порядка	НГОС на локальном уровне — развитие государственно-частного партнерства и частного предпринимательства в области навигационно-гидрографической деятельности

На основе классических принципов и методов менеджмента сформулированы основные принципы и методы управления НГОС, что представлено в табл. 5, 6.

Таблица 5

Принципы управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства

№	Принципы	Содержание
1	Оптимальное сочетание централизации и децентрализации в управлении	Сочетание урегулированных на государственном уровне межведомственных отношений и отношений между коммерческими структурами и государственными учреждениями, осуществляющими НГОС
2	Коллегиальность	Межведомственная координация деятельности федеральных органов исполнительной власти по выработке единых регламентов НГОС и принятии государственных управленческих решений
3	Сочетание прав, обязанностей и ответственности	Выполнение всеми участниками деятельности НГОС возложенных задач и функций
4	Системность	Управление системой НГОС с учетом внешних и внутренних факторов и взаимозависимостей
5	Интеграция	Укрепление позиций Российской Федерации в мировой транспортной системе посредством международного взаимодействия и партнерства в интеграционных процессах в сфере НГОС
6	Научная обоснованность	Применение научно обоснованных методов и подходов в управлении НГОС с учетом опережающего развития инновационного потенциала, инфраструктуры, средств, методов и услуг в сфере НГОС
7	Иерархичность и обратная связь	Система государственного управления НГОС на основе централизации ключевых функций, межведомственной координации и разделения полномочий
8	Экономическая эффективность	Экономическая целесообразность мероприятий НГОС на всех уровнях управления

Таблица 6

Методы управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства

№	Методы управления	Содержание
1	Организационно-административные	Государственно-правовое регулирование деятельности НГОС
2	Экономические	Использование целевых финансовых ресурсов и обеспечение притока внебюджетных инвестиций за счет выработки механизмов финансирования проектов на условиях государственного и частного финансирования и государственно-частного партнерства

Третье направление понятийного исследования — уточнение сущности организационно-экономического механизма управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства.

В современной отечественной научной литературе изучению организационно-экономического механизма посвящено большое количество работ, рассматривающих его на разных уровнях управления (межрегиональном, региональном, отраслевом, локальном) и в различных областях деятельности (промышленность, транспорт, сельское хозяйство, пассажирские перевозки и др.).

Практически все авторы характеризуют это понятие как взаимодействие функциональных механизмов управления и совокупности экономических элементов (инструментов, методов, способов, правил и процедур) для достижения поставленных целей и задач.

Наиболее полно дана характеристика организационно-экономического механизма управления в работах В. О. Федорович как разноуровневой иерархической системы основных взаимосвя-

занных между собой элементов и их типовых групп (субъектов, объектов, принципов, методов и инструментов и т. п.), а также способов их взаимодействия, включая интеграцию и дезинтеграцию, в ходе и под влиянием которых гармонизируются экономические отношения (интересы) государства, собственников (участников и акционеров), кредиторов и персонала, включая представителей высшего менеджмента корпорации, и общества» [7, с. 45–54].

Для навигационно-гидрографического обеспечения судоходства экономико-управленческий подход в целом и организационно-экономический механизм управления в частности являются наименее изученными и освоенными как в работах ученых, так и в мнениях специалистов, занимающихся изучением рассматриваемых вопросов.

Отдельные аспекты отражены в публикациях военного значения в сфере ответственности Министерства обороны. Так, С. П. Алексеев, С. Б. Курсин, О. А. Гуляев [4, с. 8–14] обосновывая структуризацию подчиненных предприятий навигационно-гидрографического приборостроения Минобороны России, выделяют доводы относительно предполагаемой реорганизации и приводят следующие организационно-экономические преимущества: оптимизация затрат, рациональное использование ресурсов; переход на современные технологии производства и повышение конкурентной способности продукции; эффективное управление и использование имущества и производственных мощностей; повышение эффективности (производительности) труда; существенное снижение нагрузки на федеральный бюджет за счет доходов от реализации продукции; формирование структуры управления с четко выстроенной системой учета и контроля по контрактам и договорам; создание единой системы управления предприятиями Центра. Авторы предлагают за счет реорганизации и повышения эффективности управления сервисным обслуживанием МСНиО и СНО существенно снизить затраты.

Кроме того, рассматривается техническое развитие НГО морской деятельности с формированием и развитием научно-производственного кластера в части навигационного приборостроения, обслуживания и ремонта, что позволит обеспечить рост конкурентоспособности бизнеса, повышение эффективности взаимодействия участников, расширение доступа к инновациям, эффективное привлечение прямых инвестиций в компанию.

С. С. Губернаторов [5] приводит свои доводы относительно экономической составляющей НГОС, считая что «затраты на НГО судоходства являются инвестициями государства в развитие его портовой и транзитной инфраструктуры, обслуживание судов и портов, обработку грузов, туристический бизнес и т. д., а возвращаются эти инвестиции в виде налогов и сборов, уплачиваемых хозяйствующими субъектами». Автор предлагает рассматривать государственно-частное партнерство как один из важных элементов успешного функционирования системы НГОС. Необходимо отметить, что такой вид партнерства рассматривался только в области создания электронных карт.

Экономико-управленческий подход является актуальным при рассмотрении системы НГОС на современном этапе развития с внедрением новых форм взаимодействия государства и частного бизнеса, активным развитием государственно-частного партнерства. Предпринимаются различные схемы финансирования, необходимого в сфере развития навигационно-гидрографического обеспечения. Важно разработать организационно-экономический механизм управления НГОС, учитывающий интересы всех участников этого процесса и обеспечивающий с экономически-управленческих и технико-эксплуатационных позиций эффективное решение важных государственных задач.

На основании выполненного понятийного исследования можно сформулировать следующее определение организационно-экономического механизма управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства.

Под организационно-экономическим механизмом управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства понимается эффективное иерархическое взаимодействие организационных структур, планирующих, осуществляющих, координирующих и контролирующих комплекс навигационно-гидрографических мероприятий по обеспечению безопасности судоход-

ства на основе принципов, методов и инструментов гармонизации экономических интересов государства, организаций, собственников и персонала при рациональном использовании производственных, финансовых и трудовых ресурсов.

На основании результатов исследования понятийной сущности и специфики рассматриваемой деятельности предложена классификация навигационно-гидрографического обеспечения судоходства с экономико-управленческих позиций (табл. 7.)

Таблица 7

Классификация управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства

№ п/п	Классификационный признак	Вид управления НГОС
1	Уровень управления	— международный; — национальный; — отраслевой; — межрегиональный; — региональный; — локальный
2	Область применения	— НГОС общего мореплавания; — НГОС на внутренних водных путях; — НГОС по Северному морскому пути
3	Вид обеспечения	— НГОС грузовых и пассажирских перевозок; — НГОС проектирования, строительства и эксплуатации портов; — НГОС при добыче и транспортировке углеводородов с нефтегазовых месторождений на арктическом шельфе
4	Условия финансирования	— бюджетное; — частное; — государственно-частное партнерство
5	Организационно-правовая форма	— бюджетные организации; — казенные предприятия; — унитарные предприятия; — частные предприятия (ООО, ЗАО, индивидуальные предприниматели)
6	Форма собственности	— государственная; — частная; — государственно-частное партнерство

Выполненный анализ сущности организационно-экономического механизма управления навигационно-гидрографическим обеспечением судоходства позволил сформулировать авторскую трактовку исследуемого понятия, разработать классификацию НГОС, что является теоретической основой совершенствования методических подходов для принятия эффективных управленческих решений по рациональному планированию и использованию ресурсов для обеспечения безопасности перевозок и портовой деятельности.

Список литературы

1. Справочник гидрографа по терминологии. — Л.: ГУНиО МО, 1984. — 286 с.
2. Алексеев С. П. Технологические инновации как основа современной технической политики в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности / С. П. Алексеев // Навигация и гидрография. — 2009. — № 28.

3. *Алексеев С. П.* К вопросу создания объединенных (сопряженных) межведомственных систем навигационно-гидрографического и поисково-спасательного обеспечения морской деятельности, контроля за безопасностью судоходства и обеспечения безопасности мореплавания / С. П. Алексеев, В. П. Леньков, С. В. Яценко // *Навигация и гидрография*. — 2010. — № 29.

4. *Алексеев С. П.* О реализации планов Минобороны России по структуризации подчиненных предприятий навигационно-гидрографического приборостроения / С. П. Алексеев, С. Б. Курсин, О. А. Гуляев // *Навигация и гидрография*. — 2011. — № 32.

5. Навигационно-гидрографическое обеспечение условий плавания судов в акваториях морских и речных портов, трассах Северного морского пути, по внутренним водным путям: материалы Всерос. семинара. — СПб.: ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2005. — 72 с.

6. *Неронов Н. Н.* Некоторые аспекты разработки основных правовых актов, определяющих навигационно-гидрографическое обеспечение морской деятельности государства / Н. Н. Неронов // *ИНФОРМОСТ радиоэлектроника и телекоммуникации*. — 2004. — № 3.

7. *Федорович В. О.* Состав и структура организационно-экономического механизма управления собственностью крупных промышленных корпоративных образований / В. О. Федорович // *Сибирская финансовая школа*. — 2006. — № 2.

УДК 379.85:656.6

А. Н. Морозов,
аспирант,

ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТУРИСТСКИМИ ПАССАЖИРОПОТОКАМИ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

INNOVATIVE MANAGEMENT METHODS FOR TOURIST PASSENGER TRAFFIC OF INTERNAL WATERWAYS THROUGH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY

Статья посвящена актуальным вопросам инновационных методов управления туристскими пассажиропотоками на внутренних водных путях на основе применения информационных технологий. Представлен критический анализ современного состояния информационных технологий на внутренних водных путях, исследован зарубежный опыт внедрения автоматизированных информационных систем, позволивший сформулировать основные рекомендации по применению инновационных методов управления туристскими пассажиропотоками на внутренних водных путях с учетом внедрения информационных технологий.

Article is devoted to topical issues of innovative management practices tourist passenger traffic on inland waterways through the application of information technology. A critical analysis of the current state of information technology on the inland waterways, studied international experience implementing automated information systems, allows us to formulate basic recommendations for the use of innovative methods of management of tourist passenger traffic on inland waterways, taking into account the implementation of information technology.

Ключевые слова: инновационные методы управления, туристские пассажиропотоки, внутренние водные пути, информационные технологии.

Key words: innovative management techniques, tourist passenger traffic, inland waterways, information technology.

АКТУАЛЬНОСТЬ управления пассажиропотоками в настоящее время связана прежде всего с динамичным развитием населенных пунктов городского типа, их транспортной инфраструктуры, а соответственно и с эффективностью и конкурентоспособностью каждого в отдельности вида транспорта, обеспечивающего высокий уровень безопасности перевозки [1].

В связи с этим управление пассажиропотоками требует подробного рассмотрения, для чего необходимо уточнить и расширить понятийный аппарат с учетом специфики внутреннего водного транспорта (далее — ВВТ). Так, под термином «туристский пассажиропоток», с учетом синтеза понятий «пассажиропоток» и «турист», предполагается понимать количество туристов, перевозимых транспортом в определенном направлении, согласно программе тура, отнесенное к единице времени. Дефиниция термина «внутренние водные пути РФ» определяется в соответствии с Кодексом о внутреннем водном транспорте как федеральные пути сообщения, используемые в целях судоходства, а «внутренний водный транспорт» — как вид транспорта, осуществляющий связанную с судоходством деятельность на внутренних водных путях России [2].

Одним из этапов анализа существующих подходов к управлению пассажирскими перевозками на ВВТ, в том числе и туристскими, является исследование применения инновационных технологий, поскольку именно инновации предоставляют возможность оптимизации управления, в частности снижение аварийности перевозки на ВВТ, а следовательно, и увеличение гарантий безопасности туристских пассажиропотоков на ВВТ.

Одной из базовых информационных технологий (далее — ИТ), позволяющих снизить риски и повысить безопасность туристов, является применение автоматической (автоматизированной) информационной системы (далее — АИС).

Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, под ИТ понимается набор взаимозависимых дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда, обработки и хранения соответствующей информации, компьютерную технику, а также связанные со всем этим социально-экономические проблемы [3].

АИС — многофункциональная информационно-техническая система, оборудование которой устанавливается на судах и в береговых службах с целью автоматизации обмена навигационной информацией и обеспечения безопасности мореплавания [4, с. 78]. Она стала обязательным видом навигационного оборудования, подлежащего установке на большинстве типов судов, согласно Конвенции по охране человеческой жизни на море (Safe of Life at Sea — SOLAS) с 1 июля 2002 г., принятой Резолюцией международной морской организации — Комитетом по безопасности на море 99 (73) (International Maritime Organization Maritime Safety Committee (далее — IMO MSC)) 5 декабря 2000 г.

По данным IMO MSC, уже в 2010 г. станциями АИС в мире было оборудовано более 60 тыс. судов. В России опыт практической реализации свидетельствует об активном процессе оснащения данными станциями речных и прогулочных судов [5, с. 92].

Применяя данную систему непосредственно к туристским пассажиропотокам на ВВТ, считаем возможным ее реализацию через выполнение следующих прикладных задач управления и их поддержку в рамках речных информационных служб (далее — РИС) (рис. 1).

Сдерживающими факторами на внутренних водных путях являются слабая береговая инфраструктура связи и ИТ-инфраструктура, а также наличие судов, не оборудованных АИС-станциями.

Первым масштабным проектом создания системы мониторинга маломерных судов с использованием АИС стало намерение Администрации Санкт-Петербурга по построению системы мониторинга, анализа и управления судами (далее — СМАУС) на реках и каналах города. Система строилась с учетом совместимости и информационного сопровождения с системами ГБУ «Волгобалт» («речной» АИС) и ФГУП «Росморпорт» («морской» АИС).



Рис. 1. Реализация основных принципов АИС для управления туристскими пассажиропотоками на ВВТ и их поддержка в рамках РИС

СМАУС предназначена для координации движения судов и обеспечения максимальной безопасности, надежности, управляемости и бесперебойности движения всех участников, включенных в маршрутные потоки на реках и каналах города, а также решения задачи оптимизации режимов работы сети грузопассажирских перевозок в рамках территориального образования.

В целях повышения оперативности и надежности функциональность СМАУС была расширена за счет включения подсистемы оперативной профессиональной радиосвязи на базе цифрового транкингового стандарта (TErrestrial TRunked RAdio (далее — TETRA)), предоставляющего режим равного доступа абонентов к выделенному пучку каналов (trunking — пучок), при котором свободный канал выделяется абоненту на время сеанса связи.

Исследование СМАУС позволило систематизировать его основные функции (рис. 2).



Рис. 2. Функции СМАУС

Анализ практической реализации функций СМАУС позволил определить его составные элементы (табл. 1).

Таблица 1

Состав СМАУС

Элементы СМАУС	Комментарий
Система определения местоположения судов	Предназначена для обнаружения и определения местоположения судов
Система радиосвязи	Система ультракоротких волн используется для радиовещания с частотной модуляцией
Центральный диспетчерский пост	Техническое средство оперативного руководства движением судов
Программное обеспечение	Вся совокупность программ, хранящихся на всех устройствах долговременной памяти компьютера
Система видеонаблюдения	Комплекс оборудования, которое используют для организации охранного видеонаблюдения
Система передачи данных	Служит для передачи информации как внутри различных систем инфраструктуры организации, так и между ними, а также с внешними системами
Система управления движением	Комплексное осуществление мероприятий по организации, регулированию и контролю за движением судов на базе соответствующих технических средств
Объектовые площадки	Контрольные точки входа/выхода

Обобщение функций СМАУС и его элементов позволило определить их взаимодействие (рис. 3).

Для функционирования СМАУС необходима отлаженная работа спутниковой опорной межевой сети (далее — СОМС). СОМС — это комплекс программных и аппаратных средств, который предназначен для обеспечения эффективности работы ВВТ путем автоматизации контроля и управления судами с использованием систем навигации, автоматизации и связи.

На основе исследования СОМС были выявлены его состав и взаимосвязи, которые графически представлены на рис. 4.

В зависимости от количества объектовых мониторинговых судов может меняться и количество автоматизированных рабочих мест (далее — АРМ) центрального диспетчерского поста.

В рамках разработки СМАУС был спроектирован интернет-портал Управления водного транспорта (далее — УВТ), структура внешнего сайта которого предполагает личный кабинет УВТ, интерфейсы личных кабинетов судовладельцев, которые позволяют при помощи поискового и навигационного интерфейса получить доступ к архиву движения судов в веб-интерфейсе.

Модули мониторинга подвижных объектов автоматизированных пультов управления (далее — АПУ) АРКАН-МП «3.01» ГЛОНАСС устанавливаются на контролируемые суда. Посредством системы спутникового позиционирования GPS/ГЛОНАСС предусмотрена возможность судну получать собственные координаты своего местонахождения со спутника. Связь модулей мониторинга подвижных объектов АПУ АРКАН-МП «3.01» ГЛОНАСС с сервером предполагается осуществлять по помехозащищенному специализированному каналу радиосвязи, организованному с использованием технологии псевдослучайного выбора рабочей частоты в заданном диапазоне транспортной сети оператора, что обеспечит минимальную стоимость эксплуатации системы при наилучшей скорости и гарантированности доставки отчетов.

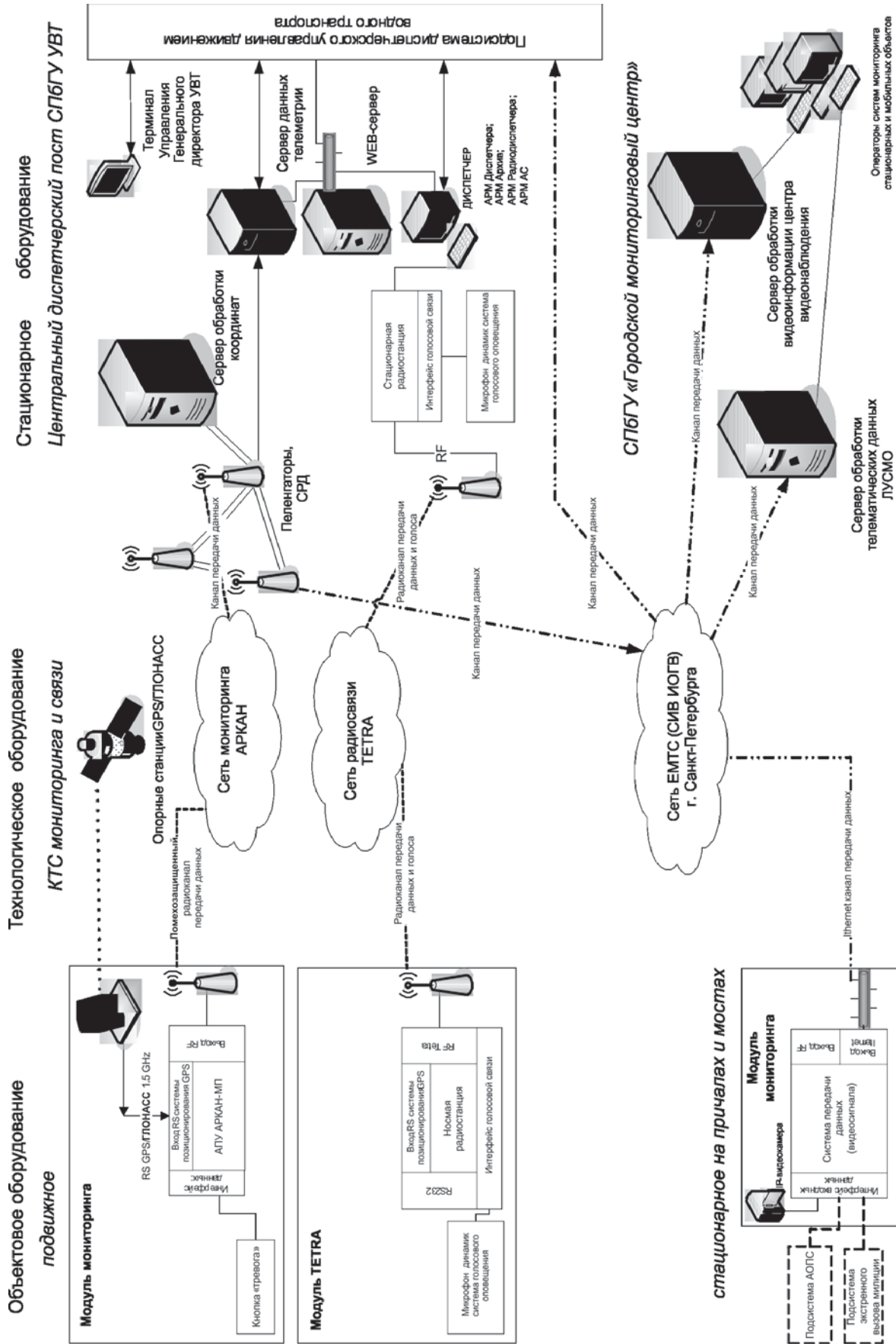


Рис. 3. СМАУС СПБГУ «Управление водного транспорта»

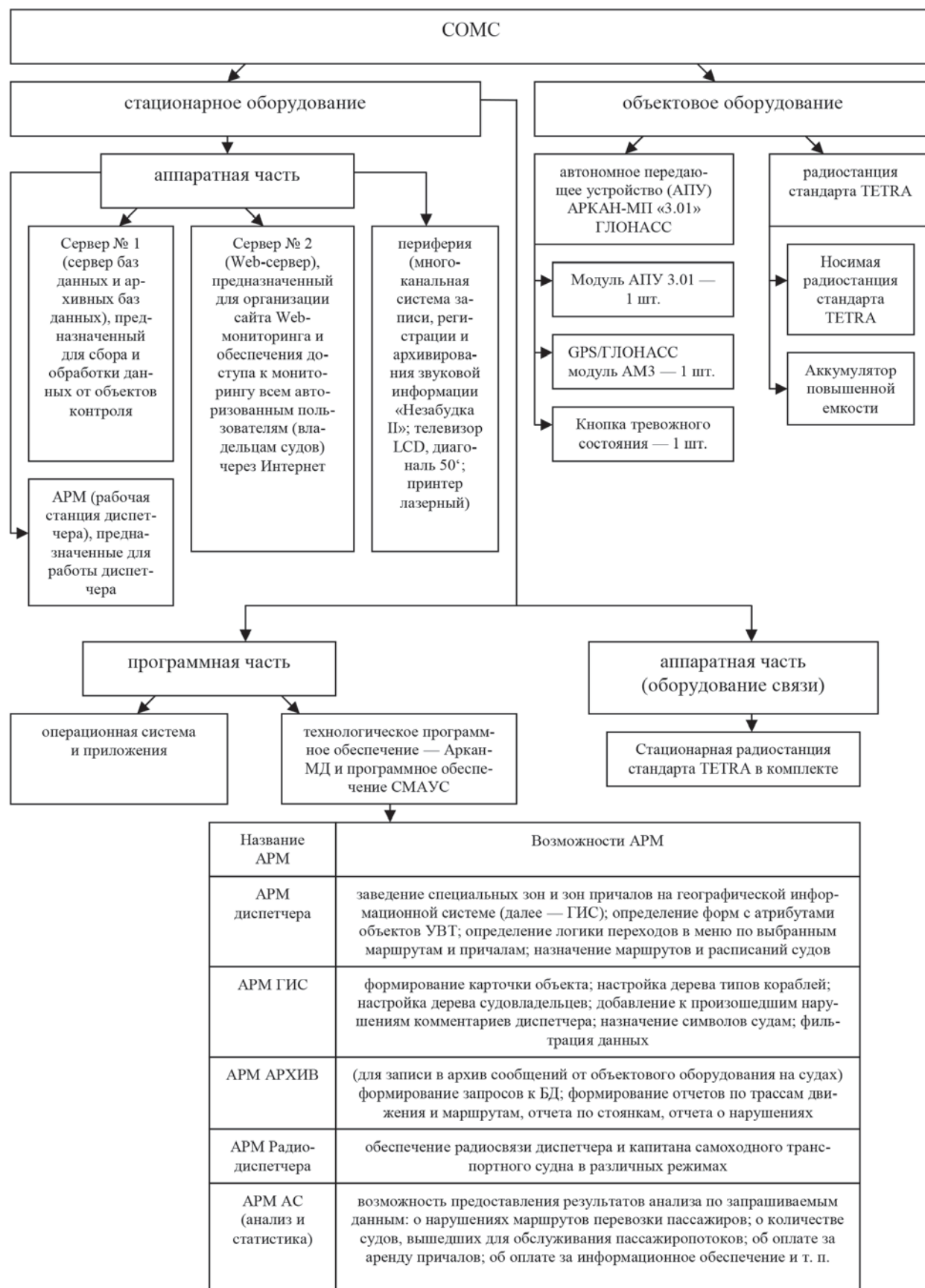


Рис. 4. Состав COMC

Предполагается, что все отчеты о положении объекта, его состоянии и показаниях датчиков архивируются в энергонезависимой памяти сервера УВТ. Кроме местоположения и состояния объекта, они позволят контролировать расписание движения, интеграцию с системой 1С 8.0, расход топлива, функцию охранно-поисковой системы и др.

Информационное взаимодействие судна с локальным узлом системы мониторинга (далее — ЛУСМО) объектов Городского мониторингового центра (далее — ГМЦ) возможно осуществить посредством модуля мониторинга подвижных объектов АПУ АРКАН-МП «3.01» ГЛОНАСС в соответствии с технологией, установленной в системе информационного взаимодействия исполнительных органов власти Санкт-Петербурга. Передачу навигационных данных и данных о состоянии судна в локальный узел систем мониторинга объектов (далее — ЛУСМО) СОМС возможно производить в реальном масштабе времени, путем маршрутизации сигнала на IP-адрес диспетчерского пульта управления ЛУСМО. При возникновении внештатной ситуации на борту судна водитель может произвести активацию кнопки тревожного состояния из состава АПУ АРКАН-МП «3.01» ГЛОНАСС, посредством которого предполагается ретрансляция сигнала тревоги через ЛУСМО в ГМЦ. В этом случае планируется передача пакета данных с информацией о возникновении внештатной ситуации и координатах местоположения судна. Информация, пришедшая с судна, должна быть проанализирована и разработан план мероприятий по локализации причин, являющихся источником сигнала тревоги.

Двухсторонняя голосовая связь между диспетчером и судовой СОМС обеспечивается посредством радиоканала, организованного на базе сети Оператора связи Санкт-Петербурга стандарта TETRA.

Предполагается, что диспетчерское рабочее место представляет собой персональный компьютер, имеющий доступ к сети LAN посредством TCP/IP-протокола. Диспетчер имеет доступ к базе данных (далее — БД) в пределах разрешенного доступа, установленной на сервере, в которой хранятся данные о контролируемых судах; строит маршруты на карте, отчеты о движении, простое ВВТ и т. д., используя данные из локальной БД. Система слежения допускает любое количество диспетчеров, разнесенных территориально и контролирующих одни и те же суда. В частности, предусмотрена возможность постоянного мониторинга за определенной акваторией диспетчером, при этом руководитель может в любой момент из любого места проконтролировать интересующий его объект за любой период.

Реализация этой системы предполагает возможность организации удаленного рабочего места (далее — УРМ) с программным обеспечением СОМС в Администрации Санкт-Петербурга.

С целью обеспечения безопасности на судах, организации реагирования экстренных оперативных служб, контроля в режиме реального времени определенного объекта и в местах массового скопления туристов (на мостах и причалах), а также выполнения требований «Концепции АИС обеспечения безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербурга» предполагается выведение сигналов подсистемы видеонаблюдения и сигналов извещений о состоянии самоходного транспортного судна в СПбГУ «Городской мониторинговый центр» через систему информационного взаимодействия исполнительных органов государственной власти [7].

Взаимодействие между комитетами по транспорту и развитию туризма Санкт-Петербурга позволило выявить отсутствие практической реализации СМАУС, несмотря на планы ее использования на аквобусах города. Разработанная система обладает следующими недостатками:

- высокая стоимость внедрения и эксплуатации;
- отсутствие возможности планирования и прогнозирования туристских пассажиропотоков на ВВТ;
- отсутствие механизма координации между отраслевыми комитетами города;
- отсутствие функции, позволяющей осуществлять мониторинг состояния средств навигационного ограждения.

Несмотря на несовершенство СМАУС, наличие такой системы является преимуществом при организации пассажиропотоков на ВВТ.

В настоящее время в Санкт-Петербурге функционирует система комплексной автоматизации транспорта (далее — СКАТ), позволяющая с уровня государственного заказчика осуществлять централизованный контроль и управление всей маршрутной сетью мегаполиса и всеми перевозчиками, заключившими договора с департаментом транспорта на исполнение транспортной работы (рис. 5).

Используя СКАТ, не требуется производить замену систем, стоящих у перевозчиков. Они используют свои возможности для решения собственных задач, тем временем как СКАТ объединяет геоданные с бортового оборудования любых производителей для решения ключевых задач государственного заказчика.

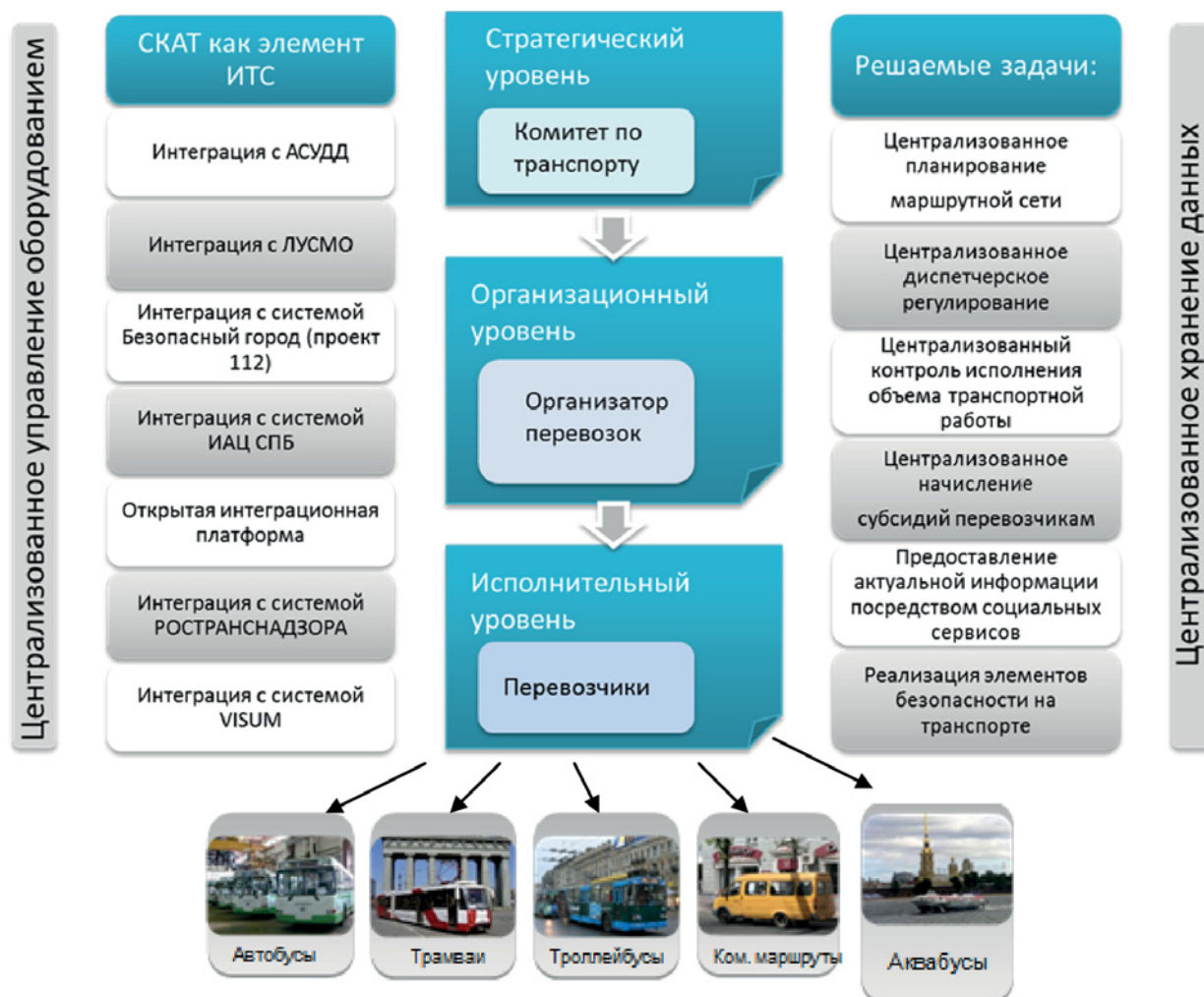


Рис. 5. Создание трехуровневой системы управления [7]

В качестве навигационно-коммуникационной базы информационной системы (далее — ИС) СКАТ используются технологии ГЛОНАСС/GPS.

Система доступна для любого бортового навигационного оборудования (далее — БО). Варианты реализации могут быть следующими: либо БО поддерживает протокол TML передачи геоданных в СКАТ, либо компанией-производителем осуществляется реализация протокола, существующего в БО. Несмотря на то что в Санкт-Петербурге на всех видах транспорта стоит БО производства CSBI Group, было принято решение отказаться от производства собственного оборудования и использовать продукцию сторонних производителей.

В настоящее время СКАТ призвано решать следующие задачи разных уровней (рис. 6).



Рис. 6. Решение задач разных уровней СКТАТ [7]

Результаты внедрения СКТАТ представим на рис. 7, 8.

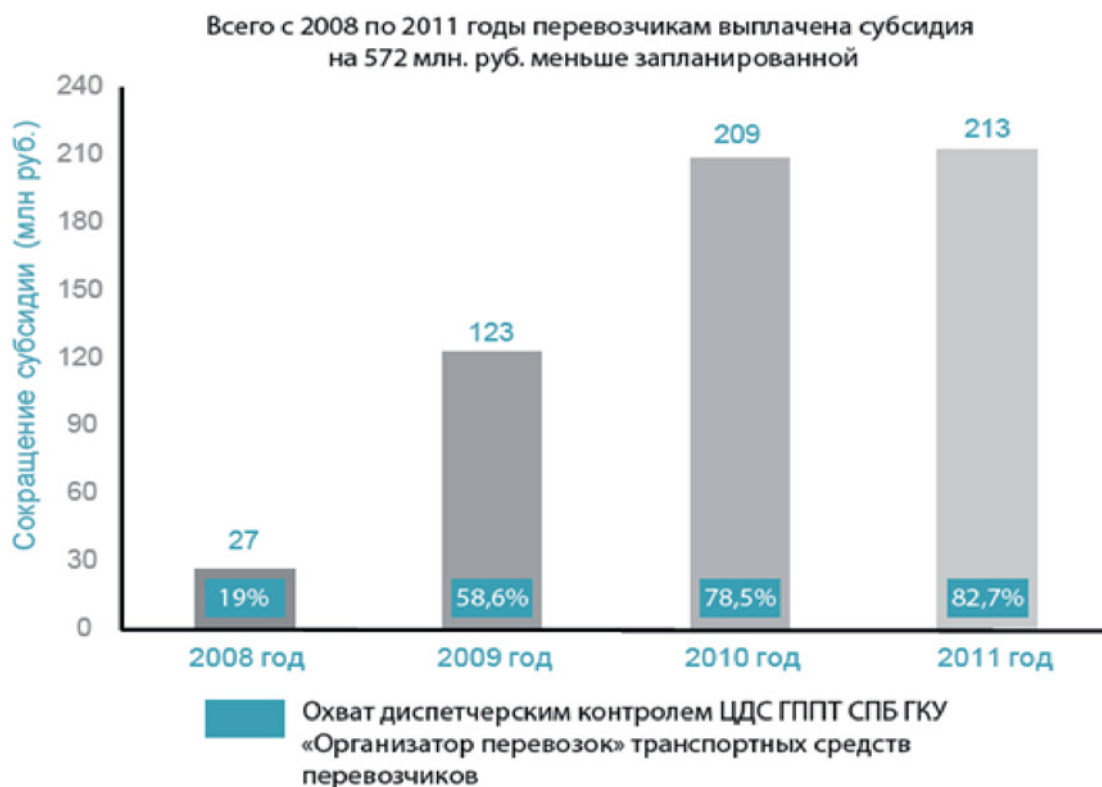


Рис. 7. Динамика сокращения фактических выплат субсидий перевозчикам по мере увеличения охвата социальных маршрутов городского наземного транспорта диспетчерским регулированием СПб ГКУ «Организатор перевозок» [7]

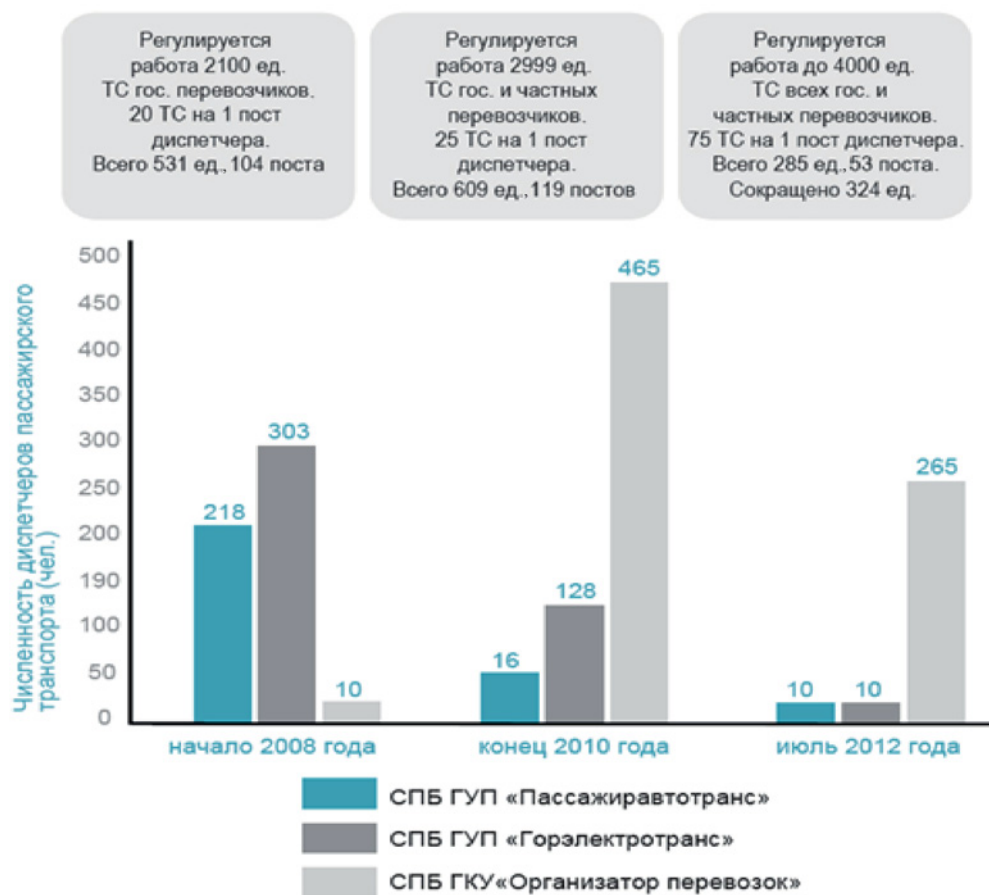


Рис. 8. Перераспределение диспетчеров пассажирского транспорта между предприятиями транспортного комплекса Санкт-Петербурга и их сокращение [7]

В других городах России управление пассажиропотоками на ВВТ за счет использования ИТ не происходит. Однако международный опыт свидетельствует об обратных тенденциях. В частности, в Нидерландах, в силу географических особенностей, а также расположения их внутренних водных путей в районах с хорошо развитой инфраструктурой, построение сети базовых станций АИС не представляет большой технической сложности. В отличие от российской системы АИС, голландская базируется на использовании электронных картографических навигационных информационных систем (ЭКНИС). Европейские страны, не имеющие достаточных финансовых возможностей для модернизации инфраструктуры своих водных путей, оставляют в действии только радиолокационные станции, таким примером может служить Румыния [4, с. 82, 84].

Несмотря на наличие характерных преимуществ ИС СКАТ, к числу которых можно отнести внедрение данной системы в Санкт-Петербурге и положительный опыт ее эксплуатации, в ней не учтено преимущество СМАУС — использование цифрового транкингового стандарта TETRA, а также не учитывается специфика управления туристскими пассажиропотоками на внутренних водных путях и отсутствие функции, позволяющей осуществлять мониторинг состояния средств навигационного ограждения.

Проведенное исследование позволило сделать вывод о необходимости повышения потенциала практической реализации СМАУС, для чего считаем целесообразным усовершенствование ИС СКАТ за счет использования инновационного подхода с целью нивелирования выявленных недостатков системы. Возможность метода интеграции систем требует отдельного рассмотрения.

Список литературы

1. *Морозов А. Н.* Организационные императивы управления туристским пассажиропотоком на внутреннем водном транспорте / А. Н. Морозов // Вестник Национальной академии туризма. — 2014. — № 1 (29).
2. Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации № 24-ФЗ от 7 марта 2001 г. (в ред. от 02.07.2013 г.).
3. Энциклопедия знаний Pandia.ru — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.pandia.ru/text/77/291/99514.php> (дата обращения: 10.03.2014).
4. *Чистяков Г. Б.* Современные информационные системы для обеспечения безопасности судоходства. Сравнение опыта Российской Федерации и Королевства Нидерланды. Проблемы устойчивого развития внутреннего водного транспорта Нидерландов (по материалам Международного российско-голландского тренинга, проведенного в СПГУВК) / Г. Б. Чистяков. — СПб.: СПГУВК, 2012. — С. 78–91.
5. *Модеев Р. Н.* Технологии АИС для управления мультимодальными перевозками / Р. Н. Модеев // Морские порты. — 2010. — № 6 (87). — С. 92–95.
6. О Концепции автоматизированной информационной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербурга: постановление Правительства Санкт-Петербурга № 1505 от 4 октября 2005 г. (в ред. от 12.05.2012) — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=SPB;n=123573> (дата обращения: 10.03.2014). Справочно-правовая система «Консультант Плюс».
7. Информационная система «Система комплексной автоматизации транспорта» (ИС СКАТ) — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.scatspb.ru/about> (дата обращения: 10.03.2014).

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 502.7:556.18

Е. А. Лукина,
канд. техн. наук, доцент;

Е. Ю. Чебан,
канд. техн. наук, доцент;

В. А. Этин,
д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»
(Нижний Новгород)

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ НА ВРЕМЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ПЯТЕН ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТИ С СУДОВ И ОБЪЕКТОВ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT PARTS OF INLAND WATERWAYS AT THE TIME OF LOCALIZATION OF OIL SPILLS FROM VESSELS AND OBJECTS OF THE INTERNAL WATER TRANSPORT

В статье рассмотрены основные факторы водных объектов системы ВВП РФ, влияющие на время локализации разлива нефтепродуктов. С учетом того, что наиболее важным является экологический фактор, рассмотрен критерий классификации участков ВВП и предложен способ оценки его значений. Проведена укрупненная классификация районов ВВП РФ по экологическому фактору. Также предложены критерии и категории оценки их значений для классификации районов ВВП РФ по остальным факторам.

In the article influence for oil spills response operation the main factors of Russian Federation Inland Waterways objects is given. Influence of these factors on oil spill response time was investigated by authors. Classification different Inland Waterway's plots are proposed from ecological factor position. Estimation values of Inland Waterways classification criteria were performed.

Ключевые слова: время локализации нефтяного пятна, зоны особой значимости, экологический фактор, нагруженность участков ВВП зонами особой значимости, чувствительность участка ВВП, доступность участка ВВП проведению работ по ЛРН.

Key words: time localization of oil slick, areas of special significance, the environmental factor, loading sites of areas of special importance and sensitivity of inland waterways, the availability of inland waterways conduct works on localization of oil spills.

ОПЕРАЦИИ с нефтепродуктами, в том числе на водном транспорте, относятся к областям человеческой деятельности, где наибольшее внимание уделяется безопасности проводимых работ. Но даже новейшие технологии не в состоянии полностью исключить утечки и аварии при перевозке, перегрузке и хранении нефти и нефтепродуктов.

Один из наиболее опасных видов загрязнения возникает от разливов нефти в результате технологических операций (грузовые операции, бункеровка, зачистка, мойка и т. д.) с нефтью. Например, известно, что за последние 15 лет разлито более 3,5 тыс. т нефти только с транспорт-

ных судов. Подобные разливы приводят к загрязнению акваторий и береговых территорий, гибели растительного и животного мира, отражаются на качестве водоснабжения, а следовательно, на здоровье населения.

Обеспокоенность общественности по этому поводу требует решительных действий по предупреждению, а также быстрой локализации и ликвидации подобных катастроф.

Отдельным вопросам локализации и ликвидации разливов нефти (ЛРН) посвящено большое количество работ, однако большая часть из них посвящена отдельным вопросам в рамках существующего законодательства в этой области. Более детально эти проблемы описаны и проанализированы, например, в работах [6; 7, с. 63; 8, с. 97–98; 9, с. 315–318; 10] и приведенных в них ссылках.

Действующие в настоящее время в Российской Федерации нормативные правовые акты, регулирующие вопросы организации проведения работ по локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, не учитывают специфики отрасли внутреннего водного транспорта. В частности, Постановлением Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613 установлено нормативное время локализации разлива нефти и нефтепродуктов в течение 4 ч. Установленное нормативное время локализации разлива нефти и нефтепродуктов в течение 4 ч представляется также необоснованным, так как не учитывает экологической значимости различных участков ВВП, а также географические, навигационно-гидрологические и гидрометеорологические особенности этих участков, которые существенно могут повлиять на время локализации нефтяного пятна по длине ВВП. Это позволяет утверждать, что исследования, посвященные влиянию этих условий на время локализации, являются актуальными.

Время локализации разлива представляет собой отрезок времени от момента обнаружения разлива до начала действий, предотвращающих растекание нефти по водной поверхности или береговой полосе. По определению это время не должно превышать времени движения нефтяного пятна с момента обнаружения разлива до рубежа локализации, что обеспечит выполнение необходимых условий по обеспечению эффективности ликвидации разливов нефти. Время локализации должно определяться не только с учетом факторов, влияющих на продолжительность действий людей в ходе операций по ЛРН, но и учитывать факторы, определяющие движение пятна до назначенного рубежа локализации, а также удобство выполнения работ по локализации на этом рубеже (географические, навигационно-гидрологические и гидрометеорологические особенности участков внутренних водных путей (ВВП)), которые могут существенно повлиять на время локализации нефтяного пятна.

В соответствии со ст. 7 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ в целях защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) должны быть проведены мероприятия, направленные «на максимально возможное снижение размеров ущерба и потерь от их (ЧС) возникновения» [1]. Аналогичное требование содержится в Приказе МЧС России от 28 декабря 2004 г. № 621 «Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации» [2]. Следовательно, при разливах нефти в первую очередь должны быть защищены **зоны особой значимости**, включающие в себя объекты жизнеобеспечения населенных пунктов (например, водозаборы), особо охраняемые природные территории (ООПТ) и другие виды особо охраняемых зон, предусмотренных как федеральным законодательством, так и нормативно-правовыми актами отдельных субъектов РФ. В свою очередь это накладывает ограничения на расположение рубежей локализации на ВВП, которые должны назначаться так, чтобы исключить попадание нефти в зону особой значимости. Таким образом, расположение зон особой значимости на участке ВВП является экологическим фактором, влияющим на норматив времени локализации разлива. Этот норматив не может быть назначен из формальных соображений и иметь одинаковую величину для разных участков ВВП.

Критерием классификации ВВП по **экологическому фактору** и оценки норматива времени локализации может служить **нагруженность участков ВВП зонами особой значимости**,

или **чувствительность участка ВВП**. Оценку критерия в первом приближении можно проводить по следующим категориям: *высокочувствительный, среднечувствительный, низкочувствительный*.

Для определения чувствительности участков ВВП (нагруженности зонами особой значимости) могут служить характеристики, учитывающие:

- роль ВВП в водоснабжении (жизнеобеспечении) береговых населенных пунктов;
- насыщенность участка водных путей особо охраняемыми территориями (ООПТ), включающими акватории и береговые территории рассматриваемого участка ВВП;
- насыщенность участка водных путей рыбопромысловыми зонами с учетом ценности пород рыб, территориями традиционного природопользования и другими объектами, которые могут быть причислены к зонам особой значимости.

Роль ВВП в жизнеобеспечении береговых населенных пунктов растет в зависимости от количества жителей в населенных пунктах и частоты их расположения на берегах водного пути. Для каждого района ВВП можно определить относительную населенность побережий водных путей $\bar{N}_n$ по выражению

$$\bar{N}_n = \frac{N_n}{l_n}, \quad (1)$$

где $\bar{N}_n$ — населенность побережий внутренних водных путей, млн чел;

l_n — протяженность водных путей укрупненного района ВВП РФ, км.

Для каждого района ВВП населенность побережий можно определить по выражению

$$N_n = n_1 \cdot k_1 + n_2 \cdot k_2 + n_3 \cdot k_3 + n_4 \cdot k_4 + n_5 \cdot k_5, \quad (2)$$

где n_1 — количество населенных пунктов с численностью жителей более 1 млн;

$k_1 = 1,0$ — коэффициент крупности населенных пунктов с численностью жителей более 1 млн;

n_2 — количество населенных пунктов с численностью жителей более 500 тыс.;

$k_1 = 0,5$ — коэффициент крупности населенных пунктов с численностью жителей более 500 тыс.;

n_3 — количество населенных пунктов с численностью жителей более 100 тыс.;

$k_1 = 0,1$ — коэффициент крупности населенных пунктов с численностью жителей более 100 тыс.;

n_4 — количество населенных пунктов с численностью жителей более 50 тыс.;

$k_1 = 0,05$ — коэффициент крупности населенных пунктов с численностью жителей более 50 тыс.;

n_5 — количество населенных пунктов с численностью жителей менее 50 тыс.;

$k_1 = 0,01$ — коэффициент крупности населенных пунктов с численностью жителей менее 50 тыс.

Для удобства выполнения исследований все ВВП РФ были разбиты на семь укрупненных районов, для которых определены оценки относительной плотности населенности прибрежных зон, представленные в табл. 1. Количество береговых населенных пунктов с различной численностью населения было подсчитано по картам административно-территориальных единиц, на территории которых располагаются ВВП РФ.

Таблица 1

Оценка относительной населенности берегов районов ВВП

Укрупненный район ВВП РФ	Количество береговых населенных пунктов с численностью населения, чел.					Населенность побережий внутренних водных путей, млн чел. N_n	Протяженность района водных путей, км l_n	Относительная населенность побережий водных путей, млн чел./км $\bar{N}_n$
	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Волжско-Камский район и канал им. Москвы	4	5	14	8	51	8,81	4900	$\geq 1,80$
Волго-Балтийский, Беломорско-Балтийский, Северо-Двинский район и р. Печора	1	0	4	6	42	2,12	2500	$\geq 0,85$
Волго-Донской и Азово-Донской район	1	0	1	1	11	1,26	1311	$\geq 0,96$
Обь-Иртышский район	2	1	4	5	46	3,61	7870	$\geq 0,46$
Район р. Енисей, Ангара и озера Байкал	0	2	3	5	45	2,00	5900	$\geq 0,34$
Ленский район	0	0	1	1	36	0,51	4400	$\geq 0,12$
Амурский район	0	1	2	1	12	0,87	2800	$\geq 0,31$

Полученные оценки показывают, что в целом к высокочувствительным районам ВВП можно отнести все водные пути европейской части Российской Федерации, что может быть учтено при присвоении районам ВВП категорий чувствительности.

Для укрупненной оценки насыщенности ВВП РФ участками особо охраняемых природных территорий можно учесть только ООПТ федерального значения. Согласно Федеральному закону РФ «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г. «особо охраняемые природные территории (ООПТ) — участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны» [3].

Особо охраняемыми природными территориями федерального уровня являются все государственные природные заповедники и национальные парки, а также значительная часть государственных природных заказников. Государственное управление в области организации и функционирования ООПТ федерального значения осуществляет Федеральная служба по надзору в сфере природопользования в соответствии с Постановлением Правительства России от 30 июля 2004 г. № 400. Всего в России в настоящее время функционируют 204 ООПТ федерального уровня общей площадью около 580 тыс. км² в 84 из 89 субъектах Федерации.

Для рассматриваемых районов ВВП по картам административно-территориального устройства РФ было установлено, по территории каких административных единиц РФ проходят ВВП. Расположение ООПТ федерального уровня по федеральным округам представлено в Информационно-справочной системе «ООПТ России» [4]. Из всего списка были выбраны только те ООПТ, территория которых включает береговые территории ВВП, что было установлено по представленным на электронном ресурсе картам. ООПТ федерального уровня, включающие береговые территории ВВП, представлены в табл. 2. В этой же таблице приведены значения оценки насыщенности

ВВП РФ участками особо охраняемых природных территорий. В качестве такой оценки принята относительная протяженность участков ВВП в пределах ООПТ федерального уровня.

Относительная протяженность участков ВВП в пределах ООПТ федерального уровня рассчитана для каждого укрупненного района ВВП по формуле

$$l = \frac{l_{\text{ООПТ}}}{l_{\text{п}}}, \quad (3)$$

где $l_{\text{ООПТ}}$ — суммарная по району ВВП протяженность береговых участков, расположенных в пределах ООПТ, км (см. столбец 4 табл. 2);

$l_{\text{п}}$ — протяженность водных путей укрупненного района ВВП РФ, км (см. столбец 8 табл. 1).

Таблица 2

Оценка насыщенности ВВП РФ участками ООПТ

Укрупненный район ВВП РФ	Административно-территориальные единицы РФ, по территории которых проходят ВВП	ООПТ федерального уровня, включающие участки ВВП	Протяженность участков ВВП в пределах ООПТ, км	Относительная протяженность участков ВВП в пределах ООПТ, км /км
1	2	3	4	5
Волжско-Камский район и канал им. Москвы	Тверская, Московская, Ярославская, Костромская, Ивановская, Нижегородская обл., Республика Марий Эл, Чувашская Республика, Татарстан, Ульяновская, Самарская, Саратовская, Волгоградская, Астраханская, Пермская обл., Удмуртская Республика	Волжско-Камский биосферный резерват, Жигулевский заповедник им. Спрыгина, Нечкинский национальный парк, Нижняя Кама — национальный парк, Самарская Лука — национальный парк, Хвалынский национальный парк, Дарвинский биосферный резерват, Сумароковский заказник, Астраханский биосферный резерват	860	0,18
Волго-Балтийский, Беломорско-Балтийский, Северо-Двинский район и р. Печора	Архангельская, Вологодская, Ленинградская, Новгородская обл., Республика Коми	Дарвинский биосферный резерват, Нижнесвирский заповедник, Печоро-Илычский заповедник, Русский Север — национальный парк, Югыд Ва — национальный парк	415	0,17
Волго-Донской и Азово-Донской район	Волгоградская, Ростовская обл.	Цимлянский заказник	75	0,06
Обь-Иртышский район	Алтайский край, Новосибирская, Томская, Тюменская обл.	Гыданский заповедник, Елизаровский заказник, Куноватский заказник, Нижнеобский заказник	360	0,05

Таблица 2
(Окончание)

Район р. Енисей, Ангара и о. Байкал	Иркутская обл., Республика Бурятия, Красноярский край	Центральносибирский биосферный резерват, Байкало-Ленский заповедник, Байкальский биосферный резерват, Баргузинский биосферный резерват, Саяно-Шушенский биосферный резерват, Убсунурская котловина — биосферный резерват, Хакасский заповедник, Забайкальский национальный парк, Прибайкальский национальный парк, Шушенский бор, Кабанский заказник, Фролихинский заказник	1700	0,29
Ленский район	Республика Саха (Якутия), Иркутская обл.	Усть-Ленский заповедник	450	0,10
Амурский район	Хабаровский край, Еврейская автономная обл., Амурская обл.	Комсомольский заповедник	80	0,03

С учетом информации о насыщенности берегов ВВП отдельными объектами, определяющими зоны особой значимости (населенными пунктами, ООПТ, рыбопромысловыми территориями и т. д.), можно получить интегральную оценку для каждого района ВВП и в зависимости от нее присвоить ему категорию чувствительности.

На основании выполненных укрупненных оценок населенности районов ВВП (табл. 1) и насыщенности ВВП РФ участками особо охраняемых природных территорий (табл. 2) категории чувствительности районов ВВП к разливам нефти можно присвоить следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

Категории чувствительности к воздействию нефти укрупненных районов ВВП РФ

№ п/п	Укрупненный район ВВП РФ	Категория чувствительности по оценке населенности	Категория чувстви- тельности по оценке насыщенности ВВП РФ участками ООПТ	Категория чувствительности по интегральной оценке
1	Волжско-Камский район и канал им. Москвы	высокочувствительный	среднечувствительный	высокочувствительный
2	Волго-Балтийский, Бело- морско-Балтийский, Севе- ро-Двинский район и р. Печора	среднечувствительный	среднечувствительный	среднечувствительный
3	Волго-Донской и Азово- Донской район	среднечувствительный	низкочувствительный	среднечувствительный
4	Обь-Иртышский район	низкочувствительный	низкочувствительный	низкочувствительный

Таблица 3
(Окончание)

5	Район р. Енисей, Ангара и о. Байкал	низкочувствительный	высокочувствительный	среднечувствительный
6	Ленский район	низкочувствительный	среднечувствительный	низкочувствительный
7	Амурский район	низкочувствительный	низкочувствительный	низкочувствительный

Численность и расположение потенциальных источников разлива — величина случайная, которая может меняться с течением времени. Для каждого бассейна она может быть оценена методами математической статистики, например методом несмещенных оценок. Так как расположение зон особой значимости и потенциальных источников разлива даже в пределах одного района ВВП неравномерно, то оценку времени движения пятна до рубежа локализации невозможно определить заранее с удовлетворительной достоверностью, тем более нормировать ее законодательно. Иными словами, ограничивать время локализации разливов, произошедших на фарватере при движении транспортных судов, не только нецелесообразно, но и экологически опасно, так как велика вероятность того, что нефть попадет в зону особой значимости, поскольку рубеж, установленный исходя из формально-го нормативного времени локализации, может оказаться в границах этой зоны или ниже по течению.

Кроме того, рубеж локализации должен располагаться не только выше зоны особой значимости, но и с учетом следующих требований и рекомендаций, выполнению которых также будет препятствовать законодательное нормирование времени локализации:

— необходимо выбирать положение рубежа локализации на береговом ландшафте, удобном для размещения оборудования и проведения операций по ЛРН;

— локализацию нефти необходимо производить в зоне пониженных скоростей, используя, например, внутренний радиус изгиба речного русла, ответвления потока в более низкое русло, старицы, водовороты в нижних оконечностях островов и т. д.

Время локализации разлива и эффективность работ по ликвидации разливов нефти на рубеже локализации находятся в прямой зависимости от соответствия организации и технологии ответных действий при разливе гидродинамическим условиям, в которых необходимо выполнять работы по ЛРН на водном объекте [5].

В связи с этим на время локализации и технологию операций по ЛРН оказывают влияние географические, гидрологические и метеорологические особенности районов ВВП [5].

Основной особенностью большинства бассейнов ВВП является чередование речных, озерно-речных и озерных участков, отделенных друг от друга гидроузлами.

Озерные участки характеризуются медленными течениями воды со скоростями до 0,5 м/с, широкой акваторией до 20 км и высотой волны с 1 %-ной обеспеченностью 2 м. Речные и озерно-речные участки характеризуются большими скоростями течения от 0,5 до 2,0 м/с, небольшой шириной русла до 1,5 км и высотой волны до 1,2 м с 1 %-ной обеспеченностью, наблюдающейся в течение 4 % навигационного времени [6; 7].

Озерные участки сочетают в себе свойства морской и речной акваторий. С одной стороны, на больших озерах и водохранилищах нефть может перемещаться в различных направлениях, с другой стороны, береговая линия этих водоемов схожа по свойствам с берегами рек. Берега озер во многих случаях покрыты травянистой растительностью, что создает особые трудности при ликвидации разлива нефтепродуктов. Береговая зона большинства озер и водохранилищ мелководна, следовательно, исключается возможность использования крупных высокопроизводительных плавучих средств, на которых размещены сборщики нефтепродуктов. Для сбора нефтепродуктов обычно используют средства малой механизации, работающие как на воде, так и с берега.

В условиях ВВП как на речных, так и на озерных участках нефть из-за ограниченности акватории и извилистости русла очень быстро достигает берега и, перемещаясь далее по линии уреза воды, загрязняет территории значительной протяженности.

Количество нефти, остающееся на берегу, зависит от геоморфологических характеристик участка ВВП, гидрометеорологических условий, вида береговой растительности, наличия инженерно-технических сооружений. К геоморфологическим характеристикам в данном случае относятся материал и плотность сложения грунта, угол берегового склона, открытость волновому воздействию на участках водохранилищ. Сочетание этих характеристик тесно взаимосвязано с гидродинамикой потока и руслоформирующими процессами, определяя изрезанность береговой черты. Извилистость русла и изрезанность береговой черты, с одной стороны, облегчает задачу локализации нефтяного разлива, с другой стороны, затрудняет ликвидацию нефтяного загрязнения с береговой зоны водоема.

Перемещение нефти по водотоку обусловлено скоростью течения. При разливах на акваториях с низкими скоростями течения (озерные участки) распространение нефти происходит вследствие растекания пятна и его перемещения за счет ветровой составляющей скорости. К процессам, происходящим в нефтяном пятне, относятся: действие гравитационной составляющей, растекание, диффузия, испарение, диспергирование, эмульсификация и изменение вязкости нефти.

Из всех процессов, происходящих в нефтяном пятне, которые устанавливаются при движении потока с большими скоростями (более 0,5 м/с), наиболее важным является возникающий эффект уноса нефти под плавающее боновое ограждение (ПБО). Речные потоки, характеризующиеся сложными, в том числе турбулентными течениями, еще более усиливают этот эффект.

Турбулентность и интенсивное перемешивание в неоднородных речных потоках с высокими скоростями приводят к значительному рассеиванию (дисперсии) и эмульгированию нефти и нефтепродуктов. Образующаяся эмульсия имеет больший объем, нежели первоначально пролитая нефть благодаря захваченной воде. Одновременно увеличивается вязкость, делая откачку и очистку воды от нефти более сложной. Кроме того, в турбулентных речных потоках за счет неровного дна и наличия точек сжатия потока существенно возрастает скорость осаждения нефти.

Таким образом, движение воды со скоростями более 0,5 м/с ускоряет многие процессы, происходящие в нефтяном пятне при разливе нефти, что делает необходимым проведение более быстрых и технологичных операций при локализации разливов в речных условиях по сравнению с условиями тихой воды или медленно движущихся потоков. Это может быть достигнуто за счет использования более совершенных, следовательно, и более дорогостоящих, технологий и оборудования ЛРН.

Скорость течения значительно влияет на технологичность операции, так как определяет количество и тип боновых ограждений, а также характеристики другого оборудования для ЛРН с точки зрения обеспечения эффективности их работы. Большинство оборудования для ЛРН по принципу работы на скоростях течения можно разделить на оборудование, эффективно работающее при скоростях до 0,5 м/с, от 0,5 до 1 м/с, выше 1–1,5 м/с.

Известно, что на движение пятен нефти также оказывают влияние сила и направление ветра, которые наиболее значимо проявляются на озерных участках. При малых скоростях течений эти факторы определяют направление движения нефтяного пятна, а при средних — влияют на скорость перемещения нефти по водотоку.

На базе опыта разработки большого числа планов ЛРН на ВВП, в ходе которых выполнялось моделирование разливов нефти в разных природно-климатических условиях, можно утверждать о влиянии скорости и направления ветра на скорость нефтяного пятна в условиях ВВП. При значениях угла между направлением течения и направлением ветра от 0° до 180° ветер прижимает нефтяное пятно к левому берегу, а при значениях от 180° до 360° прижимает пятно к правому берегу. При значениях от 0° до 90° и от 270° до 360° ветер препятствует перемещению пятна течением, а при значениях от 90° до 270° способствует перемещению пятна течением. Данная схема может быть проиллюстрирована рис. 1.

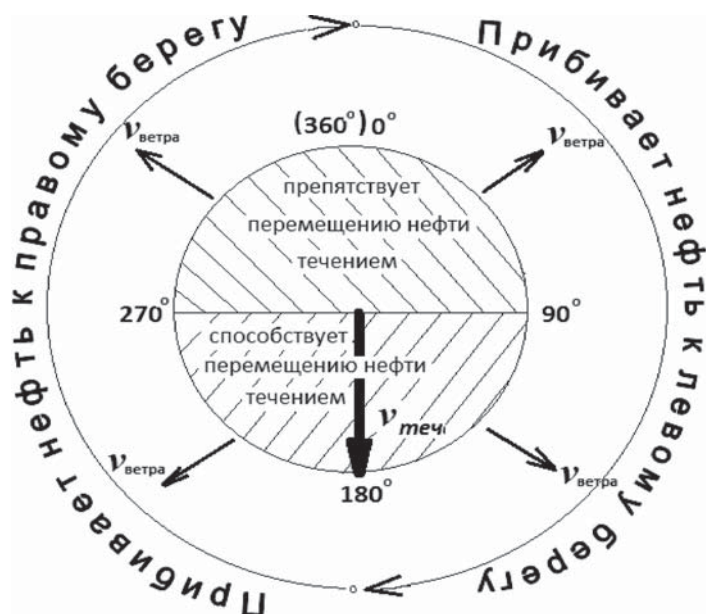


Рис. 1. Схема результатов взаимодействия направления ветра и течения при перемещении нефтяного пятна

Следовательно, при проведении операций ЛРН большое значение имеет роза ветров в районе определенного местоположения рубежа локализации. Кроме того, при локализации разливов нефти на акваториях ветер может оказывать влияние на скорость установки оборудования и эффективность его работы и, следовательно, на время локализации.

Описанные гидрологические, метеорологические и технологические особенности выполнения работ по локализации разливов нефти на ВВП также не позволяют без ущерба для экологической эффективности законодательно нормировать время локализации разлива.

Для классификации ВВП с точки зрения времени и эффективности локализации разлива нефти можно использовать в качестве критерия доступность участка ВВП проведению работ по ЛРН в зависимости от географических, гидрологических и метеорологических факторов. По этому критерию («критерий доступности») ВВП могут быть классифицированы по следующим категориям:

- недоступные;
- труднодоступные;
- доступные;
- легкодоступные.

Для каждой категории доступности может быть рекомендован верхний предел времени локализации с учетом описанных выше экологических ограничений.

Список литературы

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: федеральный закон Рос. Федерации № 68-ФЗ от 21 декабря 1994 г. (в ред. от 29.12.2010, с изм. и доп. от 11.01.2011).
2. Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации: приказ МЧС России № 621 от 28 декабря 2004 г.

3. Об особо охраняемых природных территориях: федеральный закон Рос. Федерации № 33-ФЗ от 14 марта 1995 г. (в ред. от 10.05.2007).
4. Информационная система данных по особо охраняемым территориям федерального значения РФ — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.oopt.info>
5. Лукина Е. А. Определение положения рубежей локализации при ликвидации разливов нефти объектами судоходства на внутренних водных путях / Е. А. Лукина // Наука и техника транспорта. — 2010. — № 3. — С. 25–27.
6. Бородин А. Н. Снижение антропогенного воздействия на внутренние водные пути при авариях судов с разливами нефти: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Н. Бородин. — Н. Новгород: ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2009. — 27 с.
7. Разработка Плана по организации работ по предупреждению и ликвидации разливов нефти на внутренних водных путях (ВВП) России: отчет о НИР / Волжская государственная академия водного транспорта; рук. В. Л. Этин. Государственный контракт № 4.01.007-07 от 23 августа 2007 г.; отв. исп. Е. Ю. Чебан, соисп.: Е. А. Лукина, С. В. Васькин, В. М. Иванов, Э. Е. Нюркина. — Т. 1, п. 2.
8. Этин В. Л. Особенности нормативно-финансового обеспечения локализации и ликвидации разливов нефти (ЛРН) на внутреннем водном транспорте / В. Л. Этин, В. М. Иванов, Е. Ю. Чебан // Речной транспорт (XXI век). — 2011. — № 1 (49).
9. Чебан Е. Ю. Предотвращение чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти на внутренних водных путях / Е. Ю. Чебан, В. Л. Этин // Великие реки–2012: 14-й Междунар. науч.-пром. форум: [тр. конгресса]: в 2 т. / Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т; отв. ред. Е. В. Копосов. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. — Т. 1.
10. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: справ. / И. А. Мерициди, В. Н. Ивановский, А. Н. Прохоров [и др.]; под ред. И. А. Мерициди. — СПб.: НПО «Профессионал», 2008. — 824 с.: ил.

УДК 504.062

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

БАЛАНС СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ПЕСКА ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

BALANCE SCHEME IN SAND CARGO HYDROTRANSPORT HANDLING

В статье рассматривается отрицательное воздействие гидроперегрузки сыпучих грузов в речных и морских портах на окружающую среду. Предлагается новая технологическая схема гидроперегрузки сыпучих грузов в портах. Для данной технологической схемы представлена схема баланса сточных вод.

This article considered negative effect on environment by bulk cargo hydro transport handling at ports. Has been proposed a new technological hydro transport overload scheme. For this overload scheme presented wastewater balancing scheme.

Ключевые слова: сточные воды, балансовая схема использования воды, гидроперегрузка, сыпучие грузы.

Key words: wastewater, water using balancing scheme, hydro transport, bulk cargo.

ПЕРЕГРУЗКА сыпучих грузов в порту занимает основную долю от всего грузооборота и составляет около 60 %. В настоящее время в связи с увеличением объемов строительных работ возникает потребность в таких строительных материалах, как песок, гравий, известняк. Речной песок — это сыпучий нерудный материал, который образуется вследствие естественного распада твердых органических составляющих и горных пород. Объемы перегруженного песка в портах весьма велики. Помимо этого, ведется добыча песка со дна водоемов и намыв прилежащих к порту и городам территорий.

В промышленно развитых государствах объемы добычи также весьма велики, так, например, в Соединенных Штатах из-под воды ежегодно добывается около 500 млн т песка и гравия. В Англии в проливе Ла-Манш добывается более 100 млн т строительных материалов в год [7]. Добыча песка со дна водоемов ведется посредством гидротранспорта: землесосных снарядов и землечерпательной техники. Ежегодно объемы добычи морского песка со дна Балтийского моря и Финского залива составляют около 7 млн т.

Наиболее производительным способом перегрузки песка является использование средств гидротранспорта. Широкое применение гидравлический транспорт получил в технологических схемах комплексной гидромеханизации горных и земляных работ, гидротехническом и гидромелиоративном строительстве. Такой вид транспортировки эффективен при перемещении полезных ископаемых (угля, песка, гравия, растворов солей и пр.) от места добычи к потребителю, отходов обогатительных фабрик, золы и шлака тепловых электростанций в отвалы, пустой породы к месту складирования.

Применение такого способа для перегрузки и транспортировки песка заключается в следующем. Песок перемешивается с достаточно большим количеством воды (соотношение составляет 25–30 % песка, а остальное в этой смеси — вода), и такая практически жидкая смесь перекачивается центробежными или поршневыми насосами и транспортируется по трубопроводу в шаланды или на причал.

К преимуществам гидравлического транспорта можно отнести высокую производительность перегрузки. Однако при этом образуется большое количество сточной воды, которой является вода, используемая для приготовления пульпы, и которая отделяется от пульпы при ее перегрузке в открытый склад.

Обычно схема добычи песка со дна водоема и перегрузки его на склад выглядит следующим образом (см. рис. 1) [5].

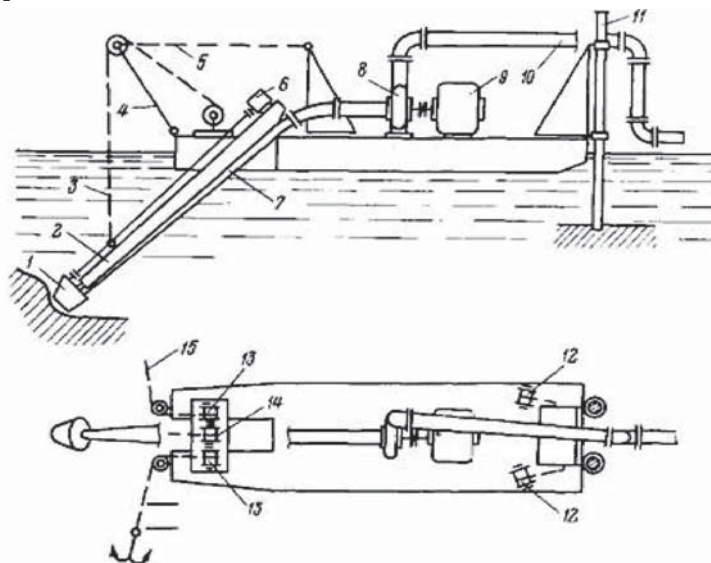


Рис. 1. Схема плавучего землесосного снаряда:

- 1 — рыхлитель; 2 — рама рыхлителя; 3 — канат подвески рамы рыхлителя; 4 — стрела; 5 — подвеска;
6 — двигатель рыхлителя; 7 — всасывающий патрубок; 8 — грунтовый насос;
9 — двигатель грунтового насоса; 10 — напорный пульпопровод; 11 — свайный аппарат;
12, 13 — лебедки; 14 — подъемная лебедка; 15 — канаты с якорями

При помощи землесосного снаряда смесь песка и воды со дна водоема проходит через всасывающую трубу, поступает в насос и затем по трубопроводу подается на баржу или другое судно или по системе трубопроводов на специальных понтонах транспортируется на берег. Землесосный снаряд представляет собой понтон, перемещаемый и фиксируемый в определенной позиции с помощью тросов, якорей и свайных устройств. На понтоне располагается землесос — мощный насос центробежного типа. На дно опускается всасывающее устройство землесоса и при необходимости механический рыхлитель.

При перегрузке на берег пульпа по трубопроводу перекачивается на территорию открытого склада, где формируются штабели песка. На рис. 2 приведена одна из часто применяемых на практике схем формирования отвала песка.

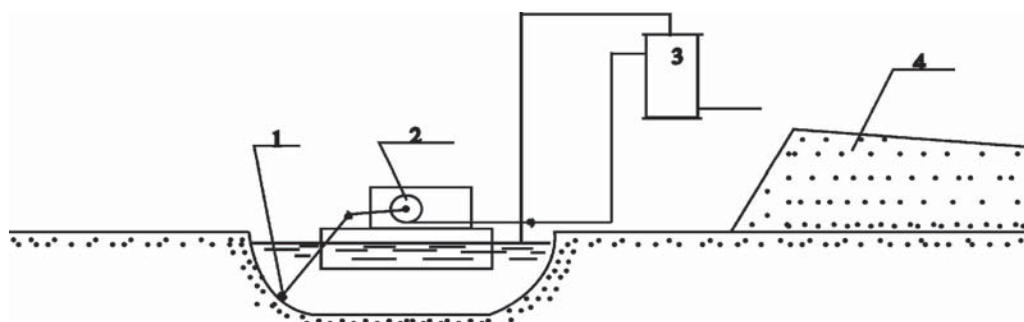


Рис. 2. Схема формирования отвала песка:

1 — механический разрыхлитель грунта; 2 — грунтонасос земснаряда;
3 — гидроциклон, 4 — штабель

В данной схеме предусмотрена очистка воды от частиц песка с помощью гидроциклона. Гидроотвал или склад для песчано-гравийной смеси (песка) обычно делают с основанием, выполненным с небольшим уклоном к оси склада для стока воды. Обезвоживание уложенного материала осуществляется за счет его естественной водоотдачи с дальнейшим отводом воды через водосбросную систему. Кроме того, склады обязательно оснащают подъездной автомобильной дорогой или железнодорожным путем для возможности отгрузки песка [8].

В настоящее время чаще всего используется прямоточная схема отведения сточной воды в водоем, то есть когда весь объем сточной воды с поверхности открытых складов песка стекает в водоем. Часто даже без очистки.

Современные природоохранные нормы требуют разработки норм загрязнения водоемов и выполнения этих норм. Как известно, загрязнение водоемов характеризуется таким параметром, как сброс загрязняющих веществ, которые представляют собой произведения концентрации этих веществ на количество воды, которое в единицу времени сбрасывается в водоем:

$$M_i = C_i \cdot Q$$

где C_i — концентрация i -го, загрязняющего вещества (мг/л); Q — расход сточной воды (л/с).

Отсюда вытекает, что снижение сброса можно обеспечить двумя путями — снижением количества воды и снижением концентрации загрязняющих веществ. Первое обеспечивается, например, применением оборотных схем водоотведения и водопотребления, а второе — глубокой очисткой воды.

Поэтому наши исследования были направлены на разработку новых схем водоотведения— водопотребления, а также на разработку новых технологических схем очистки воды.

В данной статье предлагается следующая схема гидроперегрузки, представленная на рис. 3.

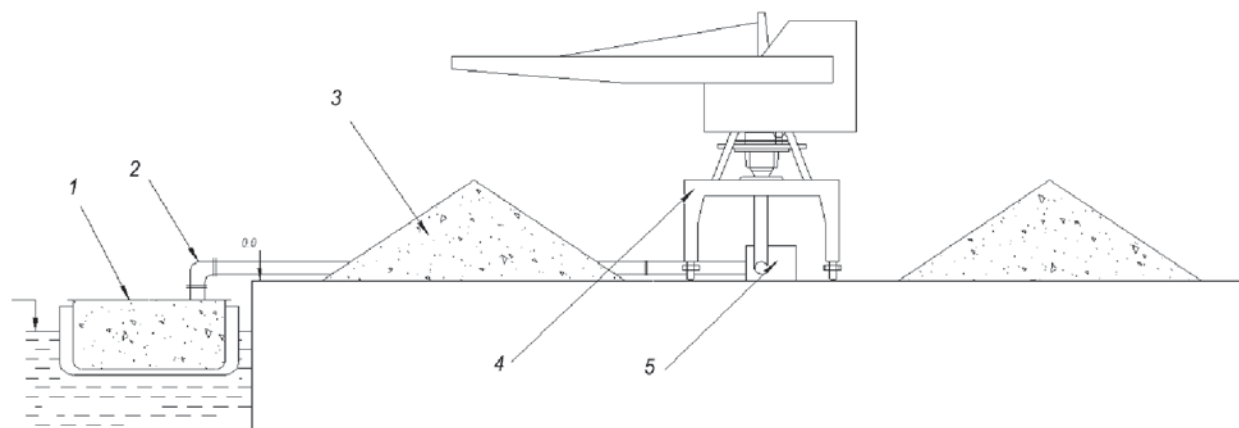


Рис. 3. Схема гидроперегрузки песка на причал:
1 — баржа с песком; 2 — трубопровод; 3 — штабель (песок);
4 — гидроперегрузчик; 5 — насос

По трубопроводу гидросмесь подается на специальное устройство, позволяющее равномерно формировать склад в радиусе своего действия. Также в качестве дополнительной техники для формирования штабеля с песком могут быть использованы бульдозеры. Схема может действовать в направлении судно–склад и склад–автомобиль (самосвал). Из склада смесь может дальше подаваться по трубопроводу в самосвал или отгружаться при помощи кранов.

При этом сточная вода из штабеля по траншее или трубопроводу будет поступать в очистные сооружения. После очистки сточная вода может повторно использоваться в перегрузочном цикле. Таким образом, предлагаемое проектно-конструкторское решение позволит использовать прямоточно-оборотную схему водопотребления и водоотведения (сокращенно ПОСВПВО). Использование очищенной воды позволит снизить потребление воды на приготовление пульпы и уменьшить количество сточных вод. Согласно санитарным требованиям предельно допустимое содержание взвешенных веществ в воде, спускаемой в водоем, для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест не должно превышать значение в $0,75 \text{ мг/дм}^3$. На практике не всегда удается очистить воду от взвешенных веществ до требуемых значений. Поэтому ПОСВПВО должна включать в себя такую технологическую схему очистки сточных вод, которая позволит обеспечить очистку до требуемых норм. Причем технологическая схема очистки может быть размещена как на берегу, так и на плавучих сооружениях, то есть возможно использование плавучего нестационарного очистного сооружения. Другими словами, очистной комплекс может располагаться на самоходной или несамоходной плавучей «барже».

Для снижения количества воды, которое может поступать в водоем, предлагается следующая балансовая схема использования воды на описанный выше процесс перегрузки песка.

Как видно из схемы, часть сточных вод поступает в очистные сооружения, а часть — в шланду, откуда вместе с лишним грунтом отправляется на свалку в специально отведенное место. Часть сточных вод, проходя через очистные сооружения, в зависимости от ситуации может определяться обратно в водоем, в буферную емкость или же уходить на различные производственные нужды. Очищенная вода может быть использована для гидроперегрузки песка со склада через трубопровод к следующему перегрузочному узлу или на транспорт к потребителю.

Такое предложение является новым при организации данного технологического процесса, и такая схема позволяет снизить количество воды, поступающей в водоем, на 35–70 %.

Кроме того, для снижения сброса загрязняющих веществ предлагается использовать новую для данного случая технологию очистки, которая предполагает очистку отстоем и фильтрование. Причем предлагается процесс отстоя осуществлять в режиме низкоскоростного вращательного движения очищаемой массы воды.

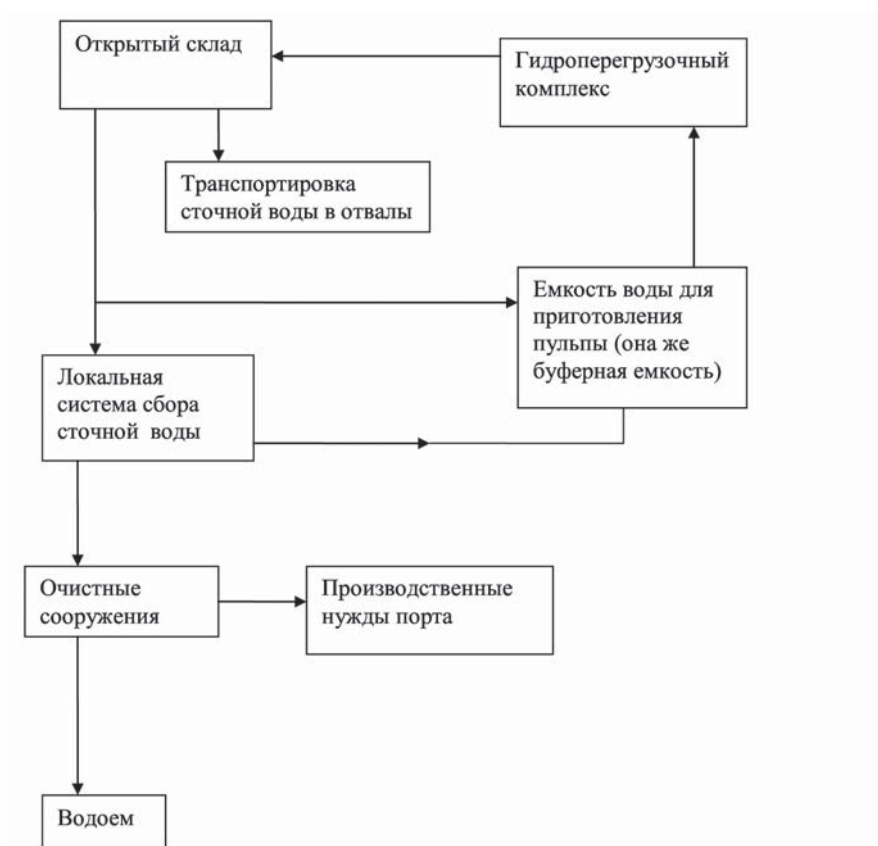


Рис. 4. Балансовая схема использования воды

Таким образом, предлагаемая технологическая схема перегрузки и технологический комплекс очистки еще не имеют аналогов на практике и позволят обеспечить защиту окружающей среды и одновременно высокую производительность перегрузки.

Список литературы

1. Юфин А. П. Гидромеханизация / А. П. Юфин. — М.: Стройиздат, 1974. — 223 с.
2. Решняк В. И. Нормирование загрязнения окружающей природной среды: учеб. пособие / В. И. Решняк. — СПб.: СПГУВК, 2008. — 37 с.
3. Решняк В. И. Экология: учеб. пособие / В. И. Решняк. — СПб.: СПГУВК, 2012. — Ч. 2: Охрана окружающей среды на водном транспорте. — 106 с.
4. Фридман Б. Э. Гидромеханизация горных работ: справ. / Б. Э. Фридман. — М.: Metallurgizdat, 1949. — 397 с.
5. Ржевский В. В. Технология добычи полезных ископаемых со дна озер, морей и океанов / В. В. Ржевский, Г. А. Нурик. — М.: Недра, 1979. — 381 с.
6. Добыча нерудных строительных материалов в водных объектах. Учет руслового процесса и рекомендации по проектированию и эксплуатации русловых карьеров / Мин-во природных ресурсов и экологии РФ, СТО ФГБУ «ГГИ» 52.08.31. — 2012.
7. Истошин С. Ю. Морской горный промысел / С. Ю. Истошин. — М.: Наука, 1981. — 168 с.
8. Попов Ю. А. Гидромеханизация земляных работ: учеб. пособие / Ю. А. Попов, В. Я. Мельник, М. Н. Шадрин. — Новосибирск: НГАСУ, 2002. — Ч. 2: Технология гидромеханизации. — 64 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.68:15:681.5

Б. С. Головченко,
аспирант,

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса;

В. М. Гриняк,
канд. техн. наук, доцент,
ИАПУ ДВО РАН

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ О ДВИЖЕНИИ СУДОВ НА МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

INFORMATION SYSTEM FOR VESSELS TRAFFIC DATA CAPTURE

Статья посвящена решению задачи сбора данных о движении судов, необходимых для моделирования коллективного движения судов в исследовательских целях. Обсуждается возможность сбора данных с помощью радара, видеокамеры, приемника АИС и сайтов, отображающих положение судов. Показан практически реализованный способ сбора и обработки необходимых данных с открытого сайта www.marinetraffic.com. Рассмотрены возникающие при этом проблемы и их решение, демонстрируется результат работы информационной системы на примере акватории порта «Владивосток».

The paper is devoted to capture of vessel traffic data for numerical modeling in scientific research. Data capture from radar, video camera, GPS and special Internet sites is discussed. Data capture and data processing from www.marinetraffic.com are shown. Some problems and its solution are watched, information system working results with data from Vladivostok port are demonstrated.

Ключевые слова: управление движением судов, моделирование движения судна, АИС, траектория судна, обработка данных.

Key words: vessel traffic control, ship motion, AIS, ship trace, data processing.

Введение

Задача обеспечения безопасности коллективного движения судов в акватории морских портов оформилась в настоящее время как самостоятельный раздел науки об управлении. На практике она обеспечивается специализированными техническими средствами — системами управления движением судов (СУДС).

Модели, методы и алгоритмы, реализуемые современными СУДС, привлекают внимание большого количества исследователей. Разработка наиболее эффективных алгоритмов, обеспечивающих максимальную безопасность движения судов, является актуальной инженерной и научной проблемой [1–3; 4, с. 98–100; 5–7].

Вывод о применимости, эффективности и надежности того или иного метода обеспечения безопасности движения может быть сделан по результатам экспериментов. Постановка натурных экспериментов, связанных с движением судов, как правило, ведет к значительным временным, организационным и материальным затратам; нередко такие натурные эксперименты вообще неосуществимы. Поэтому, как в исследовательской работе, так и при отладке конкретных СУДС, зачастую прибегают к вычислительным экспериментам и моделированию движения судов [3, с. 11–14; 5, с. 65–70].

Моделирование движения в принципе решает задачу оценки работы алгоритмов в типичных ситуациях. Вместе с тем при отработке алгоритмов, связанных с коллективным движением, важно «проиграть» их работу в ситуациях, характерных для конкретной акватории. Простое моделирование траекторий движения судов, даже с привлечением экспертов (судоводителей, диспетчеров),

не может гарантировать полноту вычислительного эксперимента. Это является побудительным мотивом создания базы данных, хранящей ретроспективную информацию о реальном движении судов на той или иной акватории, и использования ее при изучении работы алгоритмов СУДС. Например, идея такого подхода использована авторами работы [2, р. 879–898].

Особенно важно использование данных о реальном движении судов при обучении интеллектуальных подсистем СУДС [6, с. 119–124]. Зачастую только таким способом можно обеспечить валидность их настраиваемых параметров.

Настоящая работа посвящена описанию информационной системы, используемой для сбора данных о движении судов в акватории морского порта в исследовательских целях. Система апробирована на акватории порта «Владивосток».

Способы сбора данных о движении судов

Для исследования задач коллективного движения судов требуются наборы данных, содержащие координаты нескольких судов, одновременно движущихся и оказывающих влияние на безопасность движения друг друга, то есть расположенных на одной акватории. Требуются непрерывные выборки данных продолжительностью порядка 1 ч и более с небольшим интервалом между положениями судов (не более 1–2 мин). Кроме того, учитывая типичные размеры судов, точность определения координат должна быть не хуже нескольких десятков метров [3; 7, с. 127–136]. Дополнительными важными для последующего анализа параметрами движения являются скорость и курс судна.

Данные о движении судов на конкретной акватории могут быть получены различными способами: с установленного на судне или берегу радара, с помощью визуального мониторинга (видеокамера) или от автоматической идентификационной системы (АИС).

Рассмотрим преимущества и недостатки каждого метода в отдельности.

Радар. Применение радара позволяет получать информацию обо всех объектах, находящихся в его зоне видимости, независимо от типа рассматриваемого судна и оборудования, работающего на нем. При этом точность получаемых данных зависит только от характеристик используемого радара, данные не могут быть искажены наблюдаемым судном. Зона, наблюдаемая радаром, определяется его местоположением, так как используемые для морской навигации радары работают только в пределах прямой видимости. Важным моментом при использовании радара является сложность обработки получаемых данных в условиях зашумленности: качество поступающих данных сильно зависит от погодных условий. Для сопряжения радара и компьютера используется радар-процессор [8].

Видеокамера. Использование видеонаблюдения в целях автоматического определения параметров движения судна требует решения чрезвычайно сложной задачи распознавания объектов на изображении (хотя подобная задача в значительно упрощенном виде решается и для обработки сигнала от радара). Видеонаблюдение, как и использование радара, ограничено местом расположения оборудования; кроме того, в отличие от радара, его невозможно применять в ночное время и при плохих метеоусловиях. Данный метод может рассматриваться только как теоретически возможный, но практически труднореализуемый и малополезный. Тем не менее видеонаблюдение может эффективно использоваться для визуального контроля движения судов в светлое время суток.

АИС. АИС (Автоматическая идентификационная система (*англ.* AIS Automatic Identification System)) — в судоходстве система, служащая для идентификации судов, их габаритов, курса и других данных с помощью радиоволн ОВЧ/УКВ-диапазона. Существуют два класса АИС. АИС класса А обеспечивает надежную передачу сообщений о своем судне другим судам с системой АИС благодаря особому, гарантирующему доставку пакетов информации протоколу. АИС класса В гарантируют, что вы получите информацию от приемника класса А, но не обещают, что другое судно «услышит» вас — только если на вас останется свободное место в протоколе передачи. В Международном регламенте радиосвязи закреплены для использования в целях АИС два канала: AIS-1 (87В — 161,975 МГц) и AIS-2 (88В — 162,025 МГц), которые должны использоваться

повсеместно, за исключением регионов с особым частотным регулированием. Пропускная способность каждого канала — до 2 тыс. сообщений в минуту. В соответствии с Конвенцией SOLAS 74/88 установка АИС является обязательной для судов водоизмещением свыше 300 регистровых тонн, совершающих международные рейсы, судов водоизмещением более 500 регистровых тонн, не совершающих международные рейсы, и всех пассажирских судов. Суда и яхты с меньшим водоизмещением могут быть оборудованы устройством АИС класса В. Передача данных осуществляется на международных каналах связи AIS 1 и AIS 2 в протоколе SOTDMA (*англ.* Self Organising Time Division Multiple Access). Применяется частотная модуляция с манипуляцией GMSK [9].

Для информации, передаваемой через АИС, существует строгая регламентация о периодах отправки данных о судне (см. табл. 1).

Таблица 1

Периоды отправки данных через АИС

Тип судна	Период отправки
Судно на якорю или в процессе швартовки, перемещающееся со скоростью не более 3 узлов	3 мин
Судно на якорю или в процессе швартовки, перемещающееся со скоростью более 3 узлов	10 с
Суда, идущие со скоростью до 14 узлов	3–10 с
Суда, идущие со скоростью от 14 до 23 узлов	2–6 с
Суда, идущие со скоростью свыше 23 узлов	2 с
Спортивные плавсредства	30 с

Использование информации от АИС имеет целый ряд очевидных преимуществ: относительная простота обработки информации о местоположении судов, высокая точность координат (точность определения координат по GPS составляет примерно 10 м), использование радиочастот, не требующих прямой видимости, радиус зоны покрытия зависит от высоты установки антенны и может составлять до 40 миль. Однако существует и ряд недостатков: не все суда оснащены устройствами АИС, в случае неисправности или преднамеренного вмешательства в работу оборудования АИС может выдавать неверные координаты судна, которые невозможно проверить. Кроме того, система АИС не позволяет получать информацию об иных плавучих объектах: айсберги, упавшие в воду грузы и другие представляющие опасность для мореплавания объекты.

В настоящее время, учитывая особенности каждого метода, управление портами осуществляется, как правило, с применением одновременно нескольких методов, что позволяет использовать преимущества каждого метода и нивелировать недостатки их отдельного применения. Вместе с тем задача моделирования движения в интересах научных исследований предъявляет меньшие требования к надежности и достоверности используемой информации, чем задача непосредственного управления движением, поэтому можно ограничиться использованием наиболее простого и доступного метода, которым является получение данных с АИС.

Сбор АИС данных о движении

Получение данных напрямую с АИС связано с проблемой приобретения или получения физического доступа к соответствующему оборудованию, что является сложной задачей для исследовательских коллективов, не имеющих налаженных творческих связей с промышленной средой, особенно на начальном этапе научной работы. Вместе с тем существуют интернет-сайты, которые публикуют в открытом доступе (или по подписке) информацию о движении судов, полученную через сеть приемников сигналов АИС (ряд сайтов позволяет любому владельцу приемника АИС передавать данные на их сайт с помощью специализированных программ). Использование таких сайтов позволяет полностью отказаться от использования реального оборудо-

дования, что дает ряд очевидных преимуществ: минимальные финансовые затраты на получение информации, отсутствие ограничений по местоположению оборудования для сбора данных, возможность получения информации о сотнях портов по всему миру. Из недостатков стоит отметить: негарантированность постоянной работы сервиса, небольшая частота обновления информации (порядка 1–5 мин).

Примерами таких сайтов являются www.marinetraffic.com, www.vesseltracker.com, www.vesselfinder.com, shipfinder.co. Указанные сайты достаточно похожи по предоставляемой информации (это обусловлено единым основным источником информации, которым является передатчик АИС) и реализации со стороны клиента, однако различаются как зоной охвата (определяемой источниками информации), так и условиями получения информации (определяется лицензией).

Рассмотрим каждый сайт более подробно.

www.vesseltracker.com — для просмотра положений судов требуется регистрация (что осложняет автоматическую загрузку данных), кроме того, при бесплатной регистрации доступна информация только по пассажирским судам, что делает данный сайт малоприменимым для сбора необходимых данных.

www.vesselfinder.com — информация представлена в свободном доступе, однако на данном сайте нет информации о судах, находящихся в портах Дальнего Востока России.

shipfinder.co — информация представлена в свободном доступе, зона покрытия аналогична сайту www.vesselfinder.com.

www.marinetraffic.com — информация представлена в свободном доступе, зона покрытия включает в себя порт «Владивосток» (является в настоящий момент основным исследуемым объектом авторов), «Находка» (данные не всегда доступны) и «Советская Гавань». К сожалению, другие порты Дальнего Востока не представлены.

Учитывая зону покрытия и условия предоставления информации, в качестве основы разработанной системы сбора данных был выбран сайт www.marinetraffic.com, который позволяет получать данные бесплатно и без регистрации. Кроме того, данные с этого сайта включают в себя достаточно много служебной информации о судне (название, флаг, длина и MMSI номер). Сбор данных с сайта и обработка их до вида, пригодного для моделирования движения судов, являются основными задачами разработанной информационной системы.

Рассмотрим сайт www.marinetraffic.com более подробно (рис. 1).

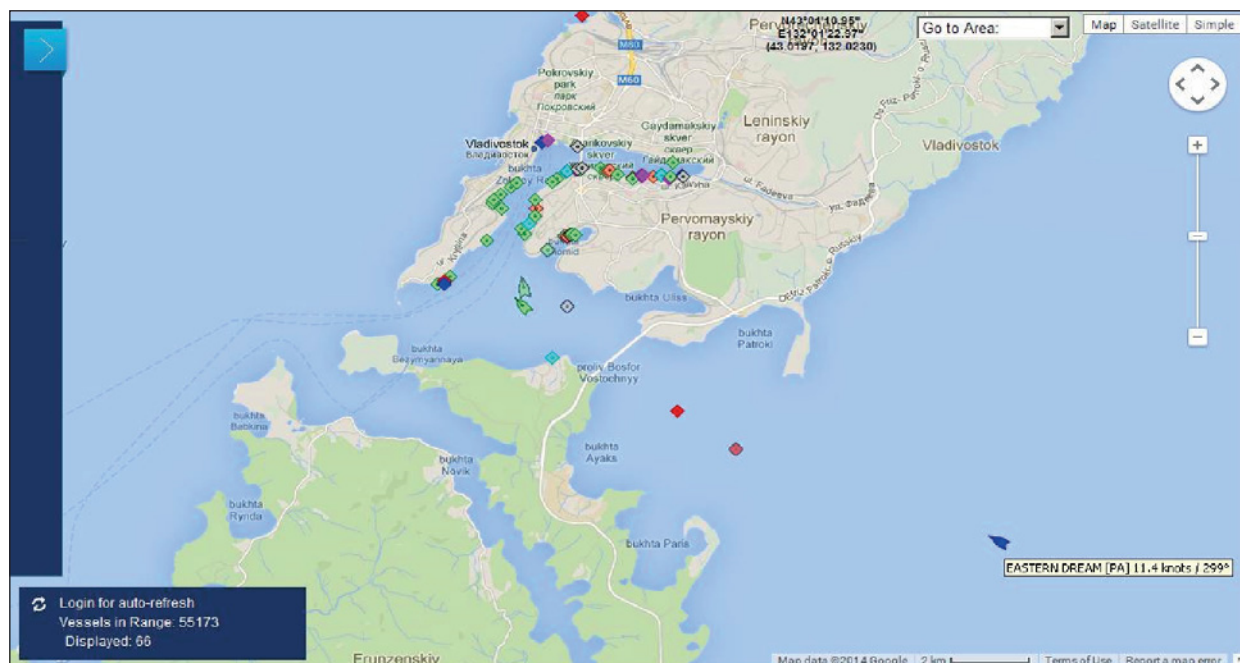


Рис. 1. Акватория порта «Владивосток»,
отображаемая сайтом www.marinetraffic.com

Сайт в наглядном виде предоставляет информацию о судах, находящихся в зоне действия приемников АИС, которые передают информацию на его серверы. На странице с картой (в качестве основной карты используется Google Map) можно выбрать любой интересующий нас регион, однако данные по судам доступны далеко не для всех портов (например, порты залива Петра Великого «Славянка» и «Зарубино» на данном сайте не представлены, порт «Находка» доступен не всегда). Информация на сайте обновляется достаточно редко: намного реже указанных в табл. 1 обязательных периодов отправки данных. Кроме того, информация по каждому судну дается с указанием возраста данных в минутах от текущего момента. Это приводит к тому, что данные, полученные в одном сеансе диалога с сайтом, могут относиться для разных судов к разным моментам времени (например, может быть указано, что информация о судне «1» получена 5 мин назад, а о судне «2» — 3 мин назад). Эта особенность делает такую информацию непригодной для использования без предварительного ее накопления и обработки. Кроме того, на сайте явно указано, что информация с сайта не может быть использована для нужд обеспечения безопасности движения судов, так как не обладает необходимой полнотой и актуальностью. Тем не менее данные с данного сайта достаточно точны для применения в задачах моделирования коллективного движения судов в исследовательских целях [1, р. 257–270; 3; 7].

К сожалению, указанный сайт также не обладает публичным интерфейсом для загрузки данных о судах. Поэтому для сбора данных потребовалось разработать специальный программный модуль. Программа анализирует запросы, на базе которых браузер отображает карту с находящимися на ней судами. В ходе анализа был установлен минимальный набор запросов, позволяющий получить информацию о судах, находящихся на определенной акватории.

Работа информационной системы

Данные, получаемые с сайта системой, представляют собой запись следующего вида:

[... ,
[43.06146, 131.7068, «NADEZHDA», 9, 30, 21, «RU», 273199300, 109, 1],
[43.021, 131.7477, «NEKSU», 7, 266, 12, «MN», 457073000, 66, 3],
[43.07449, 131.7513, «VLADIMIR VYSOTSKIY», 8, 37, 72, «RU», 273152400, 152, 4],
...].

Запись — это строка, для акватории порта «Владивосток» она содержит информацию в среднем о 80 судах и ее длина около 5500 символов.

Сопоставляя информацию, отображаемую на сайте, был определен формат полученных данных:

43.06146 — широта координаты судна в десятичных долях,
131.7068 — долгота координаты судна в десятичных долях,
«NADEZHDA» — название судна,
9 — тип судна,
30 — курс судна,
21 — скорость судна указана в узлах, умноженных на 10,
«RU» — флаг судна,
273199300 — MMSI идентификатор судна,
109 — длина судна в метрах,
1 — возраст данных в минутах от текущего момента.

Объем собираемых данных можно оценить следующим образом. Данные загружаются каждую минуту, что составляет $24 \cdot 60 \cdot 30 = 43\,200$ записей в месяц. Средний размер записи по акватории, например порта «Владивосток», около 5 КБ. Таким образом, за месяц собираются данные объемом примерно 220 МБ. Такой объем данных вполне может быть обработан обычной настольной рабочей станцией без необходимости привлечения дорогого серверного оборудования.

Разработанная система сбора данных реализует разделение процедур сбора данных с сайта и загрузки их в базу данных. Это позволяет решить ряд технических задач функционирования си-

стемы: отслеживание изменения формата данных, их недоступности, объединение данных, загруженных разными серверами, сохранение полной исходной информации на случай необходимости повторной обработки.

Полученные данные о судах проходят обработку для приведения к истинным временным отметкам (с точностью до минуты). При этом отбрасывается множество дублирующихся данных, которые возникают, например, если с сайта в первую минуту получена информация с возрастом в 2 мин, а во вторую минуту — информация об этом же судне с возрастом в 3 мин. В этом случае обе записи относятся к одному и тому же моменту времени и соответственно не несут никакой дополнительной информации. Статистика, собранная за сентябрь 2012 г., показала, что из примерно 1 600 000 записей с информацией о положении судна, лишь 512 000 (примерно треть) являются уникальными.

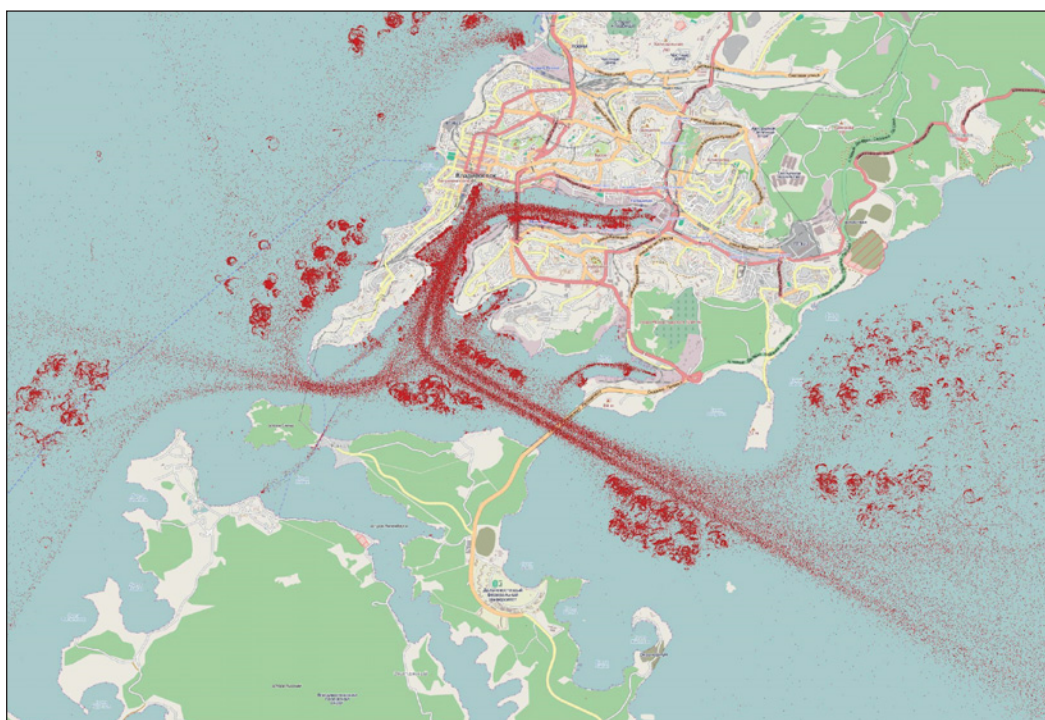


Рис. 2. Данные о движении судов в акватории порта «Владивосток» летом 2013 г.

Заключение

К настоящему времени авторами собраны данные по движению судов на акватории порта «Владивосток» осенью-зимой 2012 г. и за 2013 г. (рис. 2). Имеется возможность использования системы для сбора данных по другим акваториям. Данные представляют собой исключительную ценность для проведения исследований в области управления коллективным движением судов.

Список литературы

1. *Tam C. K.* Collision risk assessment for ships / C. K. Tam, R. Bucknall // *J. of Marine Science and Technology*. — 2010. — Vol. 15, № 3.
2. *Silveira P. A. M.* Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal / P. A. M. Silveira, A. P. Teixeira, S. G. Guedes // *J. of Navigation*. — 2013. — Vol. 66, № 6.

3. Гриняк В. М. Распознавание опасных ситуаций системами управления движением судов / В. М. Гриняк, Б. С. Головченко, В. Н. Малько // Транспорт: наука, техника, управление. — 2011. — № 8.
4. Некрасов С. Н. Оценка и прогнозирование опасных навигационных ситуаций / С. Н. Некрасов, И. В. Капустин, М. С. Старов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 2.
5. Мироненко А. А. Модель программного движения судна в стесненных водах / А. А. Мироненко // Мехатроника, автоматизация, управление. — 2013. — № 2.
6. Гриняк В. М. Нечеткое сопровождение траектории движения судна / В. М. Гриняк, М. В. Трофимов // Журнал университета водных коммуникаций. — 2012. — № 1.
7. Девятисильный А. С. Прогнозирование опасных ситуаций при управлении движением на море / А. С. Девятисильный, В. М. Гриняк // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 2004. — № 3.
8. Техническое описание радар-процессоров — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.ipmce.ru/custom/navigation/radar-process>
9. Маринич А. Н. Судовая автоматическая идентификационная система АИС / А. Н. Маринич. — М.: Судостроение, 2004. — 180 с.

УДК 004.9:629.012:629.5.01

А. А. Матвеев,
аспирант,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ

SOFTWARE AND INTRODUCTION STAGES OF ORGANIZATIONAL-TECHNICAL COMPLEXES OF SHIPS PROJECTION

Статья посвящена анализу организационно-технических комплексов проектирования судов. Рассмотрены основные этапы внедрения программного обеспечения.

The article is devoted to the analysis of the organizational-technical complexes of ships projection. Describes the main stages of the introduction of the software.

Ключевые слова: AVEVA, внедрение, программный комплекс.

Key words: AVEVA, introduction, application software.

РАЗВИТИЕ информационных технологий способствует созданию новых методов, позволяющих коренным образом перестраивать процессы производства. В современном мире конкурентных гонок необходимо использовать самые последние разработки программного обеспечения, чтобы быть в числе лидеров в выбранной области производства [1].

Рассмотрим программные комплексы, которые стоят на вооружении инженеров и программистов, системных администраторов и специалистов проектирования судов, а также этапы их внедрения.

Существует огромное количество различных программных комплексов, способных так или иначе решать подобные задачи. Используют такие программы, как SolidWorks от компании “SolidWorks Russia”, AutoCAD от компании “Autodesk”, AVEVA Marine от компании “AVEVA”, T-FLEX CAD 3D, Ship Plus и многие другие.

Все программное обеспечение для проектирования судов можно разделить на три категории:

- высокая цена;
- слабый интерфейс и техническая поддержка;
- слишком широкий круг использования и невозможность строгой ориентации по конкретному направлению.

Исходя из этого, рассмотрим подробно программный комплекс AVEVA Marine от компании “AVEVA”, так как он наиболее полно отвечает современным требованиям по проектированию. Он попадает в категорию продуктов с высокой ценой за одну лицензию, однако его цена наиболее приемлема по сравнению с другими продуктами из этой категории. Техническая поддержка, оказываемая бесплатно, очень грамотная и позволяет решить не только проблемы запуска программы, но и задачи оптимизации среды на программном уровне. Данный продукт является ориентированным и подходит только для проектирования судов. Как сообщается на сайте [2], компания “AVEVA” уже почти полвека является мировым лидером среди разработчиков решений для проектирования и управления проектами в нефтегазовой и энергетической промышленности и судостроении. Компания “AVEVA” остается в лидерах благодаря использованию инновационных технологий и поиску новых решений для упрощения процессов проектирования и управления проектами. Цель “AVEVA” — объединить все специальности по проектированию, добиться полноценной интеллектуальной модели и обеспечить управление информацией по объекту проектирования. Подобный подход позволяет пользователям добиваться максимальной эффективности производства, сокращая риски, временные и финансовые затраты.

Продукция компании охватывает такие секторы рынка, как [3]:

- нефтегазовая отрасль;
- судостроение;
- энергетика;
- химическая отрасль.

AVEVA Marine является комплексом интегрированных между собой программных решений для проектирования судов. Комплекс соединяет воедино все проектные направления и позволяет вести работу в единой базе данных для всех инженеров. Изменения проекта можно увидеть в режиме реального времени, не отходя со своего рабочего места, просто нажав на необходимую кнопку в интерфейсе программного комплекса.

Данный продукт включает в себя следующие модули [4]:

- AVEVA NET — приложение для управления жизненным циклом судна;
- приложение для создания и сглаживания формы корпуса, деления судна на отсеки, гидростатического и гидродинамического анализов — AVEVA Initial Design;
- AVEVA Hull Structural Design — приложение для начального создания конструкции корпуса;
- приложение для проектирования и подготовки документации, необходимой для постройки корпуса судна AVEVA Hull Detailed Design;
- AVEVA Hull Drafting — приложение для автоматического создания из базы данных модели чертежей корпуса, а также для создания двухмерного чертежа;
- приложение для разработки схем (P&ID) AVEVA Marine Diagrams;
- AVEVA P&ID 3D Integrator — приложение для обеспечения соответствия данных в схемах (P&ID) с трехмерной моделью;
- приложение для проектирования узлов крепления AVEVA MultiDiscipline Supports;
- приложение для создания схем прокладки кабелей AVEVA Cable Design;

- AVEVA Room Design — приложение для проектирования судовых помещений;
- приложение для работы с облаком точек, полученных путем лазерного сканирования и проверки модели AVEVA Laser Model Interface;
- AVEVA Pipe Stress Interface — приложение обмена информацией;
- приложение для поиска и устранения коллизий AVEVA Clash Manager;
- AVEVA Assembly Planning — приложение для определения последовательности производственной сборки путем разработки стратегии постройки судна и последующего определения поэтапной сборки отдельных узлов;
- приложение для получения высокоточной информации по сварке AVEVA Hull Weld Planning.

AVEVA Marine — один из немногих программных комплексов, представленных на рынке, предоставляет возможность совместной работы всех специалистов в одной среде, что очень важно.

Работа по проектированию в единой среде должна строиться с соблюдением иерархии проектирования:

- создание схемы трубопроводов, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- передача данных в 3D модель;
- проектирование трубопроводов, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в 3D модели;
- проектирование корпуса судна и металлоконструкций;
- проектирование кабельных лотков;
- трассировка кабелей;
- получение чертежей, спецификаций и отчетов;
- авторский надзор.

Работа без соблюдения последовательности проектирования или несогласованное проектирование приведет к большому количеству коллизий, потерям времени и денег на их устранение.

Поэтому сквозное последовательное проектирование позволяет исключить коллизии. Поскольку программный комплекс AVEVA Marine позволяет автоматически выпускать чертежи и формировать различные спецификации, он становится незаменимым инструментом современных проектных институтов по всему миру (рис. 1).

Как и любой программный комплекс, данная среда поставляется в ненастроенном виде. В организации, которая принимает решение внедрять программный комплекс, работа делится на этапы [5] (рис. 2):

- обследование;
- разработка технического задания;
- настройка системы (программного продукта);
- тестирование системы;
- отладка системы;
- опытная эксплуатация;
- интеграция;
- промышленная эксплуатация.

Под этапом обследования подразумевается диагностика на предприятии всех бизнес-процессов, которые будет охватывать будущая система.

На втором этапе внедрения программного продукта — разработка технического задания. Техническое задание включает в себя описание всех справочников системы, всех алгоритмов расчета, отчетных форм, пользователей и описание разграничения прав доступа пользователей [6, с. 58–61].

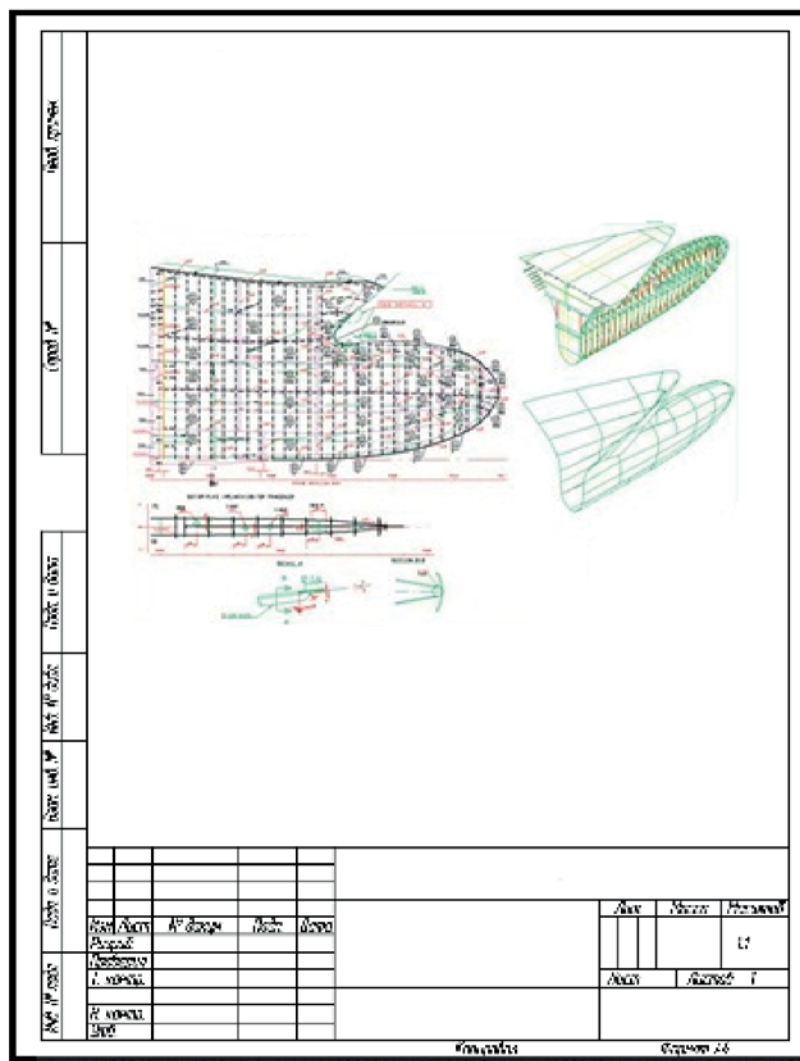


Рис. 1. Пример чертежа, сформированного AVEVA Marine

На этапе настройки системы работа представляет собой совместный труд выделенной группы инженеров, программистов и администраторов. Для настройки выбирается пилотный проект, как правило, уже реализованный в другом программном комплексе. Этот шаг необходим для предотвращения порчи рабочего проекта во время настроек и рисков потери данных [7, с. 67–73; 8, с. 54–61]. Данный этап включает в себя сбор требований, настройку каталогов, доработку программы на языках программирования, а также изучение возможностей программного комплекса.

Инженеры составляют требования в соответствии с ГОСТами и внутренними регламентами работы.

Администраторы программного комплекса подразделяются на администраторов-программистов и администраторов каталогов.

Работа администраторов-программистов заключается в настройке прав доступа, создании макросов и программных доработок на языках программирования RML и C#, настройке штатных функций, техподдержке. Администраторы каталогов обеспечивают заведение каталожных элементов в базу данных для их последующего использования при создании 3D моделей судов, с последующим получением автоматических чертежей, спецификаций и проектной документации.

На этапе тестирования основная работа ложится на плечи инженеров. Их задача — максимально досконально проверить настройки системы. Инженеры составляют требования и по истечении этапа тестирования предоставляют его руководству. Руководство корректирует при-

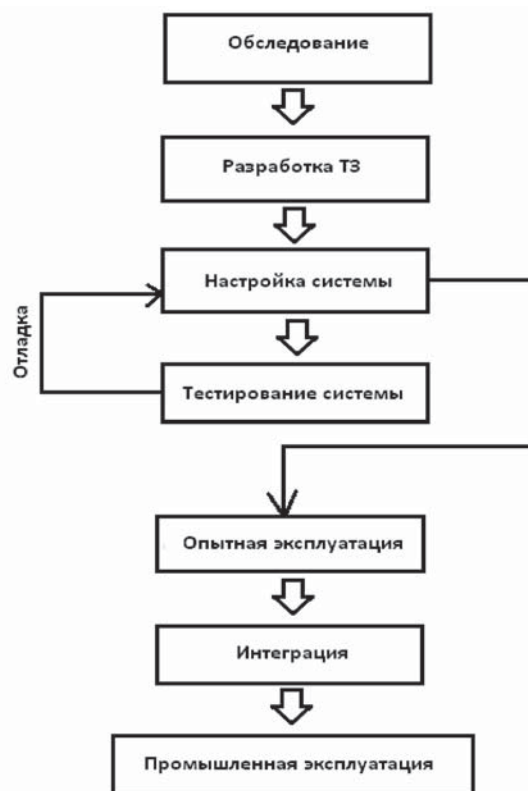


Рис. 2. Работа по внедрению

оритетность и передает требования администраторам программного комплекса. Работа проектировщиков заключается в создании интеллектуальной модели в модуле Design (рис. 3).

На этапе отладки все требования анализируются и принимается решение о возможности или невозможности их реализации. По тем требованиям, которые получили положительное решение, ведется работа со стороны администраторов.

На этапе опытной эксплуатации работа в системе осуществляется на рабочем проекте. Именно на этом этапе начинается реальное использование программного комплекса в коммерческих целях и для нужд инженеров в их непосредственной деятельности.

На этапе интеграции работа инженеров идет в штатном режиме, но администраторы и программисты занимаются созданием связей различных программных продуктов с внедренным программным комплексом AVEVA Marine для ускорения получения рабочих чертежей и подсчетов, а также для сокращения общего времени выполнения проекта.

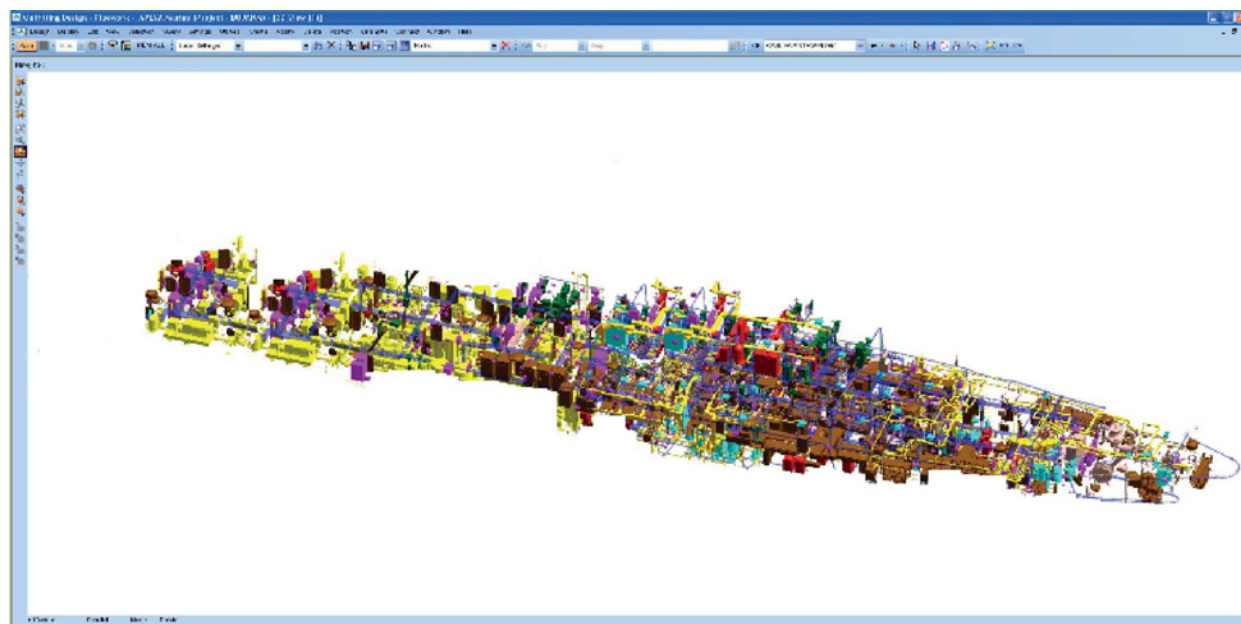


Рис. 3. Модуль Design

На этапе промышленной эксплуатации работа инженеров совершается в основном в окне 3D вида в модуле Design (рис. 3) и направлена на получение рабочих чертежей и спецификаций. Администраторы заняты поддержкой работоспособности. Программное обеспечение работает как один связный организм.

Чтобы оценить примерное время внедрения программного комплекса, включая его интеграцию в крупной организации, необходимо проводить детальный анализ поставленных задач. Однако примерные сроки внедрения займут от 3 до 5 лет, в зависимости от ресурсов организации, человеческого фактора, экономической обстановки в компании и внешних и неучтенных факторов. На сегодняшний день программные комплексы AVEVA Marine в Санкт-Петербурге используются в таких крупных организациях, как «Адмиралтейские верфи», ЦКБ «Алмаз», «Айсберг», «Конкорд». На базе этого программного комплекса спроектировано множество различных типов судов.

Список литературы

1. *Нырков А. П.* Автоматизация и информационные технологии — от постановки до ввода в эксплуатацию: моногр. / авт. кол.: А. П. Нырков, С. С. Соколов [и др.]. — Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2013. — 216 с.
2. О Компании — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.aveva.com/ru-RU/About_AVEVA.aspx — Загл. с экрана.
3. Секторы рынка — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.aveva.com/ru-RU/Industry_Sectors.aspx — Загл. с экрана.
4. Aveva Marine — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.aveva.com/~media/Aveva/Russian-RU/Brochures/AVEVA%20Marine.aspx> — Загл. с экрана.
5. Основные этапы внедрения программных продуктов — [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.bestconsult.ru/soft_b.php — Загл. с экрана.
6. *Нырков А. П.* Методика проектирования безопасных информационных систем на транспорте / А. П. Нырков, А. В. Башмаков, С. С. Соколов // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2010. — № 3.
7. *Нырков А. П.* Модели, алгоритмы и программное обеспечение минимизации рисков мультимодальных перевозок / А. П. Нырков, А. А. Нырков // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — Вып. 1.
8. *Нырков А. П.* Контроль целостности данных при мониторинге транспортных средств / А. П. Нырков, Н. Ю. Вайгандт // Журнал университета водных коммуникаций. — 2013. — № 1 (17).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абулатипов М. А., руководитель ФГУ «Администрация морских портов Каспийского бассейна»

Алексеева Е. Г., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»
ket-331@yandex.ru

Андрианов Е. Н., кандидат технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»
andrianoven@gumrf.ru

Анненков Л. В., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»
annenkov89@mail.ru

Басов Е. А., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»
Basov-evgeny@yandex.ru

Башкирев О. О., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»
olegolegovich@inbox.ru

Безпальчук С.Н., заведующий лабораторией,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
ualaes@mail.ru

Белецкий Е.Н., кандидат технических наук,
ОАО «Концерн» НПО «Аврора»,
familyen@mail.ru

Буров В. В., академик РАЕН, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

Васильев К.Г., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
krrrrrill@mail.ru

Галанкин Л. Н., доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»
galankinln@yandex.ru

Галин А. В., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
alvgal@mail.ru

Гарибин П. А., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kaf_gsk@gumrf.ru

Головков С. А., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Головченко Б. С., аспирант,
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Boris.Golovchenko@vvsu.ru

Гриняк В. М., кандидат технических наук, доцент,
Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
Viktor.Grinyak@vvsu.ru

Иванов А. Н., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Иванченко А. А., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Карташов М. В., заместитель декана факультета высшего профессионального образования,
Каспийский институт морского и речного транспорта — филиал ФБОУ ВПО «Волжская
государственная академия водного транспорта»
mwkart@gmail.com

Кожухов И. В., кандидат географических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Колосов М. А., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Кузнецов С. Е., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
saees@mail.ru

Лукина Е. А., кандидат технических наук, доцент,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»
evair@yandex.ru

Макуров В. А., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Маликова Т. Е., кандидат технических наук, доцент,
ФБОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского»
Tanmalik@mail.ru

Матвеев А. А., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kaf.koib@gmail.com

Моргунов К. П., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
MorgunovKP@gumrf.ru

Морозов А. Н., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
moroaleksandr@yandex.ru

Москаленко М. А., доктор технических наук, профессор,
ФБОУ ВПО «Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского»

Наумова А. К., заведующий сектором учебного отдела,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
alya_naumova@mail.ru

Петров В. М., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
tribotex@narod.ru

Потехина Е. В., доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
kaf_tm@gumrf.ru

Селиверстов С. А., научный сотрудник,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем транспор-
та им. Н. С. Соломенко»
amuanator@rambler.ru

Субботин М. В., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»

Сухотерин М. В., доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
mv@sukhoterin.com

Труднев С. Ю., старший преподаватель,
ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный технический университет»
trudnev@mail.ru

Филлипова Д. А., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
more001@yandex.ru

Фирсов Ю. Г., кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
gidrograph@mail.ru

Чебан Е. Ю., кандидат технических наук, доцент,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»
chebang@yandex.ru

Щенников И. А., аспирант,
ФГБОУ ВПО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С. О. Макарова»
ivanschennikov@yandex.ru

Этин В. Л., доктор технических наук,
ФБОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»
etinv@yandex.ru

Научное периодическое издание

Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Выпуск 2 (24)

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 23.04.14. Формат 60х90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 9,9. Тираж 500 экз. Заказ № 40

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