

# ВІСНИК

ОДЕСЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
МОРСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ

40

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**ВІСНИК  
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Збірник наукових праць*

**ВИПУСК 1 (40)**

*Заснований у червні 1997 року*

**Одеса – 2014**

**ОДЕСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ВІСНИК**  
**ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

№ 1(40)  
2014

Заснований у червні 1997 року

Виходить 4 рази на рік

Свідоцтво Міністерства юстиції України  
про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 17536-6286 Р від 11.02.2011 р.

**УДК 629.12.002(082)**

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових  
видань України, в яких можуть публікуватися результати  
дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів  
доктора і кандидата наук  
(Постанова ВАК № 1-05/1 від 26.01.11)

Засновник і видавець:  
внз «Одеський національний морський університет»  
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34

**Редакційна колегія:**

д-р економ. наук, проф. **І.В. Морозова** – відп. редактор  
канд. техн. наук, доц. **О.В. Демідюк** – заст. відп. редактора  
**Г.І. Силакова** – відповід. секретар

д-р техн. наук, проф.	<b>Вассерман О.А.</b>	д-р економ. наук, проф.	<b>Лапкіна І.О.</b>
д-р техн. наук, проф.	<b>Гришин В.О.</b>	д-р фіз.-мат. наук, проф.	<b>Андронов І.Л.</b>
д-р техн. наук, проф.	<b>Єгоров Г.В.</b>	д-р економ. наук, проф.	<b>Постан М.Я.</b>
д-р техн. наук, проф.	<b>Євдокімов В.Д.</b>	д-р техн. наук, проф.	<b>Івановський В.Г.</b>
д-р техн. наук, проф.	<b>Іванченко О.О.</b>	д-р техн. наук	<b>Дульнев О.І.</b>
	<b>(Росія)</b>		<b>(Росія)</b>
д-р техн. наук, проф.	<b>Руденко С.В.</b>	д-р техн. наук, проф.	<b>Козляков В.В.</b>
д-р техн. наук, проф.	<b>Дубровський М.П.</b>	д-р техн. наук, проф.	<b>Сизов В.Г.</b>
д-р економ. наук, проф.	<b>Махуренко Г.С.</b>	д-р техн. наук, проф.	<b>Яровенко В.О.</b>

**Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеського національного морського університету  
(протокол № 4 від 27 листопада 2013 р.)**

Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей.  
Висловлені у цих статтях думки можуть не збігатися з точкою зору редакційної колегії,  
не покладають на неї ніяких зобов'язань.

Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

## ЗМІСТ

### ВЧЕНІ

#### ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**Стальниченко Олег Іванович:**

к 75–летию со дня рождения ..... 5

#### ПРОЕКТУВАННЯ СУДЕН

**Егоров Г.В., Егоров А.Г.**

Перспективы танкеров типа «Волгонефть» проектов 558/550  
и 1577/550А ..... 8

**Егоров Г.В., Тонюк В.И., Егоров А.Г.**

Обоснование концептов новых пассажирских  
и грузопассажирских судов для Архангельской области ..... 37

#### БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА, МІЦНІСТЬ СУДЕН ТА СПОРУД

**Гришин В.А., Гришин А.В., Сипливец А.А.**

Крепление откосов котлованов ..... 61

**Нильва В.А.**

Оценка несущей способности корпуса нефтеналивного судна  
смешанного плавания при потере части продольных связей ..... 72

#### ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДЕН ТА СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

**Бурмака И.А., Худенко Н.П.**

Использование регрессионного анализа для обработки данных  
поворотливости судна ..... 83

**Яровенко В.А., Зарицкая Е.И.**

Способ оценки нагрузок на гребные электрические установки  
электроходов при циркуляционном движении ..... 89

#### ПОРТИ ТА ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ

**Doubrovsky M., Petrosian V., Kaluzhnaya V., Vargin M.**

Black and Azov Seas – Bulk Freight Prospects for Ukraine’s  
and Russia’s Ports ..... 104

**Магамадов А.Р., Русанова С.С.**

Теория и методы оценки конкурентоспособности портов ..... 119

**Мурад’ян А.О.**

Методика узгодження параметрів і оптимізації процесу перевалки  
вантажів в загальнотранспортних вузлах ..... 127

**Дидур Л.С.**

Коррозионное воздействие как существенный фактор технической  
эксплуатации портовых причальных сооружений типа «Больверк» ..... 136

**УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ**

<b>Олех Т.М., Гловацкая С.Н., Руденко С.В.</b> Метод многомерного факторного анализа для оценки степени достижимости стратегических целей в ССП .....	145
<b>Кириллова Е.В.</b> Теоретико-множественный подход к формализации логических отношений между понятиями «транспортная», «транспортно-технологическая» и «логистическая» системы .....	153
<b>Piterskaya V.</b> Method of transportation system capacity determination considering cargo flow forecasting .....	176
<b>Сударев В.О., Мурад'ян А.О.</b> Обґрунтування підходу до формування транспортно-логістичних ланцюгів у змішаному сполученні .....	183
<b>Rudenko E.</b> Method of determining the risk of an emergency situation at the facilities of port infrastructure .....	197
<b>Чернова Л.С.</b> Инвестиционное планирование как один из методов антикризисного управления проектами на наукоемких предприятиях .....	207
<b>Меркт Р.В., Челабчи В.М., Челабчи В.В., Кукішев І.А.</b> Обчислювальний експеримент. Динаміка систем .....	214
<b>Колесникова Е.В.</b> Моделирование структур управления программами проектов в организационно-технических системах .....	228
<b>АВТОРИ ЗБІРНИКА</b> .....	236



**СТАЛЬНИЧЕНКО  
ОЛЕГ ИВАНОВИЧ**

**К 75–летию со дня рождения**

Двадцатого марта 2014 г. исполнилось 75 лет со дня рождения и 45 лет научно-педагогической деятельности ветерана нашего университета кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника народного образования Украины Олега Ивановича Стальниченко.

Он родился в селе Дальнее Кушнирово Одесской области в семье рабочего. В 1956 г. поступил на судомеханический факультет ОИИМФ, а в 1959 г. перешёл на вечернее отделение и начал свою трудовую деятельность в научно-исследовательском секторе ОИИМФ в должностях лаборанта и мастера.

Окончив институт в 1963 г., Олег Иванович ряд лет посвятил преподавательской и комсомольской работе. Сначала он трудился в Одесском мореходном училище технического флота, затем стал первым секретарём Жовтневого райкома ЛКСМУ, а в итоге – первым секретарём Одесского городского комитета комсомола. Однако, получив фундаментальное инженерное образование в ОИИМФ, он стремился к научной деятельности и в 1970 г. поступил в аспирантуру Одесского политехнического института.

УЧЕНЫЕ  
ОДЕССКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО МОРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

---

Окончив аспирантуру, О.И. Стальниченко в 1974 г. вернулся в ОИИМФ на кафедру автоматике и вычислительной техники, где проработал восемь лет в должностях преподавателя, старшего преподавателя и доцента. На этой кафедре он завершил под научным руководством профессора Игоря Дмитриевича Коноплева кандидатскую диссертацию «Исследование теплонпряжённого состояния дисков судовых газовых турбин методом математического моделирования», которую успешно защитил в 1975 г. в ОИИМФ. В 1980 г. Олегу Ивановичу было присвоено учёное звание доцента.

С 1982 г. научно–педагогическая деятельность Олега Ивановича успешно протекает на кафедре технологии материалов нашего университета, которую он возглавляет с 1985 г. по настоящее время. Он приложил большие усилия по совершенствованию учебной и лабораторной базы кафедры и по развитию уникальных учебных мастерских, являющихся важной составной частью кафедры.

В 1978 г. Олег Иванович был избран секретарём партийного комитета института и возглавлял его на протяжении пяти лет. В 1983 г. он стал проректором по международным связям и обеспечил укрепление и развитие международных контактов ОИИМФ. В частности, по его инициативе расширилось сотрудничество с морскими организациями и высшими учебными заведениями Республики Куба и Китайской Народной Республики. В этих странах он читал лекции выпускникам советских морских учебных заведений и производственникам. По его инициативе Министерство транспорта Республики Куба приобрело разработанную в ОИИМФ О.И. Стальниченко и Т.Г. Кравцовым эффективную технологию восстановления деталей судовых механизмов.

На протяжении 17 лет (с 1989 по 2006 г.) Олег Иванович был проректором университета по научной работе. В это достаточно сложное время, когда резко уменьшилась возможность проведения научно-исследовательских работ на хоздоговорных условиях, он приложил большие усилия для поддержания должного уровня научных исследований в университете. Он ежегодно добивался значительного госбюджетного финансирования по линии Министерства образования и науки Украины. В 2002 г. на базе научно-исследовательского отдела университета по инициативе О.И. Стальниченко был организован институт фундаментальных и прикладных исследований, директором которого он был до 2006 г.

В 1998-1999 годах Олег Иванович кратковременно работал в Киеве в должности советника счётной палаты Верховного Совета Украины. В этот период он не порывал тесной связи с университетом, продолжал заведовать кафедрой технологии материалов и активно занимался представлением нашего университета к статусу национального.

УЧЕНЫЕ  
ОДЕССКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО МОРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

---

---

О.И. Стальниченко успешно совмещает большую организационную работу с научной и педагогической деятельностью. Он опубликовал свыше 150 научных и учебно-методических работ, в том числе 6 монографий и 2 учебников по технологии материалов. Эти учебники используются преподавателями и студентами не только ОНМУ, но и других вузов, и получили заслуженное признание специалистов. Он получил 11 авторских свидетельств на изобретения и патентов.

За успехи в научной работе и подготовку высококвалифицированных специалистов для морского флота О.И. Стальниченко в 1980 г. награждён Министром морского флота СССР значком «Почётному работнику морского флота». В 1987 г. награждён медалью «Ветеран труда». В 1998 г. указом Президента Украины ему присвоено почётное звание «Заслуженный работник народного образования Украины». Он также награждён в 2001 г. Почётной грамотой Кабинета Министров Украины.

О.И. Стальниченко добился разрешения и руководил восстановлением в ОИИМФ домово́й церкви, существовавшей в течение многих лет при институте благородных девиц. За это он в 2002 г. был награждён Украинской Православной Церковью Московского Патриархата орденом Преподобного Ильи Муромца.

Коллектив Одесского национального морского университета сердечно поздравляет глубокоуважаемого Олега Ивановича со славным юбилеем и желает ему крепкого здоровья и многих лет дальнейшей плодотворной научно-педагогической деятельности.



УДК 629.12

Г.В. Егоров, А.Г. Егоров

**ПЕРСПЕКТИВЫ ТАНКЕРОВ  
ТИПА «ВОЛГОНЕФТЬ» ПРОЕКТОВ 558/550 И 1577/550А**

*Выполнен анализ происшедших с 1991 года по 2012 год 169 аварийных случаев с «Волгонефтями» пр. 550, 550А, 558, 1577. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 20 лет с пиком аварий для судов возрастом 30 лет. Главной экологической проблемой судов типа «Волгонефть» являются наличие высоты второго дна, не удовлетворяющей требованиям МК МАРПОЛ, избыточные длины грузовых танков и отсутствие отстойных танков. По сути, эти суда не должны работать в море на перевозках тяжелой нефти и нефтепродуктов, т.е. грузов с плотностью 0,900 т/куб. м и более, уже с 2008 года. Показано, что только три судна проектов 1577/550А были полностью приведены к международным требованиям по экологической безопасности. Предложено несколько вариантов решения проблемы, которые смогут «сгладить» ситуацию переходного периода. Но в долгосрочном плане обеспечение устойчивых безопасных перевозок нефти и нефтепродуктов на танкерах смешанного река-море плавания возможно только за счет нового судостроения.*

**Ключевые слова:** суда внутреннего плавания, суда смешанного река-море плавания, нефтеналивное судно, «Волгонефти», анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность.

*Виконаний аналіз 169 аварійних випадків з «Волгонафтами» пр. 550, 550А, 558, 1577, які трапилися з 1991 року по 2012 рік. Виявлені основні небезпеки, які привели як до аварій, так і до катастроф. Спостерігається стійкий ріст аварійності для суден старше 20 років з піком аварій для суден віком 30 років. Головною екологічною проблемою суден типу «Волгонафта» є наявність висоти другого дна, що не задовольняє вимогам МК МАРПОЛ, надлишкові довжини вантажних танків і відсутність відстійних танків. По суті, ці судна не повинні працювати в морі на перевезеннях важкої нафти й нафтопродуктів, тобто вантажів із щільністю 0,900 т/куб. м і більше, уже з 2008 року. Показано, що тільки три судна проектів 1577/550А були повністю приведені до міжнародних вимог по екологічній безпеці. Запропоновано декілька варіантів розв'язку проблеми, які зможуть «згладити» ситуацію перехідного періоду. Але в довгостроковому плані забезпечення стійких безпечних перевезень нафти й нафтопродуктів на танкерах змішаного ріка-море плавання можливо тільки за рахунок нового суднобудування.*

**Ключові слова:** судна внутрішнього плавання, судна змішаного ріка-море плавання, нафтоналивне судно, «Волгонафти», аналіз ризику, безпеки, збиток, проектування, надійність.

*The analysis of failures with hulls of «Volgoneft» vessels of 550, 550A, 558, 1577 projects occurred since 1991 till 2012 is executed. 169 emergency cases of vessels were analyzed. Basic dangers, resulting both in failures and casualties, are exposed. Steady growth of break-down is observed for vessels older than 20 years with peak of accidents at 30 aged vessels. Presence of height of double bottom which is not meeting MARPOL requirements, excessive lengths of cargo tanks and absence of slop tanks are the main ecological problems of «Volgoneft» vessels. In fact, these vessels should not be operated at sea on heavy oil and oil products transportations (i.e. cargoes with density of 0,900 t/cub. m. and more) since 2008. It is shown that only three vessels of 1577/550A projects were completely reequipped in accordance with international requirements of ecological safety. Some variants of decision of problem which can "smooth" transient period are offered. But in long-term plan securing of steady safe transportations of oil and oil products on mixed river-sea navigation tankers is possible only at the cost of new shipbuilding.*

**Keywords:** inland navigation vessels, mixed river-sea navigation vessels, tanker, «Volgoneft», risk analysis, dangers, loss, design, reliability.

**Постановка проблеми.** Нефтоналивные суда типа «Волгонефть» олицетворяют собой целую эпоху в истории отечественного судостроения и судоходства, как одни из первых в мире танкеров с двойным дном и двойными бортами. Если учесть, что проект 558 начал разрабатываться советскими конструкторами еще в конце 50-х годов прошлого столетия, то легко понять, насколько революционным было такое решение на то время. В тогдашней линейке типовых судов они относились к танкерам типа НМ-5000 грузоподъемностью около 5000 тонн, предназначенным для работы по внутренним водным путям с выходом на морские рейды и крупные озера.

Танкера типа «Великий» [14] (проект 558 на Волгоградском заводе и проект 550 в Болгарии) строились с 1962 по 1971 год. Базовый проект был утвержден 26.06.1959. Всего построили около 80 судов исходного проекта. Позднее с учетом опыта эксплуатации в морских условиях были внесены изменения в устройства и системы, дельные вещи, снабжение, жилую надстройку. По откорректированному проекту стали строить танкера типа «Волгонефть 44» (с 1967 по 1979 год по проекту 1577 в СССР – около 70 единиц и с 1969 по 1982 год по проекту 550А в Болгарии – около 65 единиц).

Представляют собой однопалубные, двухвинтовые наливные суда смешанного река-море плавания с 8 грузовыми танками, двойным дном, двойными бортами, с баком и ютом, с кормовым расположением жилой надстройки, машинного отделения, переходным мостиком в ДП судна,

наклонным форштевнем и крейсерской кормой. Предназначались для перевозки нефтепродуктов I, II, III, IV классов, в том числе требующих подогрева, без ограничений по температуре вспышке.

На 1 января 2013 года средний возраст сохранившихся класс Российского Речного Регистра (РРР) 131 танкеров типа «Волгонефть» составил по первоначальному проекту 558/550 – 45,2 года (21 единица), по проекту 1577/550А – 38,5 лет (110 единиц). Из них 23 танкера имеют оценку «негодное».

Танкеры проекта 1577/550А, строившиеся с классом РРР «М», практически все имеют более высокие классы: R2-RSN PC (10 единиц), R3-RSN PC (5 единиц), «М-СП» РРР (31 единица). 14 судов перешли в силу плохого технического состояния в более слабый класс РРР «О-ПР», остальные имеют класс РРР «М-ПР».

**Целью статьи** является исследование перспектив дальнейшей эксплуатации танкеров типа «Волгонефть», которые до сих пор составляют большинство отечественного нефтеналивного флота судов смешанного река-море плавания, на основе анализа происшедших с 1991 года по 2012 год аварий с корпусами судов проектов 550, 550А, 558, 1577.

**Изложение основного материала.** В ноябре 1963 года в Черном море были проведены специальные мореходные испытания головного судна танкера «Великий» в условиях штормовой погоды при волнении высотой 3,0 м. Испытания показали принципиальную возможность эксплуатации судов этого типа с ограничениями по высоте волны 3 % обеспеченности  $h_{3\%} \leq 2,5$  м в прибрежных морских районах, разрешенных для плавания «полноклассных» судов класса «М-СП».

При этом при проектировании прочность обеспечивалась согласно с «Нормами для расчета прочности корпусов стальных судов внутреннего плавания» 1956 года для плавания на расчетном волнении высотой 3 м и длиной 40 м – т.е. по классу «М» (без выхода в море).

**За счет широчайшего применения изготовленных из стали повышенной прочности элементов с толщинами 5-7 мм удалось достичь минимизации массы корпуса танкера и, соответственно, увеличить его грузоподъемность в реке, однако обратной стороной медали было заметное снижение эксплуатационного ресурса судна, т.е. длительности безопасной эксплуатации танкера без ремонта.**

Первые перевозки нефтепродуктов на танкере проекта 558 типа «Волгонефть» на Черном море были выполнены в 1963 году. В 1964 году танкеры «Важный» и «Волгонефть-9» выполнили по три рейса из Поволжья на Махачкалу с грузом сырой нефти туда и мазута обратно. В 1965 году уже 4 танкера проекта 558 стали работать на порт Махачкала, они за год совершили 26 круговых рейсов и перевезли 241 тыс. тонн нефти и нефтепродуктов. В 1965 году танкер «Волгонефть-14» впервые выполнил экспортные перевозки нефтепродуктов на линии Ярославль-Хельсинки. В 1971 году танкер «Волгонефть-55» начал бесперевалочные перевозки сырой нефти из Актау в Волгоград.

Для изготовления танкеров типа «Волгонефть» применялись легированная сталь повышенной прочности марки 09Г2 (с пределом текучести 295 МПа), а также для некоторых конструкций обычная углеродистая сталь марки ВстЗсп (с пределом текучести 235 МПа). Система набора корпуса смешанная: двойное дно в грузовых танках, вторые борта и диаметральной переборка в районе 34-169 шп., палуба в районе 18-169 шп., палуба юта имела продольную систему, борта и остальные части оконечности – поперечную. Протяженность шпации в районе грузовых танков была выбрана равной 660 мм, в корме – 600 мм, в носовой оконечности – 400 мм. Высота двойного дна – 800-1000 мм (имелся уклон от борта к ДП). Расстояние между наружным и внутренним бортами – 1580 мм. Расчетный ресурс связей корпуса судов «Волгонефть» классов «М-СП», «М-ПР» и «М» в соответствии с требованиями Правил РРР к минимально допустимым толщинам представлен на рисунке 1.

Как видно из приведенных растяжек наружной обшивки, построены толщины танкеров типа «Волгонефть» обеспечивали 20-ти летнюю эксплуатацию судна без ремонта только в классе «М» (т.е. без выхода в море). В классе «М-ПР» значительная часть связей имела ресурс 10-20 лет, а в классе «М-СП» суда могли без ремонта работать не более 5-10 лет.

С позиций общей прочности «Волгонефти» без подкреплений накладными полосами по палубе и днищу не отвечают требованиям класса «М-СП 2,5» и с трудом проходят по классу «М-ПР 2,5».

Длительная эксплуатация позволила выявить существенные конструктивные недостатки танкеров этого типа, во многом связанные с отсутствием на тот момент опыта проектирования корпусов судов из стали повышенной прочности (см. рисунок 2):

- резкий переход в носовой и кормовой оконечностях от стали повышенной прочности 09Г2 к обычной стали ВстЗсп (сталь повышенной прочности использовалась в крайних поясах эквивалентного бруса – шп. 61-160) и существенное уменьшение здесь же толщин палубы и обшивки корпуса (толщины палубы 8 мм в средней части сохранялись только на участке шп. 61-142, далее переходят в 7 мм и даже после шп. 167 – в 6 мм);

- изменение системы набора в корме с продольной на поперечную, что приводит к существенному уменьшению момента сопротивления эквивалентного бруса и предельного момента в этом районе (район шп. 170) – фактически к созданию опасного с точки зрения перелома сечения перед жилой надстройкой;

- малая для танкера толщина верхней палубы 8 мм, что даже для класса «М» не обеспечивает без ремонта срок служб более 10 лет;

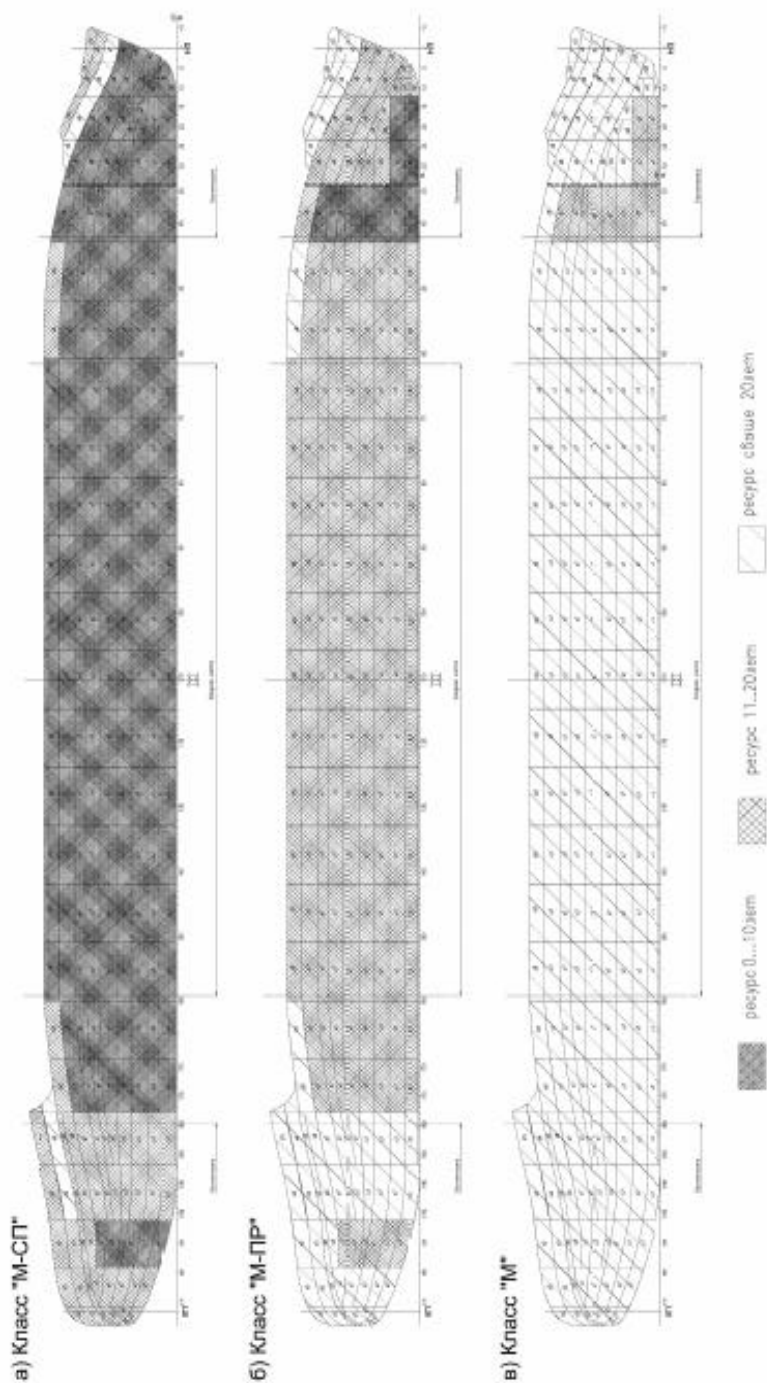
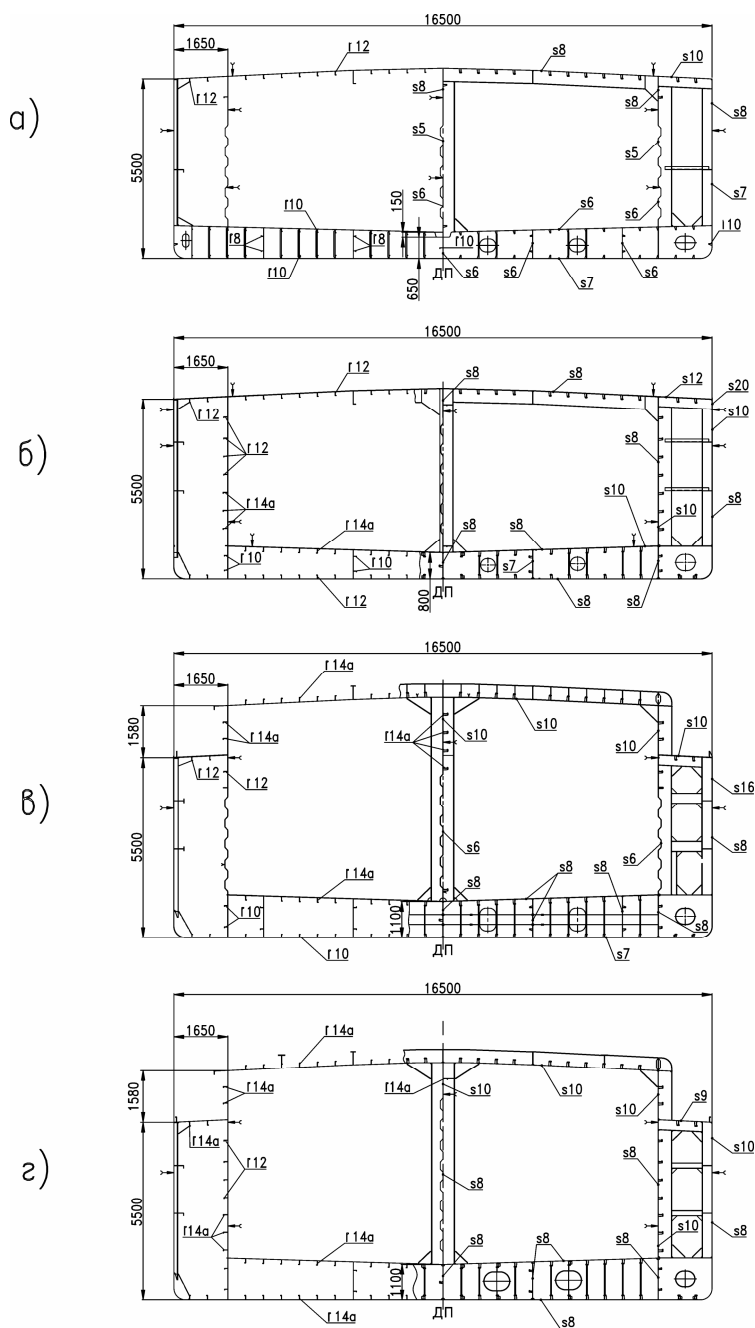


Рис. 1. Распрежжа наружной обшлехи с указанием ресурса элемента



*Рис. 2. Мидель-шпангоут танкера типа «Волгокефть»  
в различных вариантах:  
а) исходное состояние; б) реновация 2003-2005 годов;  
в) модернизация; г) конверсия*

– низкая устойчивость продольных ребер жесткости днища и второго дна (полособульб 10 с пролетом 1980 мм при толщине стенки 6 мм), что, как видно из исследований проф. Г.В. Бойцова [2], приводит к их деформированию даже в обычных эксплуатационных условиях с накоплением повреждений корпуса в целом в виде известной для этого класса судов «горбатости» – значительного пластического перегиба со стрелками, достигающими 400-800 мм;

– холостые шпангоуты также выполнены из такого полособульба 10, что привело к появлению гофрировок по борту – известный визуальный эффект под названием «худая лошадь»;

– крайне малые толщины переборок второго борта (серединные пояся) – 5,0 мм и настила второго дна – 6,0 мм и связанные с ними высокая вероятность образования свищей, что в свою очередь приводит к загрязнению грузом балластных танков, при этом ресурс этих связей не превышает 10 лет;

– крайне малые толщины поперечных водонепроницаемых и грузонепроницаемых переборок второго борта – серединные пояся 5,0 мм, прочие – 6,0 мм;

– толщина стенок поперечного и продольного рамного набора 6 мм не обеспечивает надлежащего ресурса по износу конструкции в целом;

– толщина карлингсов верхней палубы 7 мм, учитывая, что в отличие от современных танкеров этот продольный набор находится не над, а под палубой, в самом грузовом танке, понятно, что его ресурс не превышает без ремонта 10 лет, так как находится в зоне коррозионного влияния паров нефти.

В итоге, по всей группе танкеров отмечается интенсивный коррозионный износ корпусных конструкций, в связи с чем ежегодно возрастают объемы ремонтно-восстановительных работ. Но и эти возрастающие из года в год объемы ремонта не покрывают фактические потребности – суда вводятся в эксплуатацию с минимальными запасами прочности, которых не хватает на пятилетний цикл между классификационными освидетельствованиями. Объемы ежегодных ремонтов резко выросли и составляют для судов типа «Волгонепть» 100-200 тонн замен.

**Результатом эксплуатации этих танкеров с выходом в море явились грандиозные объемы восстановления изношенных элементов корпуса, включая полную замену грузовой зоны (от форпиковой переборки до носовой переборки насосного отделения).**

Помимо корпуса актуальным является ремонт судовых энергетических установок танкеров за счет замены главных и вспомогательных двигателей, электрического оборудования, противопожарной защиты [9].

Понятно, что столь своеобразное отношение к конструированию судна не могло не отразиться на риске эксплуатации танкеров типа «Волгонефть». **Всего было выявлено и проанализировано 169 аварий и катастроф с судами проекта 558/550 и 1577/550А [3, 10, 11-13].**

Суда имели ограничения по величине высоты волны 1 % обеспеченности [ $h_{1\%}$ ] от 0,6 до 2,0 м (СВП) и 3 % обеспеченности [ $h_{3\%}$ ] от 2,0 до 3,5 м (ССП).

Согласно [5] по степени повреждений, нанесенных людям, окружающей среде и техническим средствам, указанные ситуации условно классифицированы 5 уровнями последствий (см. таблицу 1).

Формальная оценка последствий обозначается величиной  $C$ , определяемой по 5-балльной шкале.

*Таблица 1*

*Классификация последствий аварий  
и аварийных ситуаций с «Волгонефтями»*

Уровень последствий $C$	Количество рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		воздействие на людей	воздействие на окружающую среду	повреждение технических средств
1 – Light Incident	109	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	41	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	11	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	6	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	2	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

В таблице 2 дана предложенная в [6, 8, 10] и расширенная в [3] краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности «Волгонефтей».

Общая частота возникновения опасности во всех исследуемых случаях определяется как  $F_{AB} = N_I / N_{AB}$ , частота возникновения опасности для наиболее тяжелых случаев (катастроф), имеющих уровни последствий  $C = 4$  и  $C = 5$   $F_{КАТ} = N_I / N_{КАТ}$ , где  $N_I$  – число аварийных ситуаций, где



имела место  $i$ -я опасность,  $N_{AB}$  – количество всех изучаемых аварий,  $N_{КАТ}$  – количество катастроф.

Обращает на себя внимание тот факт, что ряд опасностей имеет  $F_{КАТ} > F_{AB}$ , что свидетельствует об их значительной роли в увеличении степени тяжести последствий событий.

Таблица 2

*Идентифицированные опасности для «Волгонетей»*

Номер	Опасности	$F_{AB}$ , %	$F_{КАТ}$ , %
<b>1</b>	<b>Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна</b>	<b>99,4</b>	<b>100,0</b>
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	8,3	50,0
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	24,9	100,0
1.3	Нарушение технологии при выполнении построечных, ремонтных и модернизационных работ	82,8	75,0
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	81,7	87,5
1.5	Ошибки проектировщиков	1,8	0,0
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	16,6	25,0
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	3,0	0,0
1.8	Не выполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	7,1	50,0
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	3,6	0,0
1.10	Неисправности и выход из строя судовых системах	3,6	12,5
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	61,5	0,0
1.12	Неисправности и выход из строя грузового устройства	0,0	0,0

Продолжение табл. 2

Номер	Опасности	$F_{AB}, \%$	$F_{КАТ}, \%$
<b>2</b>	<b>Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза</b>	<b>13,6</b>	<b>75,0</b>
2.1	Перевозка металлолома	0,0	0,0
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	7,7	25,0
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	0,0	0,0
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	5,9	50,0
<b>3</b>	<b>Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа</b>	<b>81,7</b>	<b>100,0</b>
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	0,6	0,0
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	8,3	37,5
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	2,4	0,0
3.4	Навигационные ошибки	23,7	50,0
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	20,1	12,5
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	46,2	62,5
3.7	Ошибка прогноза	16,0	37,5
3.8	Перегруз судна	0,0	0,0
3.9	Смена судовладельца	14,8	50,0
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	0,0	0,0
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	0,6	0,0
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	4,1	0,0
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	43,7	100,0

Среди них водотечность непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкие к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность), опасность 2.2 – перевозка взрывоопасных грузов и опасность 2.4 – нарушение Инструкции по погрузке-выгрузке (ИПВ).

Отмечается существенная доля в событиях, имеющих последствия  $C = 4$  и  $C = 5$ , человеческого фактора в виде ошибок при проведении ре-

монта (опасности 1.3, 1.6, 3.6) и дефектации (опасность 1.4), при эксплуатации судна (опасности 3.4, 3.6, 3.13).

Особую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход «Волгонефтей» из классических структур пароходств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, опасность 3.13).

«Волгонефти» в связи с их пониженным стандартом прочности, имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запроектному росту усилий на тихой воде и на волнении – опасности 1.1, 3.2, 3.4, 3.7 – отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус «Волгонефтей» этих опасностей.

«Волгонефти» работают в тяжелых условиях мелководья и частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой, что повышает весомость опасности 3.5, т.к. она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Обобщенные данные таблицы 2 сформированы на основании обработки аварий и аварийных происшествий (для случаев с  $C = 1$ ,  $C = 2$  и  $C = 3$  примеры анализа приведены в таблице 3, для случаев с  $C = 4$  и  $C = 5$  примеры анализа приведены в таблице 4).

Все из рассмотренных 169 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряжении, а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий). Полученные здесь выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер [7].

В таблицах 3 и 4 по каждой опасности указан по 3-бальной шкале коэффициент относительной ответственности (весомости) в рассматриваемом случае. По результатам исследования методами теории риска каждого происшествия назначались: балл «3» – опасность прямого действия, непосредственно приведшая к аварии; балл «2» – опасность косвенного действия, вызвавшая к жизни опасности с баллом «3»; балл «1» – фоновые опасности, оказавшие неблагоприятное воздействие на ситуацию.

Для каждой опасности был определен обобщенный уровень риска «Волгонефтей»  $R$ , который определялся как произведение вероятности возникновения опасности  $F$  на последствия воздействия указанной опасности на объект  $C$ . Условная вероятность  $F$  определялась по 5-балльной шкале («1» – частота возникновения в 0-20 % аварийных случаях, «2» – 21-40 %, «3» – 41-60 %, «4» – 61-80 %, «5» – 81-100 %).

В таблице 5 представлена формальная оценка риска, полученная в двух вариантах: на основе всех рассмотренных аварийных ситуаций и для катастроф.









*Формальная оценка риска «Волгонефтей»*

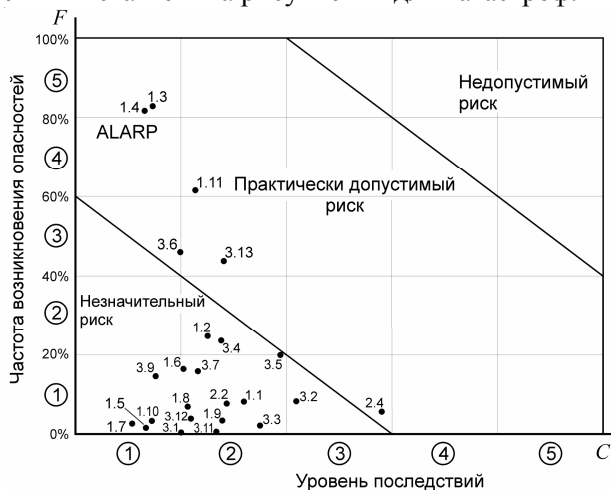
Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>R</i>
1.1	0,414	1,595	0,661	2,500	3,833	9,583
1.2	1,243	1,254	1,558	5,000	2,167	10,833
1.3	4,142	0,733	3,037	3,750	2,389	8,958
1.4	4,083	0,657	2,682	4,375	2,667	11,667
1.5	0,089	0,667	0,059	-	-	-
1.6	0,828	1,024	0,848	1,250	2,667	3,333
1.7	0,148	0,533	0,079	-	-	-
1.8	0,355	1,056	0,375	2,500	1,500	3,750
1.9	0,178	1,389	0,247	-	-	-
1.10	0,178	0,722	0,128	0,625	1,333	0,833
1.11	3,077	1,138	3,501	-	-	-
1.12	-	-	-	-	-	-
2.1	-	-	-	-	-	-
2.2	0,385	1,436	0,552	1,250	2,667	3,333
2.3	-	-	-	-	-	-
2.4	0,296	2,900	0,858	2,500	4,250	10,625
3.1	0,030	1,000	0,030	-	-	-
3.2	0,414	2,095	0,868	1,875	4,667	8,750
3.3	0,118	1,750	0,207	-	-	-
3.4	1,183	1,375	1,627	2,500	3,000	7,500
3.5	1,006	1,941	1,953	0,625	4,000	2,500
3.6	2,308	0,991	2,288	3,125	2,533	7,917
3.7	0,799	1,160	0,927	1,875	3,111	5,833
3.8	-	-	-	-	-	-
3.9	0,740	0,760	0,562	2,500	1,500	3,750
3.10	-	-	-	-	-	-
3.11	0,030	1,333	0,039	-	-	-
3.12	0,207	1,095	0,227	-	-	-
3.13	2,189	1,405	3,077	5,000	2,667	13,333

Учитывая, что общее количество находившихся ежегодно в эксплуатации танкеров исследуемого проекта, составляло около 150 судов, частота кораблекрушений с «Волгонефтями» за 1991-2012 годы достигла примерно 2-3 на 1000 судов в год. Данная оценка может быть признана достаточна достоверной, т.к. случаи с уровнем последствий  $C = 4$  и  $C = 5$  скрыть крайне сложно. При этом эта же величина для периода с 2001 по 2012 год составила уже 4-5 катастроф на 1000 судов в год.

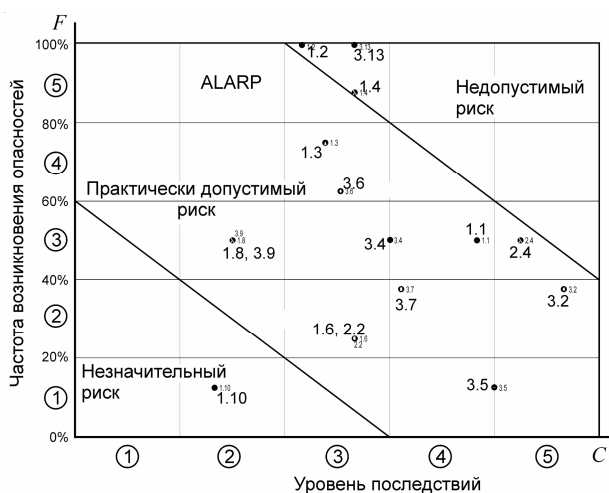


Ежегодная вероятность аварий и аварийных происшествий с «Волгонефтями» за 1991-2012 годы составляет в год грубо 53 случая на 1000 судов. Однако имеющиеся в распоряжении автора данные по случаям с уровнями последствия  $C = 1$ ,  $C = 2$  и  $C = 3$  нельзя признать полными. Фактически данная величина должна быть существенно выше, возможно, в пределах 100-150 случаев на 1000 судов в год.

На основе данных таблицы 5 были построены матрицы риска «Волгонефтей»: на рисунке 3 – для всех аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье и на рисунке 4 – для катастроф.



*Рис. 3. Матрица риска «Волгонефтей»  
(для всех исследованных аварий)*



*Рис. 4. Матрица риска «Волгонефтей» (для катастроф)*

Анализ рисунков 3 и 4 позволяет сделать следующие выводы о ранжировании опасностей:

– наибольшую опасность для «Волгонефтей» представляют опасности 1.2 (водотечность обшивки), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 3.13 (нарушение ПТЭ экипажем), существующий уровень риска по данным опасностям относится к зоне «недопустимого риска»;

– опасности 1.1 (неподготовленность судна к морской эксплуатации), опасности 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.2 (нарушение ограничений по волнению и району плавания), 1.3 (нарушение технологии), 3.4 (навигационные ошибки), 3.6 (некачественная работа береговых служб), 3.7 (ошибка прогнозов) имеют достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, которые относятся к зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска;

– опасности 1.8 (невыполнение условий МК-66, т.е. потенциальная водотечность) и 3.9 (смена судовладельца) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения;

– опасности 3.5 (столкновения), 1.6 (неисправности и выход из строя машин и механизмов) и 2.2 (перевозка взрывоопасных грузов) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий.

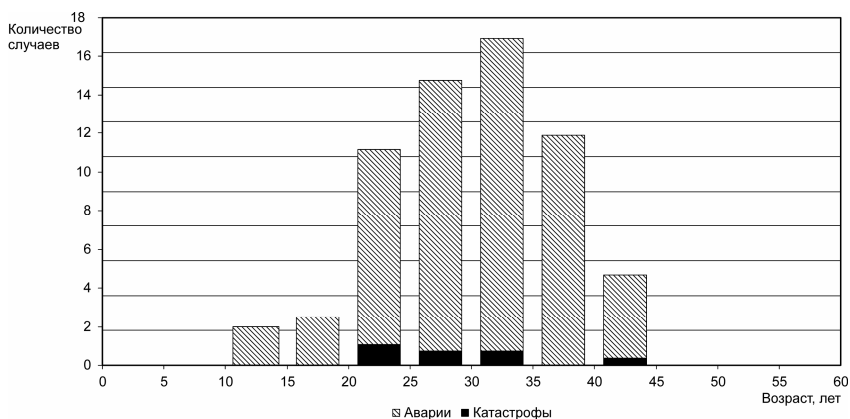
Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [1, 3], опасности, которые отнесены по уровню риска к зоне «недопустимого риска», должны быть подвергнуты процедуре управления риском (снижения частоты и/или последствий) при любом уровне затрат, требуемых для этого. Опасности из зоны «ALARP» требуют проведения технико-экономического анализа, с определением оптимальных по стоимости мероприятий по снижению уровня риска.

Решение задачи управления риском «Волгонефтей» при воздействии опасности 1.2 требует значительных замен листов обшивки и настилов во время ремонтов. Опасности 1.4 и 3.13 относятся к области управления человеческим фактором.

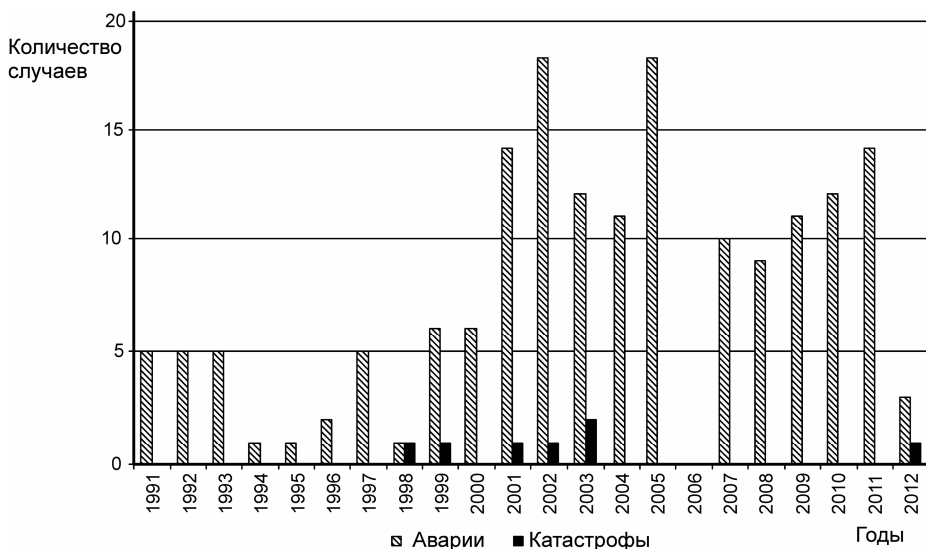
На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (см. рисунок 5) и распределение по годам (см. рисунок 6).

На рисунке 5 наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 20 лет с пиком аварий для судов с возрастом 30 лет.

Рисунок 6 позволяет отметить цикличность аварийных случаев. Максимальное количество аварийных случаев приходится на 2001-2005 годы (18 аварийных случаев в год в 2002 и 2005 годах). За 2012 год данные неполные.



*Рис. 5. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна*



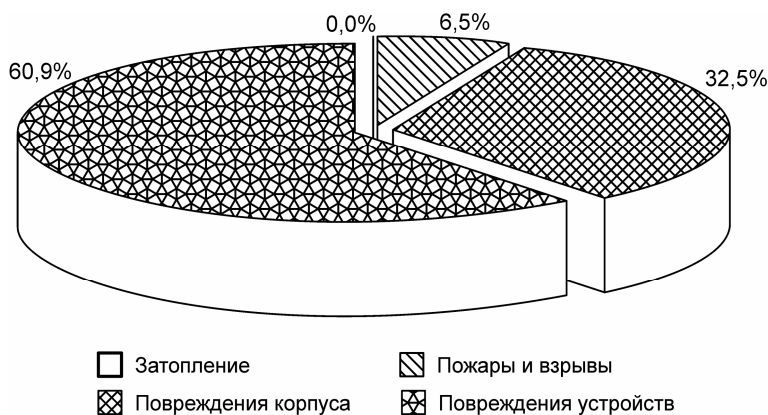
*Рис. 6. Распределение количества аварий и катастроф по годам*

Интерес представляет также распределение по классам аварий (см. таблицу 6). Графически роль различных классов аварий представлена на рисунках 7-9.

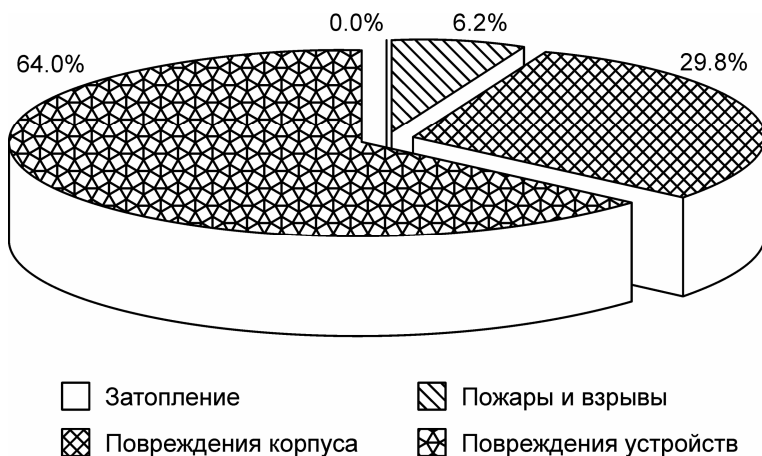
Таблиця 6

*Распределение количества аварий и катастроф по классам аварий*

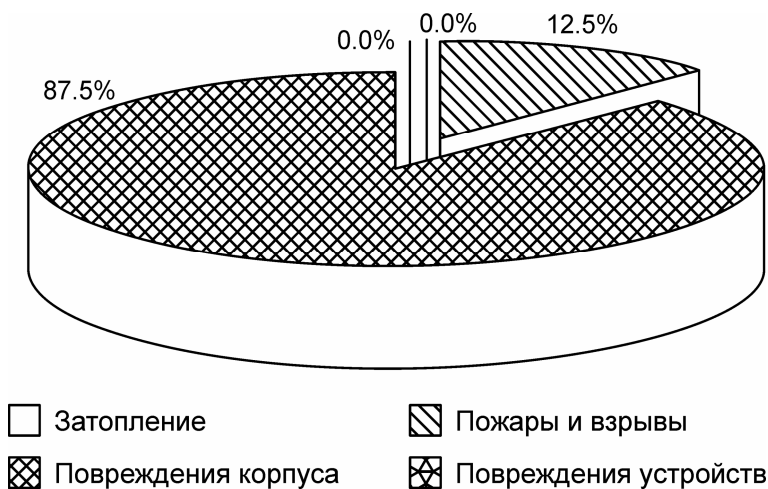
Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждения корпуса	Повреждения устройств	Σ
<b>Аварии и катастрофы</b>					
Количество	-	11	55	103	169
Относительная доля	-	6,5 %	32,5 %	60,9 %	100,0%
<b>Аварии</b>					
Количество	-	10	48	103	161
Относительная доля	-	6,2 %	29,8 %	64,0 %	100,0%
<b>Катастрофы</b>					
Количество	-	1	7	0	8
Относительная доля	-	12,5 %	87,5 %	0,0 %	100,0%
<b>Относительная опасность класса аварии</b>					
Доля аварий в общем количестве событий	-	91 %	87 %	100 %	
Доля катастроф в общем количестве событий	-	9 %	13 %	0 %	



*Рис. 7. Роль различных классов аварий (при всех уровнях последствий)*



*Рис. 8. Роль различных классов аварий  
(при уровнях последствий  $C = 1, 2, 3$ )*



*Рис. 9. Роль различных классов аварий  
(при уровнях последствий  $C = 4$  и  $5$ )*

Как видно из таблицы 6, при всех уровнях последствий роль повреждений устройств – 61 % от общего количества событий, повреждений корпуса – 32,5 %, на пожары и взрывы приходится порядка 6,5 %. Начиная с 1991 года не было ни одного случая, связанного с затоплением. При уровнях последствий  $C = 1, 2, 3$  (аварии) процентное соотношение классов аварий сохраняется.

При уровнях последствий  $C = 4$  и  $5$  (катастрофы) на повреждения корпуса приходится 87,5 % из всех катастроф, на пожары и взрывы – 12,5 %.

Главной экологической проблемой судов типа «Волгонефть» [9, 13] является наличие высоты второго дна, не удовлетворяющей требованиям МК МАРПОЛ. Согласно Правилу 19 МАРПОЛ 73/78 фактическая высота двойного дна такого танкера должна быть не менее минимального значения, определяемого по формуле  $h = B/15 \geq 0,76$  м. Результаты проверки выполнения приведены в таблице 7.

*Таблица 7*

*Выполнение требований МАРПОЛ  
к высоте двойного дна для судов типа «Волгонефть»*

Проект	Высота второго дна, мм			Заключение
	у второго борта	в ДП	требуемая по МАРПОЛ	
558/550	960	800	1100	Не выполнено, но возможна модернизация, проекты и примеры есть
1577/550А	960	800	1100	Не выполнено, но возможна модернизация, проекты и примеры есть
1577/550А с заменой средней части	960	800	1100	Не выполнено, но возможна модернизация, проекты и примеры есть
1577К, укороченная	960	800	1100	Не выполнено, но возможна модернизация, проекты и примеры есть
630, 630.1	1000	800	1100	Не выполнено, но возможна модернизация, проекты и примеры есть

**Источник:** Морское Инженерное Бюро

На рисунке 2 приведены поперечные сечения судов до и после проведения работ по выполнению предписаний МК МАРПОЛ 73/78, которые характеризуют основные конструктивные решения по доведению «Волгонефтей» до международных требований.

Подобные подходы позволяют продлить срок службы существующих танкеров на срок 5-15 лет и обеспечить заданный международным сообществом уровень экологической безопасности.

Однако практически исполнить такие работы одновременно на десятках отечественных танкеров не представляется возможным.

Например, на переоборудование т/х «Виктор Астафьев» было затрачено около двух лет, более простые варианты, такие как подъем второго дна на т/х «Механик Хачепуридзе» выполняются 90-120 суток. Даже если на это будут изысканы соответствующие значительные средства, то не хватит судостроительных и судоремонтных площадок.

К началу 2013 года второе дно было поднято на 23 танкерах типа «Волго-Нефть» проектов 1577/550А и 3 танкерах проекта 630.

Более того, подъем второго дна (см. таблицу 8) не является единственным мероприятием по доведению до требований МАРПОЛ, так вот остальные мероприятия на 20 из 23 танкеров типа «Волго-Нефть» из выше упомянутых, выполнены не были. Поэтому эти суда все равно не соответствуют международным конвенциям.

Таблица 8

*Перечень основных несоответствий судов типа «Волго-Нефть»  
проекта 550а и 1577 требованиям МК МАРПОЛ 73/78*

Но- мер п/п	Правило МАРПОЛ 73/78	Требование Правила	Фактическое выполнение на судне	Примечания
1	Правило 14. Пункт 1	Каждое судно валовой вместимостью более 400 оснащается оборудованием для фильтрации нефти	Сепаратор льяльных вод с сигнализатором превышения содержания нефти в стоке более 15 миллионных долей отсутствует	Требуется только для судов, эксплуатирующихся вне особых районов (Каспийское море не является особым районом – сепаратор требуется)
2	Правило 20. Пункт 3.2	Высота двойного дна на танкерах дедвейтом более 5000 т, построенных до 6 июля 1996 г. должна быть не менее $V / 15$ , т.е. $16,5/15 = 1,1$ м	Фактическая высота второго дна в ДП – 0,8 м	При подъеме второго дна – выполняется
3	Правило 2 1. Пункт 4	Высота двойного дна на танкерах дедвейтом более 600 т, но менее 5000 т, перевозящих нефть тяжелых сортов (более $900 \text{ кг/м}^3$ или вязкостью более $180 \text{ мм}^2/\text{с}$ ) должна быть не менее $V / 15$ , т.е. $16,5/15 = 1,1$ м	Фактическая высота второго дна в ДП – 0,8 м	При подъеме второго дна – выполняется

Продолжение табл. 8

Но- мер п/п	Правило МАРПОЛ 73/78	Требование Правила	Фактическое выполнение на судне	Примечания
4	Прави- ло 26. Пункт 4	Длина любого грузового танка не должна быть больше расчёт- ной величины, равной 21,96 м	Фактическая дли- на грузовых тан- ков составляет 23,76 м	<b>Главная проблема!!!</b> Требуется либо уста- новка коффердамов либо передвинуть существующие попе- речные переборки в грузовых танках
5	Прави- ло 29. Пункт 1, 2.1	Должны преду- сматриваться отстойные танки и система мойки танков	Отстойные танки и система мойки танков отсутствует	<b>Главная проблема!!!</b> Требуется выделе- ние отстойных танков
6	Прави- ло 31	Танкеры вало- вой вместимо- стью 150 и более должны быть оборудованы системой автома- тического заме- ра, регистрации и управления сбросом нефти	САЗРИУС отсутствует	Требуется только для судов, эксплуатиру- ющихся вне особых районов (Каспийское море – САЗРИУС требуется)
7	Прави- ло 32	Танкеры валовой вместимостью 150 и более должны быть оборудованы индикаторами поверхности раздела нефть/ вода в отстойных танках	Индикаторы по- верхности раздела нефть/ вода в отстойных танках отсутствуют	

**Источник:** Морское Инженерное Бюро

Цифровая модель ситуации с точки зрения посадки, остойчивости и прочности была выполнена Морским Инженерным Бюро к 19.00 13.10.11, далее уточнялась по мере получения новых фактических данных с выдачей оперативных рекомендаций штабу по ликвидации последствий аварии. В наиболее опасной зоне в районе насосного отделения (перед



надстройкой) изгибающий момент на тихой воде имел экстремум. Момент перегибающий, при этом днище – сжато, когда перегиб в этой зоне стал возрастать из-за откатки груза в кормовых танках, возникла опасность перелома, так как это "больное" место судов типа "Волгонефть". Кроме того, расчеты аварийной остойчивости показали вполне реальные проблемы с динамической остойчивостью.

В итоге, были сформулированы первоочередные задачи операции – уменьшение осадки кормой (постановка судна на плав), борьба с креном при контроле прочности в районе насосного отделения и даны рекомендации по порядку проведения работ: выгрузить максимально возможно из грузового танка 7; обеспечить выгрузку из грузового танка 5 (при этом обращалось внимание, что при завершении этого этапа возникал крен на ПБ, соответственно, выгрузку дальше осуществлять одновременно с танка 5 и танка 8 – до получения необходимых осадок и выравнивая крен); выдавливание воды из балластных цистерн (11 и 13, затем 25 и 9), а также 12 (так как в последствие была обнаружена вода в цистерне 12 ПБ, которая вероятно была затоплена водой позже, в результате повреждения вентиляционных головок во время шторма 19-21 октября); герметизация и откатка воды из помещений юта, румпельного, машинного отделения. Для устранения крена груз также выгружался из танков 6 и 8 (симметричных танкам 5 и 7). При всплытии кормы и при дальнейшей откатке воды из машинного отделения с целью недопущения дифферента на нос осуществлялся перепуск груза с танков 3 и 4 в танки 5 и 6 с последующей выгрузкой груза на другой танкер. Основная цель – получить состояние судна с наибольшей осадкой не более 4,20-4,30 м (для обеспечения возможности буксировки танкера в Астрахань.

23 октября к 19.45 основные мероприятия по борьбе за живучесть, включая выгрузку мазута (всего было выгружено 4405 тонн) завершились.

Фактические размеры повреждений были выявлены позже, когда судно стало всплывать, так как до этого танкер «лежал» на этих пробоинах. Танкер получил пять последовательных пробоин днища с ЛБ на длине около 96 м (72 % от габаритной длины судна – от форпика до МО) и принял около 3000 тонн забортной воды (28 % от водоизмещения по ЛГВЛ). Учитывая, что на борту было еще и 6138 тонн груза и около 80 тонн запасов, следует признать, что состояние судно было крайне опасным и сама операция с таким объектом крайне тяжелой (как говорится, «на грани возможного»).

**Результат аварийно-спасательной операции: экипаж не пострадал, разлива груза не допустили, модернизированное судно "Григорий Бугров" спасено. Понятно, что если бы такая же ситуация была бы с танкером в исходном состоянии, то последствия скорее всего были бы совершенно иные и избежать экологической катастрофы в российской части Каспия не удалось бы.**

## Выводы

1. Фактически, за счет широчайшего применения элементов с толщинами 5-7 мм удалось достичь минимизации массы корпуса танкера и, соответственно, увеличить его грузоподъемность в реке, однако обратной стороной медали было заметное снижение эксплуатационного ресурса судна, т.е. длительности безопасной эксплуатации танкера без ремонта.

Построечные толщины танкеров типа «Волгонефть» обеспечивали 20-ти летнюю эксплуатацию судна без ремонта только в классе «М» (т.е. без выхода в море). В классе «М-ПР» значительная часть связей имела ресурс 10-20 лет, а в классе «М-СП» суда могли без ремонта работать не более 5-10 лет.

С позиций общей прочности «Волгонефти» без подкреплений накладными полосами по палубе и днищу не отвечают требованиям класса «М-СП 2,5» и с трудом проходят по классу «М-ПР 2,5».

По всей группе танкеров отмечается интенсивный коррозионный износ корпусных конструкций, в связи с чем ежегодно возрастают объемы ремонтно-восстановительных работ. Но и эти возрастающие из года в год объемы ремонта не покрывают фактические потребности – суда вводятся в эксплуатацию с минимальными запасами прочности, которых не хватает на пятилетний цикл между классификационными освидетельствованиями. Объемы ежегодных ремонтов резко выросли и составляют для судов типа «Волгонефть» 100-200 тонн замен.

Результатом эксплуатации этих танкеров с выходом в море явились грандиозные объемы восстановления изношенных элементов корпуса, включая полную замену грузовой зоны (от форпиковой переборки до носовой переборки насосного отделения).

2. Анализ риска показал:

2.1. «Волгонефти» в связи с их пониженным стандартом прочности, имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запроектовому росту усилий на тихой воде и на волнении, отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус «Волгонефтей» этих опасностей.

2.2. «Волгонефти» работают в тяжелых условиях мелководья и частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой, что повышает весомость опасности «Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном», т.к. она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

2.3. Наибольшую опасность для «Волгонефтей» представляют опасности 1.2 (водотечность обшивки), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 3.13 (нарушение правил технической эксплуатации экипажем), существующий уровень риска по данным опасностям относится к зоне «недопустимого риска».

Решение задачи управления риском при воздействии опасности 1.2 требует значительных замен листов обшивки и настилов во время ремонтов. Опасности 1.4 и 3.13 относятся к области управления человеческим фактором.

2.4. Опасности 1.1 (неподготовленность судна к морской эксплуатации), опасности 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.2 (нарушение ограничений по волнению и району плавания), 1.3 (нарушение технологии), 3.4 (навигационные ошибки), 3.6 (некачественная работа береговых служб), 3.7 (ошибка прогнозов) имеют достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, которые относятся к зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска.

2.5. Опасности 1.8 (невыполнение условий МК-66, т.е. потенциальная водотечность) и 3.9 (смена судовладельца) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения.

2.6. Опасности 3.5 (столкновения), 1.6 (неисправности и выход из строя машин и механизмов) и 2.2 (перевозка взрывоопасных грузов) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий.

3. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 20 лет с пиком аварий для судов с возрастом 30 лет. При этом на 1 января 2013 года средний возраст 131 танкеров типа «Волгонефть» составил по первоначальному проекту 558/550 – 45,2 года (21 единица), по проекту 1577/550А – 38,5 лет (110 единиц). Из них 23 танкера имеют оценку «негодное».

4. Выявлено, что катастрофы судов типа «Волгонефть» происходят, как правило, из-за повреждений корпуса – 87,5 %, а из-за пожаров и взрывов всего 12,5 %, что достаточно необычно для танкера.

5. Учитывая, что общее количество находившихся ежегодно в эксплуатации танкеров исследуемого проекта, составляло около 150 судов, частота кораблекрушений с «Волгонефтями» за 1991-2012 годы достигло примерно 2-3 на 1000 судов в год. Данная оценка может быть признана достаточно достоверной, т.к. случаи с уровнем последствий  $C = 4$  и  $C = 5$  скрыть крайне сложно. При этом эта же величина для периода с 2001 по 2012 год увеличилась примерно в два раза и составила 4-5 катастроф на 1000 судов в год.

Ежегодная вероятность аварий и аварийных происшествий с «Волгонефтями» за 1991-2012 годы составляет грубо 53 случая на 1000 судов в год. Однако имеющиеся в распоряжении автора данные по случаям с уровнями последствия  $C = 1$ ,  $C = 2$  и  $C = 3$  нельзя признать полными. Фактически данная величина должна быть существенно выше, возможно, в пределах 100-150 случаев на 1000 судов в год.

6. Главной экологической проблемой судов типа «Волгонефть» являются наличие высоты второго дна, не удовлетворяющей требованиям МК МАРПОЛ, избыточные длины грузовых танков и отсутствие отстойных танков. По сути, эти суда не должны работать в море на перевозках

тяжелой нефти и нефтепродуктов, т.е. грузов с плотностью 0,900 т/куб. м и более уже с 2008 года.

7. Возможные варианты «долговременных» действий по обеспечению безопасной эксплуатации танкеров «Волгонепфтей»:

- перевозка только светлых нефтепродуктов, т.е. грузов с плотностью 0,900 т/куб. м и менее;

- модернизация в сухогрузы;

- подъем второго дна без изменения года постройки (модернизация);

- замена грузовой зоны с изменением года постройки (конверсия).

8. Используя эти принципы, было разработаны:

- проект модернизации танкеров пр. 550А/1577 типа «Волгонепфть» с заменой грузовой зоны на новую, спроектированную с учетом всех международных требований, который был реализован на двух танкерах компании «Волготанкер» («Механик Воронков», «Григорий Бугров») и «Волго-нефть 228» судоходной компании «Енисей»;

- проект модернизации танкеров пр. 630 путем подъема второго дна до уровня, регламентированного МК МАРПОЛ, который был реализован на танкерах проекта 630 судоходной компании «Волготранс»;

- проект «конверсии» RST11 танкера пр. 1577 с новым годом постройки.

Однако практически исполнить такие работы одновременно на десятках отечественных танкеров не представляется возможным.

**Поэтому все перечисленные выше подходы могут «сгладить» ситуацию переходного периода. В любом случае в долгосрочном плане обеспечение устойчивых безопасных перевозок нефти и нефтепродуктов на танкерах смешанного река-море плавания возможно только за счет нового судостроения [1, 4].**

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Багаутдинов Р.Д., Егоров Г.В. Концепция танкеров смешанного плавания нового поколения // *Морская Биржа*. – 2012. – № 2 (40). – С. 22-35.
2. Бойцов Г.В., Александров А.В., Анкудинов О.С. Анализ и оценка остаточных деформаций корпусов судов смешанного плавания при пониженных запасах устойчивости их продольного набора // *Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. Вопросы прочности транспортных судов*. – 2006. – Вып. 38 (312). – С. 16-22.
3. Егоров А.Г. Формализованная оценка безопасности судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания // *Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова*. – 2012. – Вып. 67 (351). – С. 41-54.

4. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
5. Егоров Г.В. Развитие требований к средствам контроля загрузки морских и смешанного плавания судов // Автоматизация судовых технических средств: Научн.-техн. сб. – Вып. 5. – Одесса: ОГМА, 2000. – С. 36-53.
6. Егоров Г.В. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – № 5. – С. 49-59.
7. Егоров Г.В. О причинах переломов корпусов судов // Проблемы техники. – 2002. – № 2. – С. 3-15.
8. Егоров Г.В. Анализ аварий корпусов судов ограниченных районов плавания // Проблемы техники. – 2002. – № 3. – С. 3-25.
9. Егоров Г.В. Суда смешанного река-море плавания: перспективы существующего флота // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – № 3 (420). – С. 3-12.
10. Егоров Г.В. Исследование риска аварий корпусов транспортных судов ограниченных районов плавания за 1991-2010 годы // Зб. наук. праць «Вісник ОНМУ». – Одеса: ОНМУ, 2010. – Вып. 30. – С. 53-76.
11. Обзор поврежденных судов и их элементов за 1991-2001 гг. // Российский Речной Регистр. – М.: РРР, 2002. – 96 с.
12. Преснов С.В. Аварийность судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания в морских районах в 2002 г. // Наука и техника на речном транспорте: Инф. сб. – М.: ЦБНТИ МТ РФ, 2003. – С. 22-31.
13. Преснов С.В. Пути приведения в соответствие с требованиями МАРПОЛ самоходных нефтеналивных судов с классом Российского Речного Регистра, выходящих в морские районы // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – Вып. 5(339). – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2010. – С. 36-47.
14. Чемоданов М.Н. Танкер смешанного река-море плавания типа «Волгонефть» // Судостроение. – 1974. – № 11. – С. 3-5.

Стаття надійшла до редакції 12.11.2013

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, головний науковий співпрацівник Морського інженерного бюро, науковий консультант  
**В.В. Козляков**

УДК 629.5

Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, А.Г. Егоров

## ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПТОВ НОВЫХ ПАССАЖИРСКИХ И ГРУЗОПАССАЖИРСКИХ СУДОВ ДЛЯ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*Изложены особенности речных перевозок пассажиров в Архангельской области, проанализирован существующий флот пассажирских и грузопассажирских судов, погодные и путевые условия реки Северная Двина, показана необходимость строительства новых судов.*

**Ключевые слова:** пассажирское судно, паром, речные суда, Архангельск, Северная Двина, ледовая категория, проектирование, внешняя задача проектирования судна.

*Викладено особливості річкових перевезень пасажирів в Архангельській області, виконано аналіз існуючого флоту пасажирських і вантажопасажирських суден, погодних і шляхових умов річки Північна Двіна, показано необхідність будівництва нових суден.*

**Ключові слова:** пасажирське судно, пором, річкові судна, Архангельск, Північна Двіна, льодова категорія, проектування, зовнішня задача проектування судна.

*Features of river passengers' transportations in Arkhangelsk Region are expounded, existing passengers' and cargo-and-passengers' fleet, weather and way conditions of Northern Dvina River are analyzed, necessity of new vessels building is shown.*

**Keywords:** passenger vessel, ferry, river vessels, Arkhangelsk, Northern Dvina, ice category, design, external vessel's design task.

**Постановка проблемы.** Как показала выполненная в 2011 году в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы Морским Инженерным Бюро научно-исследовательская работа «Разработка концептуальных проектов пассажирских судов речного и прибрежного плавания для местных линий на 50, 100, 150 пассажиров с вариантами в грузопассажирском исполнении», в настоящее время перевозка пассажиров на местных линиях осуществляется на морально и физически устаревших судах, в том числе слабо приспособленных или вообще не отвечающих требованиям к перевозке пассажиров, в частности, не имеющих подкреплений для работы в условиях замерзания реки Северная Двина.

Как видно из широкого общественного обсуждения и решений муниципальных властей, имеющийся в настоящее время флот пассажирских судов всех типов и назначений на островных территориях города

Архангельска в дельте реки Северная Двина не обеспечивает потребностей населения, особенно в период льдообразования и ледохода. Связано это с отсутствием судов ледового класса.

Проблема экономической неэффективности пассажирских перевозок может быть решена не только их дотированием, но и поиском путей снижения затрат и повышения доходности на проектном уровне, однако профессиональных публикаций о создании судов для Архангельска и области до сих пор не было.

Таким образом, проблема создания пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий Северной Двины представляется актуальной и важной для воднотранспортной отрасли России.

**Целью статьи** является определение требований к новым речным пассажирским и грузопассажирским судам на основании анализа состояния пассажирских перевозок на островных территориях города Архангельска в дельте реки Северная Двина, существующего флота пассажирских и грузопассажирских судов, эксплуатирующихся на местных линиях в северных регионах Российской Федерации; эксплуатационных условий в предполагаемых районах работы новых судов.

**Изложение основного материала.** На внутренних водных путях Архангельской области работает около 50 переправ и около 20 транспортных операторов, только по Архангельску перевозящих до 1,2 млн. пассажиров в год.

Из основных перевозчиков пассажиров на речном транспорте Архангельска и Архангельской области можно выделить следующие компании:

- ОАО «Архангельский речной порт»;
- ОАО «Северное речное пароходство»;
- МУП «Флора-Дизайн»;
- ООО «Верхнегоемское дорожное управление»;
- ООО «ЛЗП Концевгорский» (входит в состав ООО «Управляющая компания «Соломбалалес»).

Сведения об объемах пассажирских перевозок на внутреннем водном транспорте региона за 2011-2012 года представлены в таблице 1.

Основные речные пассажирские и грузопассажирские линии Архангельской области:

- Архангельск – Чубола;
- Архангельск – Тойватово;
- Архангельск – У. Пинега – Пукшеньга;
- Архангельск – Житовая Кошка – Кегостров;
- Архангельск – остров Кего;
- Соломбала – Хабарка – Выселки – Пустошь;
- Соломбала – Маймаксанский лесной порт – Лесозавод № 14;
- Лесозавод № 22 – Лесозавод № 23 – Лесозавод № 24;
- Кузнечевский лесозавод – район «Экономия» – Реушеньга – Лапоминка;

- Березник – Осиново (Виноградовский район);
- Матера – Ухтоострово, Двинской – Ныкола, Копачево – Ичково, Холмогоры – Ломоносово (Холмогорский район);
- Переправа Верхняя Тойма (Верхнетоемский район).

*Таблица 1*

*Сведения о пассажирских перевозках на внутреннем водном транспорте в Архангельской области, чел.*

Предприятия	Отправлено пассажиров во всех видах сообщения		
	2011	2012	% измен.
ОАО «Архангельский речной порт»	840 230	1 103 161	131,3
МУП «Флора-Дизайн»	27 981	24 150	86,3
ОАО «Северное речное пароходство»	12 880	11 349	88,1
ООО «Верхнетоемское дорожное управление»	11 980	45 910	383,2
ООО «ЛЗП Концеогорский»	6 620	40 099	605,7

**Источник:** [ЗАО «ЦНИИМФ»]

**Перевозки по Архангельску.** На рисунке 1 схематично представлены основные городские речные переправы города Архангельска. 90 % пассажиров перевозит ОАО «Архангельский речной порт» [16].

Следует обратить внимание на наименование «Внутригородские островные пассажирские речные линии», так как именно с наличием многочисленных островов на Северной Двине и отсутствие, как правило, мостов, связывающих эти острова с остальной частью города и друг с другом, связана особая роль водного транспорта в перевозках жителей Архангельска.

Более 20 тысяч жителей города Архангельска и Приморского муниципального района, проживающих на островах дельты р. Северная Двина, нуждаются в постоянных речных внутригородских и пригородных перевозках.

Речные перевозки в Архангельске очень востребованы жителями, поскольку с некоторыми островными частями города это единственный путь сообщения в летний период [6].

Муниципалитет выделяет более 42 млн. рублей в год на датирование пассажирских перевозок по реке [16].

В период летней навигации внутригородские островные пассажирские речные линии обслуживаются речными теплоходами ОАО «Архангельский речной порт».





Рис. 1. Внутригородские островные пассажирские речные линии г. Архангельска

Источник: [ЗАО «ЦНИИМФ»]

Летом режим работы на линии Архангельск – остров Кего 12 раз в день с 06.50 по 22.30 (по Архангельску); линии остров Соломбала – остров Хабарка – Выселки – Пустошь 12 раз в день с 06.30 по 22.30 (по Соломбале); линии остров Соломбала – Маймаксанский лесной порт – Лесозавод № 14 с 06.20 по 22.00 (по Соломбале); линии Лесозавод № 22 – Лесозавод № 23 – Лесозавод № 24 17 раз в день с 06.00 по 22.10 (по Лесозаводу № 23); линии Кузнечевский лесозавод – район «Экономия» – деревня Реушенъга – Лапоминка с 06.30 по 20.30.

По данным Агентства по транспорту Архангельской области ежегодный объем перевозок пассажиров на линии «Маймаксанский лесной порт – Лесозавод № 14» составляет порядка 260 тыс. человек в год.

В соответствии с действующим расписанием на паромной переправе «Лесозавод № 14 – Маймаксанский лесной порт» судно начинает курсировать с 6-00, а в 22-40 осуществляет последнее отправление от лесозавода № 14. Периодичность рейсов осуществляется в среднем 1 раз в час. Наименьший временной интервал отпавлений между двумя пунктами составляет 15 минут.

Из-за необходимости перевозки большого количества людей пассажироместимость парома для этой линии должна составлять около 200 человек, к которым Агентства по транспорту Архангельской области добавляет перевозку двух грузовых автомобилей типа «Камаз».

Ежегодный объем перевозки пассажиров на линии «г. Архангельск – остров Кего» составляет также около 260 тыс. человек. На острове Кего в настоящее время проживает более 2300 человек. В течение дня судно осуществляет 12 круговых рейсов. При этом первые 3 рейса с острова Кего и последние 3 рейса из Архангельска имеют загрузку около 100 %. В дневное время загрузка судна в обоих направлениях не превышает 30-40 %.

Из-за необходимости перевозки большого количества людей пассажироместимость судна для этой линии должна составлять около 250 человек.

В период льдообразования и ледохода (осенью от месяца до трех и весной три-четыре недели) обстановка становится просто катастрофической, так как перевозка пассажиров с 70-х годов прошлого столетия обеспечивается буксирами (пассажирских судов с требуемой ледовой категорией в наличии нет), имеющими достаточную для работы в ледовых условиях категорию, ледопроходимость и прочность корпуса. Буксиры перевозят жителей до момента появления устойчивого прочного ледового покрова на реке.

Такие перевозки осуществляются с нарушением «Правил оказания услуг по перевозке пассажиров, багажа, грузов для личных (бытовых) нужд на внутреннем водном транспорте», утвержденных постановлением № 72 Правительства РФ от 6 февраля 2003 г. и требований правил РРР, на борту буксира часто размещают до 100 пассажиров [17].

В период ледохода на обслуживание внутригородских островных пассажирских переправ привлекаются буксиры ОАО «Архангельский морской торговый порт» и ООО «Экотэк-Бункер».

Согласно данным сайта [16] линия «г. Архангельск – остров Кего» имеет 2 расписания: на будние и выходные дни. Буксир начинает курсировать с 6-00 (отправление с о. Кего), а в 22-40 осуществляет последнее отправление из города Архангельск. Периодичность рейсов осуществляется в среднем 1 раз в час. Самый большой промежуток между отправлениями составляет 3 часа с 11-00 до 14-00 (относительно о. Кего). Наи-

меньший временной интервал отправлений между двумя пунктами составляет 40 минут.

Линия «остров Соломбала – остров Хабарка» также имеет 2 расписания на выходные и на будние дни. Буксир начинает курсировать с 6-00 (отправление с о. Хабарка), а в 22-40 осуществляет последнее отправление с о. Соломбала. Периодичность рейсов осуществляется в среднем 1 раз в час. Самый большой промежуток между отправлениями составляет 3 часа с 10-00 до 13-00 (относительно о. Хабарка). Наименьший временной интервал отправлений между двумя пунктами составляет 30 минут.

На линии «Лесозавод № 14 – Маймаксанский лесной порт» буксир начинает курсировать с 6-00 (отправление из лесного порта), а в 22-40 осуществляет последнее отправление от лесозавода № 14. Периодичность рейсов осуществляется в среднем 1 раз в час. Наименьший временной интервал отправлений между двумя пунктами составляет 15 минут.

На линии «Лесозавод № 22 – Лесозавод № 23» буксир начинает курсировать с 6-00 (отправление от лесозавода № 23), а в 23-00 осуществляет последнее отправление от лесозавода № 22. Периодичность рейсов осуществляется в среднем 1 раз в час. Наименьший временной интервал отправлений между двумя пунктами составляет 30 минут.

На линии «район «Экономия» – деревня Реушеньга» согласно расписанию осуществляются 5 рейсов: на Реушеньгу в 6-50, 8-30, 12-30, 16-30, и в 18-00; на Экономию через 20 минут после отправления из Реушеньги.

Как отмечается в [16], в «час пик» буксиры делают дополнительные рейсы по мере накопления пассажиров на причалах. Кроме перевозки горожан, буксиры выполняют функции дежурного судна, оставаясь в ночное время на островах для срочной доставки больных, решения задач МВД и МЧС, обеспечения срочной доставки продуктов и медикаментов для населения островов.

В период ледохода и ледостава перевозка горожан осуществляется бесплатно (например, в 2011 году буксирами было перевезено 170 тыс. человек, более 5 тысяч горожан в сутки) [16].

Проблемы есть даже тогда, когда ледоход прекратился.

С одной стороны каждую зиму создаются пешеходные и транспортные ледовых переправы (см. пример в таблице 2), но с другой стороны грузовые суда, заходящие в порт, разрушают ледовый покров на реке Северная Двина, создают ледовые каналы и торосы, мешают наведению пешеходных переправ через реку.

Наконец, в 2012 году Северная Двина не замерзала до декабря, а ледовые транспортные и пешеходные переправы были открыты только в третью декаду января 2012 года, при этом из-за ледообразования пришлось перевозить пассажиров 2,5 месяца буксирами.

Таблица 2

*Перечень пешеходных и транспортных ледовых переправ  
на территории муниципального образования «Город Архангельск»  
в зимний период 2012-2013 годов*

Наименование переправ	Орган (организация), обеспечивающий оборудование и эксплуатацию
Пешеходные переправы	
1. О. Кегостров – «Пур-Наволок»	Администрация Октябрьского территориального округа мэрии города
2. О. Хабарка – ОАО «СМЗ»	Администрация Соломбальского территориального округа мэрии города
3. МЛП (о. Бревенник) – лесозавод № 14	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
4. Лесозавод № 22 – лесозавод № 23	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
5. Лесозавод № 24 – лесозавод № 26	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
6. Лесозавод № 29 – порт Экономия	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
7. Д. Реушеньга – порт Экономия	Администрация Маймаксанского территориального округа мэрии города
Транспортные переправы	
1. Лесозавод № 14 – МЛП (о. Бревенник)	ООО «Транспорт»
2. Лесной порт (о. Бревенник) – о. Хабарка	Управление дорог и мостов департамента городского хозяйства мэрии города

**Источник:** [16]

Анализ общих внешних факторов, влияющих на пассажирские и грузовые перевозки по рекам на местных линиях, показал, что основной проблемой данного вида перевозок является их дотационность и зависимость от местных бюджетов. Без соответствующего финансирования такие перевозки просто исчезнут. Необходимость таких перевозок заключа-

ется в том, что для многих линий нет альтернатив и добраться из пункта А в пункт Б можно только по реке (или в ряде случаев, объезжая по суше значительно большее расстояние и затрачивая при этом значительно больше времени).

Особенность именно Архангельска в том, что нет других речных судов, способных обеспечить транспортное сообщение с островными территориями в период ледостава, кроме буксиров ледокольного класса, поэтому создание пассажирского (на 250 пассажиров) и грузопассажирского (на 250 пассажиров и два грузовых автомобиля типа «Камаз») судов, способных работать в таких условиях (с ледовой категорией Лед 40 и с относительно большой осадкой, до 2,40 м), является важной и актуальной задачей.

**Речные переправы Архангельской области в верховьях Северной Двины.** Всего в верховьях Северной Двины действует около 50 речных переправ.

Как отмечается в [18], суда, работающие на переправах, физически и морально устарели, что либо приводит к отсутствию коммуникаций вообще, либо к нарушениям, что в свою очередь небезопасно. В среднем в Архангельском регионе на воде, по разным причинам, гибнут по 470-500 человек в год (!!!).

**Переправа Березник – Осиново (Виноградовский район).** Работает летом 7 раз в день с 07.15 по 19.00 (по Березникам) [8]. В сельском населенном пункте Осиново постоянно проживает 1 414 человек, в летний период население удваивается за счёт приезжих [9].

«На переправе Березник-Осиново работал паром «СП-17». Грузоподъемность судна составляет 60 тонн, вместимость – 77 человек. Паром был построен в 1979 году. За 30 лет эксплуатации судна его капитальный ремонт ни разу не производился. Предварительная сметная стоимость ремонта составляет 14,5 миллионов рублей. В 2012 году после очередного освидетельствования муниципального парома Российский речной регистр запретил эксплуатацию судна. В результате весной 2013 года отрезанными от «большой земли» оказались около полутора тысяч жителей поселка Осиново. Было прекращено пассажирское и продовольственное сообщение островных поселений с материком» [10].

**Переправа Матера – Ухтоострово (Холмогорский район).** Муниципальное образование «Ухтоостровское», где численность населения в летний период достигает двух тысяч человек, находится на севере Холмогорского района, на правом берегу реки Северная Двина и островах Холмогорского разветвления. Матера – хутор в этом же районе.

На переправе последовательно использовались несколько маломерных судов с баржами, которые также последовательно получали запрещение к эксплуатации, что в свою очередь приводило к полному прекращению коммуникаций с Ухтоострово. Сейчас на этом маршруте работает пассажирский теплоход «Москва-36» ОАО «Архангельский речной порт» [11].

**Переправа Копачево – Ичково (Холмогорский район).** В деревне Копачево проживает 233 человека, в Ичково и в близлежащих деревнях сегодня проживает около тысячи человек. Постоянно действующей переправы нет. На переправе работает катер местного сельхозпредприятия, который не может обеспечить стабильную перевозку жителей правобережья [12].

Поэтому в 2012 году была утверждена долгосрочная целевая муниципальная программа «Развитие общественного пассажирского транспорта Холмогорского района на 2013-2016 годы». Программой предусматривается, в том числе, и приобретение речного судна для переправы Копачево – Ичково в 2015 году [13].

**Переправа Двинской – Ныкола (Холмогорский район).** Поселок Двинской (2915 человек жителей) расположен на правом берегу реки Северная Двина в Архангельской области. Расстояние от Двинского до Котласа 170 км, до Архангельска 470 км. Посёлок является административным центром Двинского сельского поселения в Верхнетоемском районе. Он находится в 12 км южнее районного центра – села Верхняя Тойма. Деревня Ныкола расположена на левом берегу реки Северная Двина.

На переправе работают поочередно два судна типа Т-63 вместимостью по 12 человек мощностью 150 л.с. (в период ледостава одновременно) и баржа грузоподъемностью 60 тонн. Расписание: время отправления с правого берега ежедневно 6.00, 7.45 (кроме выходных), 9.00, 12.00, 16.00, 19.30; пятница – дополнительно 18.00, воскресенье – дополнительно 14.00. С левого берега – через 30 минут соответственно [14].

**Переправа Верхняя Тойма (Верхнетоемский район).** Паромное сообщение с левым берегом Северной Двины осуществляется в летнее время. Зимой используют специально подготовленную трассу по льду реки (зимник). Во время ледостава и ледохода добраться до Верхней Тоймы невозможно. На переправе работает паром СП-16 (4-6 рейсов в день).

Основными проблемами речных пассажирских перевозок на местных линиях Архангельской области являются:

- устаревший флот пассажирских судов для местных линий (средний возраст – 37 лет);
- постоянный рост цен на топливо и энергоресурсы;
- сезонность работы предприятий, эксплуатирующих флот пассажирских судов для местных линий;
- отсутствие освещаемой обстановки на ВВП бассейна в период темных ночей, вдвое снижающее использование флота;
- ограниченное финансирование из бюджета убытков по пассажирским перевозкам, препятствующее проведению полноценных ремонтов и развитию инфраструктуры, используемой для осуществления пассажирских перевозок на местных линиях;
- разрушенные причальные стенки – невозможность швартовки пассажирским судам для местных линий;

- в ряде случаев конкуренция с автодорожным транспортом – существуют линии, где добраться от пункта отправления до пункта назначения можно дорогой, причем иногда выходит в несколько раз быстрее.

Анализ показал, что для местных переправ Архангельской области рекомендуется использовать новый мелкосидящий грузопассажирский паром на 50 пассажиров и 1 грузовой автомобиль типа «Камаз» (взамен существующих и близких по параметрам судов проектов 774, М-105, ДО-57).

**Существующий пассажирский флот местных линий.** По данным на начало 2013 года под наблюдением Северного филиала РРР (г. Архангельск) находилось около 230 пассажирских, грузопассажирских и грузовых судов для местных линий. Основной порт приписки – Архангельск, средний возраст всех судов для местных линий – 37,2 года, только пассажирских и грузопассажирских – 37,3 года (всего 44 единицы). Последнее из пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий Архангельской области было построено в 1999 году (т/х «Тойнокурье», владелец МУП «Флора-Дизайн»).

В таблице 3 представлены основные проекты судов, эксплуатируемых на островных территориях города Архангельска в дельте реки Северная Двина, а также на других местных линиях, в таблице 4 – их основные характеристики.

Нормативный срок эксплуатации судов составляет 25-35 лет при максимально возможном сроке эксплуатации 40 лет. Таким образом, уже сейчас могут быть списаны практически все из 44 единиц флота пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий.

Это, безусловно, приведет к обвалу объемов пассажиро- и грузоперевозок на речном транспорте, что для Архангельской области обернется транспортным коллапсом.

Как видно из вышеизложенного, предстоящее списание пассажирского и грузопассажирского флота нанесет существенный ущерб, на фоне полного отсутствия строительства нового флота пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий Архангельской области.

**Основные судовладельцы.** ОАО «Архангельский речной порт» является основным оператором на рынке пассажирских перевозок на местных линиях в Архангельской области. По состоянию на середину 2013 г. эксплуатирует 9 пассажирских судов для местных линий: из них 4 ед. – суда проекта Р-51/Р-51Э типа «Москва», 3 судна проекта 839А-03 типа «МО» и два судна 40-х годов постройки типа «Коммунар».

Средний возраст флота пассажирских судов составляет 46,3 года, грузовых судов для местных перевозок – 32,7 года.

**ОАО «Северное речное пароходство»** по состоянию на середину 2013 г. эксплуатирует 2 пассажирских судна для местных линий («Заря-170» проекта 946А и «Заря-324Р» проекта Р-83А) на линиях Котлас – Сойга, Верхняя Тойма – Нижняя Тойма. Средний возраст флота пассажирских судов составляет 35,5 лет.

Таблица 3

*Основные проекты пассажирских и грузопассажирских судов,  
эксплуатируемых на островных территориях города Архангельска  
в дельте реки Северная Двина, а также на других местных линиях,  
поднадзорных Северному филиалу РРР*

Проект	Количество	Средний возраст
774	7	40,9
М-105	5	54,8
Р-51, Р51Э «Москва»	4	30,8
82220	3	14
839, 839А «МО»	3	50,7
95031	3	19
Б-212	3	39,7
Р-83, Р-83А	2	34,5
698П	2	35
ДО-57	2	29,5
типа «Коммунар»	2	71
946А	1	39
1785	1	44
698П (переоборудование в пассажирское судно)	1	33
024	1	44
1733	1	22
82270П	1	8
61В	1	25
485С	1	31
ИТОГО	44	37,3

**Источник:** [РРР]

**ООО «Верхнетоемское дорожное управление»** эксплуатирует 2 грузопассажирских судна для местных линий: т/х «Ерга» проекта М-105 (на данный момент в аренде у ОАО «Автогараж») и т/х «СП-16» проекта 774. Средний возраст флота грузопассажирских судов составляет 46,5 лет.

**ООО «Управляющая компания «Соломбалалес»** эксплуатирует 1 грузопассажирское судно для местных линий возрастом 37 лет.

**ООО «Архсплав»** эксплуатирует 1 грузопассажирское судно для местных линий («В. АТЛАСОВ» проекта 774) и 5 грузовых судов для местных линий: 3 судна проекта Т-63 (с модификациями), по 1 судну проектов КС-100Д и 809. Возраст грузопассажирского судна – 46 лет, средний возраст грузовых судов для местных перевозок – 46,6 лет.



Таблиця 4

*Основные характеристики проектов пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий, эксплуатируемых на островных территориях города Архангельска в дельте реки Северная Двина, а также на других местных линиях в северных регионах Российской Федерации*

Параметры	774	М-105	Р-51 / Р-513	82220	839 / 839А	95031	Б-212	Р-83	698П	ДЮ-57
Тип судна	Грузопассажирский самоходный паром с надстройкой и МО в кормовой части типа «СП-8»	Грузопассажирский речной самоходный паром	Пассажирский теплоход типа «Москва»	Теплоход-площадка с пассажирским салоном в средней части типа «Тойно-курья»	Пассажирский теплоход типа «МО»	Пассажирский теплоход типа «Ясавэй»	Несамоходный палуубный плашкоут типа «БП-100»	Мелко-силовый пассажирский теплоход типа «Заря»	Самоходный плашкоут прибрежного плавания типа «МП-1»	Грузопассажирский речной самоходный паром типа «СП-17»
Назначение судна	Перевозка пассажиров, грузового и автомобильного транспорта	Перевозка пассажиров, автомобилей, тракторов	Перевозка пассажиров	Перевозка пассажиров на коротких пригородных линиях и переправах	Перевозка пассажиров на пригородных и местных линиях	Перевозка пассажиров	Перевозка пассажиров и техники	Перевозка пассажиров	Перевозка грузов, контейнеров, накатной техники	Перевозка пассажиров, автомобилей, тракторов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Класс РРР / РС	ф Р1,2	ф Р1,2	ф Р1,2	ф Р1,2	ф О2,0	ф Р1,2	ф Р1,2	ф Р1,2	КМ L3 R2	ф Р1,2
Длина габаритная, м	31,67	30,50	38,20	17,34	29,54	24,00	24,15	23,90	35,75	32,40
Длина расчетная, м	31,30	29,65	36,00	16,50	28,00	23,00	24,00	21,90	34,00	31,30
Ширина габаритная, м	10,77	5,85	6,50	4,10	5,21	4,13	7,30	3,93	7,40	10,86
Высота борта, м	1,40	1,20	1,70	0,80	2,40	1,60	1,40	1,25	2,40	1,40
Осадка судна, м	0,65	0,76	1,13	0,50	1,22 / 1,24	0,74	0,72	0,55	1,71	0,67
Возможение в грузу, т	144,2	101,60	101,58	19,08	76,2 / 78,0	39,40	-	29,85	293,5	150
Возможение порожнем, т	71,67	36,40	78,55	13,34	60,9 / 63,1	31,01	-	19,45	130	83,66
Грузопольность, т	60	60	-	-	-	-	60	Блаж - 1 т	120-150	60

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество машин на палубе	4-6	до 4	-	-	-	-	до 4	-	до 6 («ЛС 200»)»	4 («КАМАЗ») - 6 («ЗИЛ-150»)»
Площадь грузовой палубы, м <sup>2</sup>	204	135	-	-	-	-	110	-	96	204
Автономность, час.	116	120	24	72	72	72	-	16	96	116
Скорость судна (при максимальной загрузке), км/ч.	12-13	9,9	24	10,5	20 / 19	н/д	-	41-43	13	12
Тип и мощность энергетической установки, кВт	6ЧСП 12/ 14,90	3Д6 110	6ЧСП 16/ 18, 2х110	40	6ЧСП 15/ 18, 110	ЯМЗ- 238ГМ2- 2,110	-	М401Л. 660	6ЧСП 18/ 22,165	6ЧСП 12/ 14,90
Тип двигателя	Водометный с надводной выпускной трубой	Водомет	Гребной винт	Гребной винт	Гребной винт	н/д	-	Одноступенчатый водомет с горизонтальным подолным выбросом струи	Гребной винт	Водометный осевой пропеллерный насос с направляющим аппаратом и подполной выпускной трубой

Источник: [«Справочник по серийным речным судам», РРР]

**ООО «Экотэк»** эксплуатирует 1 грузопассажирское судно для местных линий («Сладак» проекта 1785) 1969 года постройки (переоборудован в 2009 году). В зимнюю навигацию буксиры компании работали на пассажирских линиях Архангельской области, в виду отсутствия соответствующего флота с ледовыми подкреплениями.

**ООО «СК «Арктиктрейд»** эксплуатирует 1 пассажирское судно с возможностью выхода в Белое море «Беломорье» проекта 698П 1980 года постройки (судно было перестроено из самоходного плашкоута), грузопассажирские паромы «Двинка» проекта 024 типа «Север» 1969 года постройки, «Восток-173» проекта 1733 типа «Восток» 1991 года постройки и два грузовых плашкоута «Васьково» и «Красавино» проекта 698П 1978 года постройки. Возраст пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий составляет 33,8 года.

**МП Заполярного района «Северная транспортная компания»** эксплуатирует 4 пассажирских судна для местных линий: 3 судна проекта 95031 и 1 судно проекта 82270П. Средний возраст пассажирских судов для местных линий составляет 16,3 года.

**Администрация МО «Лявленское».** В эксплуатации находится 1 грузопассажирское судно для местных линий «Вознесенье» проекта 82220 постройки 1999 года. Кроме того, еще одно грузопассажирское судно «Конецдворье» данного проекта (1999 год постройки) работает на перевозках в село Нижняя Тойма Архангельской области (эксплуатируется местным МО). Особенность судна заключается в срезанной пассажирской рубке и установленной носовой аппарели.

**Администрация МУП образования «Холмогорский муниципальный район».** В эксплуатации находится 1 грузопассажирское судно для местных линий «Куростров» проекта М-105 постройки 1958 года. Работает на переправе между селами Холмогоры и Ломоносово Архангельской области.

**ООО «Ойл Компаньон».** В эксплуатации находится 1 грузопассажирское судно для местных линий «Двинослав-230» проекта М-105 постройки 1960 года.

**ООО «Северный ЛиС».** В эксплуатации находится 1 грузопассажирское судно для местных линий «Пижма» проекта М-105 постройки 1960 года. Работает на местных перевозках в Ухте.

**ОАО «Верхнетоемсклес».** В эксплуатации находится 1 грузопассажирское судно для местных линий «Архлеспром-74» проекта М-105 постройки 1957 года.

**ООО «Архангельский лесной двор».** В эксплуатации находится 1 несамоходный грузопассажирский паром для местных линий «2540» проекта 61В постройки 1988 года. В качестве энергетической секции используется буксир «Гранд» проекта 433.

**ООО «ЛДК № 23».** В эксплуатации находится 1 несамоходный грузопассажирский паром для местных линий «РРА-82-58» проекта Б-212 постройки 1980 года.

**ФГБУ «Соловецкий государственный историко-архитектурный природный музей-заповедник».** В эксплуатации находится 1 пассажирское судно «Александр Шабалин» проекта 485С типа «Метель» постройки 1982 года и 1 разъездное судно «Печак» проекта РВ-376 постройки 1966 года.

**Анализ путевых и погодных условий. Выбор главных характеристик судов.** Согласно [1, 15] река Северная Двина спокойная (скорость течения до 3 км/час в межень и до 6 км/час в половодье).

Глубина реки до 3,5 м (при слиянии Сухоны и Юга), от 2 до 4,5 м (до устья Вычегды), от 5 до 7,5 м (в пределах Вологодской области), до 12-24 м (Архангельск), наблюдаются отмели и перекаты.

Дно Северной Двины преимущественно песчаное.

Ширина реки в среднем составляет 450-600 м. Ширина судоходной части в русле достигает 500-1200 м (гарантированные габаритные размеры судовых ходов основных водных путей см. в таблице 5).

Продолжительность навигации 174-185 дней (первая цифра относится к нижней части, вторая – к истоку). Лед появляется в конце октября, осенний ледоход длится 2-3 недели, ото льда река очищается примерно за декаду, ледостав устанавливается на 180-190 дней.

*Таблица 5*

*Гарантированные габаритные размеры судовых ходов  
основных водных путей*

Река, участок	Протяженность, км	Глубина, см	Ширина, м	Радиус закругления, м
р. Северная Двина				
Устье р. Юга – Котлас	67	110	40	300
Котлас – Орлецы	495	170	40-100	400-600
Орлецы – Уйма	103	215	100	600
Полой Мечка	19	215	100	600
Рикасиха – Северодвинск	20	160	30	110

**Источник:** [5]

Водные пути порта Архангельск характеризуются достаточно большими (для реки) глубинами, доступны в зоне рейдов судам с осадкой до 7,5 м [2]. Согласно [3] у причалов № 149-155 Объединенного морского-речного вокзала могут быть одновременно отшвартованы 2 морских и 3 речных пассажирских судна с осадками до 5,3 м.

При плавании судна каналам Никольского русла, начиная от канала Верхне-Кегостровского створа до Лайского входного и по реке Ля до ОАО «Лайский СРЗ» осадка не более 4,5 м, при плавании по подходному каналу к ПРР «Жаровиха» – 4,0 м; по подходному каналу ОАО «Архангельский ЦБК» – 3,5 м, к ОАО «Лесозавод № 2» и Фактории – 6,5 м.

Скорость пассажирских судов ограничена на судоходных каналах 30 км/час, в Маймаксанском рукаве, на внутренних рейдах порта Архангельск – 18 км/час, вблизи причалов и лесостоянок – 9 км/час.

При ветре свыше 17 м/с или при наличии волнения в месте посадки-высадки пассажиров высотой более 1 м перевозка пассажиров на любых типах судов, включая паромы, запрещается [3].

**Общие особенности речных пассажирских судов местных линий.** Рассматриваемые речные пассажирские и грузопассажирские суда для местных линий по продолжительности рейса и назначению по классификации Санитарных норм для судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания (СанПин 2.5.2-703-98) относятся к III группе. Это суда внутреннего плавания внутригородских, пригородных линий, что собственно, определяет их архитектурно-конструктивный тип, наличие специальных помещений, требования к площадям помещений, освещенности, системам водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха и т. п.

Типовой состав экипажа: капитан-механик; матрос; кассир (как правило, женщина). В условиях Архангельска суда могут оставаться на островах на ночь. Поэтому должны быть предусмотрены помещение для отдыха экипажа, с выделением места отдыха для кассира и место для разогрева пищи.

Суда для местных линий могут иметь в большей или меньшей степени (в зависимости от условий эксплуатации) упрощенную форму корпуса. От экстремально упрощенной «понтонной» формы у относительно тихоходных грузопассажирских паромов, работающих на коротких линиях мелководных переправ с одного берега на другой со скоростями хода до 10-12 км/ч, до умеренно упрощенной (сломы по скуле и отсутствие двухплоскостной кривизны днища кормовой оконечности) у паромов со скоростями хода до 15-24 км/ч.

Для посадки и высадки пассажиров с носа на пассажирских судах пригородных и внутригородских линиях часто используют носовые обводы выше ватерлинии с развалом для обеспечения достаточной площади палубы бака.

Грузопассажирские паромы «челночного» типа в надводной части имеют симметричные формы носовой и кормовой оконечностей для обеспечения единообразия условий погрузки/выгрузки как с носа так и с кормы.

Форштевень пассажирских судов выполняется наклонным в надводной части и с подъемом днища в подводной для обеспечения возможности причаливания носом к берегу в необорудованных местах для посадки и высадки пассажиров с носа.

По этой же причине бульбообразная носовая оконечность не применяется из-за большой вероятности аварийных повреждений при касании грунта носовой оконечностью и частых швартовках в стесненных условиях.

Грузопассажирские паромы в надводной части имеют носовой транец для обеспечения установки аппарели и причаливанию носом к местам погрузки/выгрузки.

Кормовая оконечность пассажирских судов выполняется, как правило, транцевой для уменьшения габаритной длины судна.

На грузопассажирских паромах транец в надводной части кормы служит для обеспечения установки аппарели и причаливанию кормой к местам погрузки/выгрузки.

Кормовые обводы в подводной части (в особенности для судов с экстремально ограниченной осадкой) имеют характерные туннельные образования для обеспечения условий работы гребных винтов.

Машинное отделение, помещения экипажа на всех судах размещаются в кормовой части для обеспечения удобства сообщения экипажа с МО и рулевой рубкой, оптимальной компоновки пассажирской зоны.

Для «северных» вариантов судов с учетом климатических условий предусматриваются закрытые ходовые мостики от борта до борта.

На пассажирских судах, как правило, применяется:

- салон для пассажиров в один ярус в средней и носовой части, обеспечивающий посадку и высадку с носа и обоих бортов (в кормовой части пассажирской зоны);

- рулевая рубка в корме от пассажирской зоны (для удобства контроля за пассажирской зоной, посадки/высадки пассажиров) и в непосредственной близости от МО;

- надстройка и крылья мостика, не выступающие за габариты основного корпуса при крене в 5-9 градусов.

На грузопассажирских паромах «челночного» типа (с носовой и кормовой аппарелями):

- салон/салоны для пассажиров размещается по возможности в один ярус в бортовых надстройках средней части судна с одного или обоих бортов;

- центральная часть главной палубы предусматривается для размещения автомобилей и другой колесной техники с возможностью сквозного проезда с носа в корму и наоборот (погрузка/выгрузка с помощью носовой и кормовой аппарелей);

- рулевая рубка размещается в средней части судна на мостике над грузовой зоной с возможностью кругового обзора (для удобства контроля

за пассажирской и грузовой зонами) обеспечивая одинаковые условия обзора как при подходе к причалу/швартовке как носом, так и кормой.

Пассажирское судно, как правило, гладкопалубное с возвышенными баком и ютом. При этом крыша закрытого пассажирского салона имеет уклон к носу. Для «южных» версий обычно предусматривается подвижные остекленные участки крыши или телескопическая полностьюдвигаемая в корму крыша с верхними частями бортовых стенок.

Грузопассажирские паромы, как правило, также гладкопалубные с относительно небольшими седловатостями грузовой палубы в носу и корме (у аппарелей).

Крыши полностью закрытых рулевых рубок от борта до борта имеют седловатость для обеспечения слива дождевой воды.

На таких судах судовая энергетическая установка дизельная. Причем, как правило, применяется два главных двигателя с двухвальной установкой с гребными винтами и рулями/направляющими насадками, обеспечивающая соответствующие пропульсивные качества и достаточную маневренность для данных судов с большим соотношением ширины к осадке.

Для мелкоосидающих судов (с экстремально ограниченной осадкой) целесообразно применение современных гребных колес или водометных движителей.

**Классы Регистра.** В правилах порта Архангельск указано, что с наступлением ледостава к работе в пределах Архангельска допускаются суда, имеющие ледовую категорию РС Ice 1 (или их эквивалент в классе РРР «Лед 40»), которая позволяет работать судам в мелкобитом льду толщиной до 40 см.

Островные территории города Архангельска в дельте реки Северная Двина, а также сама Северная Двина выше города Архангельск, относятся к разряду «Р», поэтому суда должны иметь класс РРР ✖ Р1,2 (высота волны 1,2 м 1 % обеспеченности).

Таким образом, для судов, предназначенных для работе в районе Архангельске, требуется класс РРР ✖ Р1,2 (Лед 40). Для судов, которые будут работать на местных областных линиях исключительно в безледовой обстановки можно рекомендовать просто ✖ Р1,2. Если же все равно придется эксплуатировать судно в условиях ледохода, то остается в силе первая рекомендация.

**Особенности судов для работы в городе Архангельск.** Как показало изучение условий работы судов в районе Архангельска, глубина на основном ходу около 4 м, но у берегов уменьшается до 2,5-3 м, соответственно осадку у городских судов не следует делать более 2,4 м, но с другой стороны, с учетом того, что работа предполагается в сильнозашугованных условиях, и уменьшать осадку не рекомендуется, иначе будут забиваться винты и судно будет терять ход.

По длине судно не должно превышать 40 метров, чтобы не мешать судовому ходу, так как паром будет в условиях города швартоваться поперек реки. Из условий маневрирования на течении ширина ограничивается значением в 10 м.

Необходим бортовой лацпорт для высадки пассажиров при отсутствии загрузки автомобилями.

В соответствии с особенностями эксплуатации (в ночное время суда могут оставаться на островах для срочной доставки больных, решения задач МВД и МЧС, обеспечения срочной доставки продуктов и медикаментов для населения островов), по рекомендации эксплуатирующей организации, должны приниматься следующие параметры автономности: по топливу – 5 суток, по прочим видам запасов – 2 суток.

В результате было предложено грузопассажирское судно проекта RPF14 вместимостью 200 человек и 2 автомашины типа «Камаз» (схема общего расположения дана на рисунке 2, главные характеристики приведены в таблице 6). Проект предназначен для эксплуатации на островных территориях города Архангельска в дельте реки Северная Двина, а также на других местных линиях в северных регионах Российской Федерации, где необходимо работать в ледовых условиях.

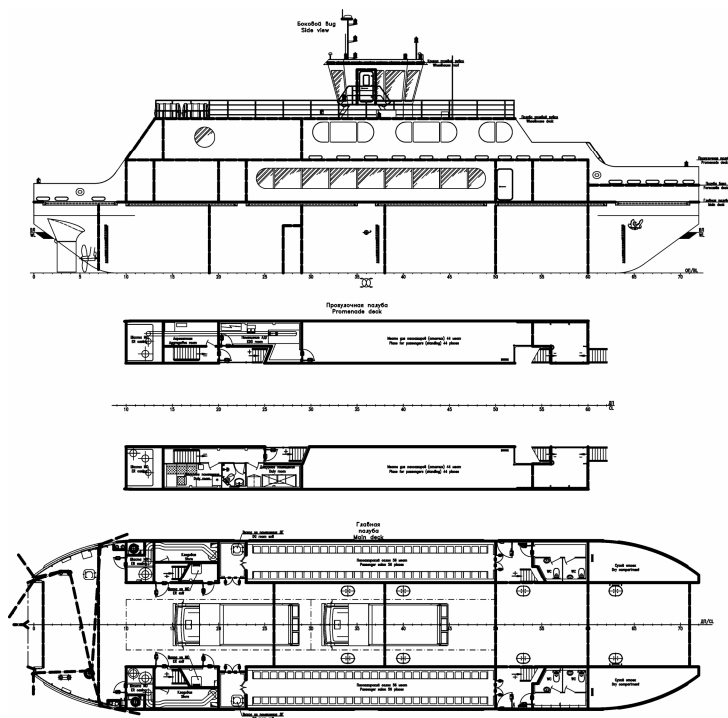


Рис. 2. Общее расположение парома проекта RPF14



Таблиця 6

*Основные характеристики парома проекта RPF14*

Длина габаритная, м	39,60
Длина между перпендикулярами, м	38,22
Ширина габаритная, м	10,20
Ширина наибольшая, м	10,00
Высота борта на миделе, м	4,20
Высота габаритная от ОП до несъемных частей (не более), м	15,70
Осадка по КВЛ (проектная), м	2,40
Дедвейт при осадке по КВЛ, т	330
Автономность по запасам, сут	2
Площадь грузовой палубы, кв. м	190
Длина грузовой палубы, м	35
Пассажировместимость, чел	200
Класс РРР	✠ Р1,2 (лед40) А
Максимальная мощность ГД, кВт	2 x 479
Винто-рулевое устройство	2 ВФШ + 2 руля
Вспомогательные ДГ, кВт	2 x 130
Аварийный ДГ, кВт	28
Экипаж, чел	3
Скорость хода на глубокой тихой воде для свежеокрашенного корпуса без обрастания при осадке 2,4 м при 85% мощности ГД, км/ч	20,0

Принятый архитектурно-конструктивный тип: стальное самоходное двухвинтовое судно с транцевой носовой и транцевой кормовой оконечностями, с избыточным надводным бортом, с расположенными по борту надстройками, выполненными из сплава АМг5, с носовой и кормовой аппаратами, со средним расположением рулевой рубки, с машинным отделением в кормовой части.

Пассажиры размещаются на сидячих местах в двух пассажирских салонах, а также на открытых частях прогулочной палубы. На судне предусмотрены туалеты для пассажиров.

На переборках пассажирских салонов возле крайних сидений предусмотрена установка откидных детских люлек (8 штук).

Для размещения экипажа численностью 3 человека предназначается дежурное помещение, в котором располагается оборудование для хранения и подогрева пищи, а также места для кратковременного отдыха экипажа.

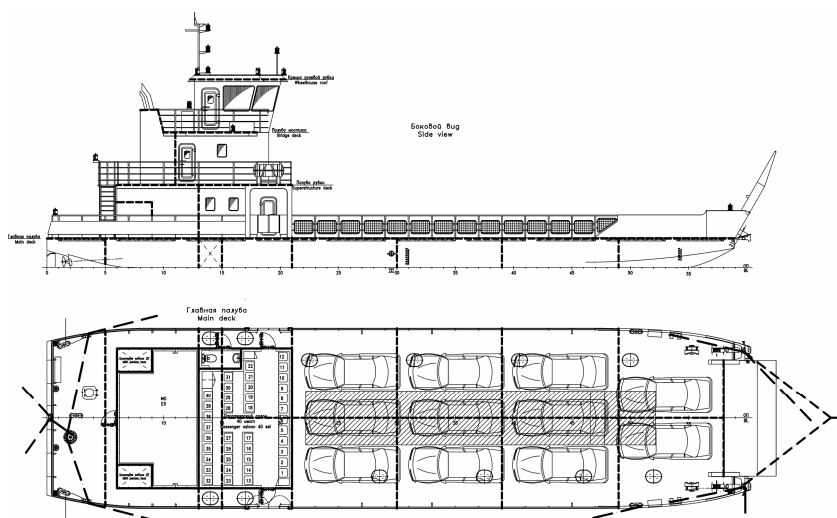
**Особенности судов для работы в области.** Паром для местных областных линий предполагается для переправ с мелководными участками, глубина на участках до 0,8 м.

Необходима свободная палуба длиной около 20 м (для размещения в длину самосвала или автопоезда). Нагрузка на ось – 15 т.

Сидячих мест около 40. Остальные могут перевозиться стоя.

Требуется носовая аппарель примерно 5 x 5 метров, чтобы обеспечить выгрузку автотехники на необорудованном берегу. В соответствии с условиями эксплуатации рекомендуется автономность по всем видам запасов 2 суток.

В результате было предложено грузопассажирское судно проекта RPF15 вместимостью 50 человек и одной автомашины типа «Камаз» (схема общего расположения дана на рисунке 3, главные характеристики приведены в таблице 7). Проект предназначен для эксплуатации на областных переправах Архангельской области, а также на других местных линиях в северных регионах Российской Федерации, где необходимо работать в ледовых условиях.



*Рис. 3. Общее расположение паром проекта RPF15*

Принятый архитектурно-конструктивный тип: стальной самоходной двухвинтовой паром с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с кормовой рубкой, без бака, с ютом, с машинным отделением в кормовой части, с носовой аппарелью.

Пассажиры размещаются на сидячих местах в пассажирском салоне на главной палубе (40 мест), остальные – стоя.

На переборках пассажирских салонов возле крайних сидений предусмотрена установка откидных детских люлек (4 штуки).

На судне предусмотрен общественный туалет для пассажиров вблизи пассажирского салона.

Для размещения экипажа численностью 3 человека предназначается дежурное помещение, в котором располагается оборудование для хранения и подогрева пищи, а также места для кратковременного отдыха экипажа.

*Основные характеристики парома проекта RPF15*

Длина габаритная (с привальным брусом и аппарелью), м	26,50
Ширина габаритная, м	8,90
Ширина наибольшая, м	10,00
Высота борта на миделе, м	4,20
Высота габаритная от ОП до несъемных частей (не более), м	9,12
Осадка по КВЛ (проектная), м	0,70
Дедвейт при осадке по КВЛ, т	64
Автономность по запасам, сут	2
Пассажировместимость, чел.	50
Класс РРР	✠ Р1,2 (лед40)
Максимальная мощность ГД, кВт	2x102
Винто-рулевое устройство	2 ВФШ + 2 руля
Вспомогательные ДГ, кВт	2x51,6
Экипаж, чел	3
Скорость хода на глубокой тихой воде для свежескрашенного корпуса без обрастания при осадке 0,7 м при 85 % мощности ГД, км/ч, не менее	15,0

### **Выводы.**

1. Рост пассажиро- и грузоперевозок в Архангельском регионе за последние годы, морально и физически устаревший флот пассажирских и грузопассажирских судов для местных линий, проблемы с отсутствием флота с необходимыми ледовыми усилениями для возможности эксплуатации в период льдообразования и ледохода показывают необходимость строительства речных грузопассажирских судов нового поколения для местных линий с ледовым классом Лёд 40.

2. В настоящее время региональным правительством реализуется долгосрочная целевая программа «Развитие общественного пассажирского транспорта Архангельской области на 2012-2016 годы», в рамках которой предусмотрено строительство и приобретение на условиях финансирования новых паромов.

3. Анализ показал, что в программу необходимо включить следующие суда:

- грузопассажирское судно вместимостью около 200 человек, на две автомашины типа «Камаз» с носовой и кормовой аппарелями для работы на речной переправе протяженностью до 3 км и ледовой категорией Лед 40;

- пассажирское судно вместимостью 250 человек, с ледовой категорией Лед 40;

- грузопассажирское судно вместимостью до 50 человек, на автомашину типа «Камаз» (грузоподъемностью 40-50 т) с носовой аппарелью для работы на речных переправах продолжительностью рейса до 2 часов и ледовой категорией Лед 40.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Внутренние водные пути России / В.М. Воронцов, В.А. Кривошей, А.Б. Разгуляй, В.И. Савенко. – М.: По Волге, 2003. – 188 с.*
2. *Морские порты России: Справочник. – М.: Издательский дом Магистраль, 2012. – 496 с.*
3. *Порты мира. Книга 4. Россия. Ч. 1. Абакан-Колпашево. – СПб.: ЦНИИМФ, 2000. – 559 с.*
4. *Речные порты и внутренние водные пути России: Справочник. – М.: Издательский дом Магистраль, 2011. – 370 с.*
5. *Справочник эксплуатационника речного транспорта / М.Д. Амусин, В.С. Бубякин, К.А. Гаринев и др./ Под ред. С.М. Пьяных. – М.: Транспорт, 1995. – 360 с.*
6. *Информационный портал «News29». Статья «В Архангельске изменили расписание буксиров на пассажирских переправах» от 29.11.12. URL: <http://www.news29.ru>*
7. *Информационный портал для моряков «CrewingBizUa». Статья «Речные пассажирские перевозки в Архангельске могут прекратить свое существование – профсоюз речпорта» от 28.05.09. URL: <http://www.crewing.biz.ua>*
8. *Информационный портал «Двиноважье. История и культура Виноградовского района». URL: <http://dvinovaje.ru>*
9. *Информационное агентство «ДвинаИнформ». Статья «Жители Осиновского сельского поселения находятся в критической ситуации» от 16.05.13. URL: <http://www.dvinainform.ru>*
10. *Информационное агентство «ДвинаИнформ». Статья «Переправе Осиново – Березник: Слово за областными депутатами» от 28.05.13. URL: <http://www.dvina-inform.ru>*
11. *Информационное агентство «ДвинаИнформ». Статья «В Поморье уладят проблемы с переправами» от 05.07.13. URL: <http://www.dvinainform.ru>*
12. *Информационное агентство «Правда Севера». Статья «Матера и Ухтоострово теперь с переправой. А Ичково?» от 30.07.13. URL: <http://www.pravdasevera.ru>*
13. *Информационный портал районной газеты «Холмогорская жизнь». Статья «Программа водных переправ» от 19.10.12. URL: <http://holmgazeta.ru>*

14. Информационный портал «NP». Стаття «Теплоход «Мечта» вместо рейсов на Ухтострово перевозит грузы для подготовки к юбилею Ломоносова» от 08.06.11. URL: <http://news.nordportal.ru>
15. Сайт «Все реки России». – URL: <http://vsereki.ru/severnyj-ledovityj-okean/bassejn-belogo-morya/severnaya-dvina> (дата обращения 30.10.2013).
16. Официальный интернет-портал «Архангельск». URL: <http://www.arhcity.ru> (дата обращения 30.10.2013).
17. Официальный интернет-портал губернатора Архангельской области. URL: <http://www.orlov29.ru/> (дата обращения 30.10.2013).
18. Универсальная интернет-энциклопедия «Википедия». URL: <http://www.wikipedia.org>

*Стаття надійшла до редакції 19.02.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, головний науковий співпрацівник Морського інженерного бюро, науковий консультант **В.В. Козляков**

УДК 69.05:658.562:728.1

В.А. Гришин, А.В. Гришин, А.А. Сипливец

#### КРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ КОТЛОВАНОВ

*Приведены некоторые современные сведения о назначении, расчете и возведении котлованов рядом с существующими сооружениями.*

**Ключевые слова:** котлованы, вертикальные и наклонные откосы, укрепление откосов, расчеты.

*Приведено деякі сучасні відомості про призначення, розрахунок і зведення котлованів поруч з існуючими спорудженнями.*

**Ключові слова:** котловани, вертикальні та похилі укоси, укріплення укосів, розрахунки.

*Some modern data on appointment, calculation and erection of foundation ditches near to existing constructions are resulted.*

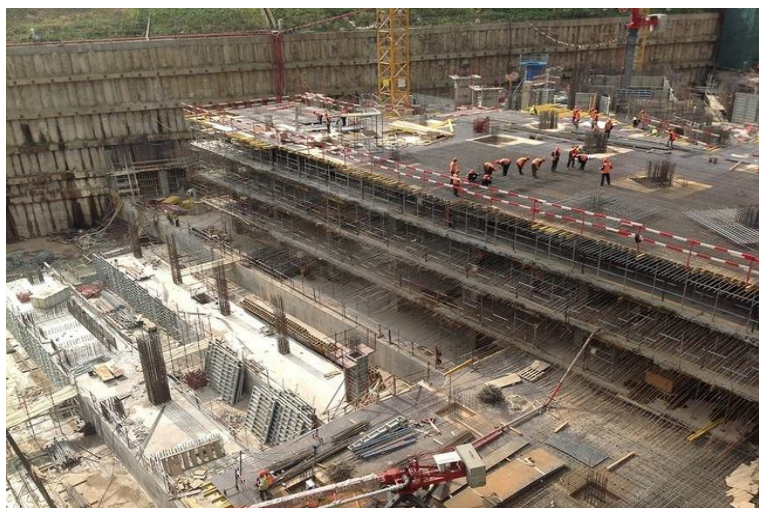
**Keywords:** foundation ditches, vertical and slope dip-slopes, strengthening of dip-slopes, calcukations.

*Из ошибок, происходящих на постройке, наиболее пагубны те, которые касаются фундамента, так как они влекут за собой гибель всего здания и исправляются с величайшим трудом.*

**Палладио, архитектор и строитель, 1570 г.**

В настоящее время в городах часто ведется новое строительство за счет уплотнения старой застройки. Рядом с существующими сооружениями, снос которых нежелателен, строятся новые здания повышенной этажности или возводятся сложные подземные комплексы различного назначения, как например, показанный на рисунке 1. Это наблюдается и в Одессе. На рисунке 2 изображено строительство подземного паркинга на Греческой площади. Такие сооружения часто возводятся в открытых котлованах значительной глубины с наклонными (рис. 3) и вертикальными (рис. 4) откосами. Устройство котлована первого типа является наиболее простым и экономичным решением, однако применение этого способа встречает ряд ограничений. Так при увеличении глубины заложения сооружений существенно возрастает занимаемая площадь и объемы вынутого из котлована грунта. Чтобы избежать обрушения откосов,  
© Гришин В.А., Гришин А.В., Сипливец А.А., 2014

и, следовательно, разрушения рядом стоящих зданий, их приходится укреплять, что является довольно сложной задачей. Причина состоит в том, что конструкции существующих зданий со временем становятся очень чувствительными к неравномерным осадкам, которые зависят от конструктивных схем, возраста и физического износа материала сооружений, т. е. от их технического состояния. На способы крепления откосов котлованов также влияют геологические, гидрологические, климатические и сейсмические свойства окружающих грунтов. Так как грунты являются существенно нелинейной средой, то их напряженно-деформированное состояние очень сильно зависит от пути и времени нагружения и технологии выполнения строительных работ.



*Рис. 1. Подземное строительство в городе Москве*



*Рис. 2. Стrojительство подземного паркинга в городе Одессе*



*Рис. 3. Сооружение котлована под Дворец Советов в Москве, 1938 г.*



*Рис. 4. Котлован с вертикальными укрепленными откосами*



Многочисленные наблюдения показывают, что сооружение котлованов вблизи существующих зданий без принятия необходимых эффективных мер по недопустимости деформаций их откосов может привести к различным аварийным ситуациям вплоть до разрушения, как самих котлованов, так и расположенных рядом с ними зданий. На рисунках 5 и 6 приведены примеры разрушений котлованов. Много различных случаев аварий с их анализом приведены, например, в следующих работах [1, 2, 3].



*Рис. 5. Обрушение стенок котлована на Греческой площади в Одессе*



*Рис. 6. Обрушение котлована в Загребе в 2007 г.*

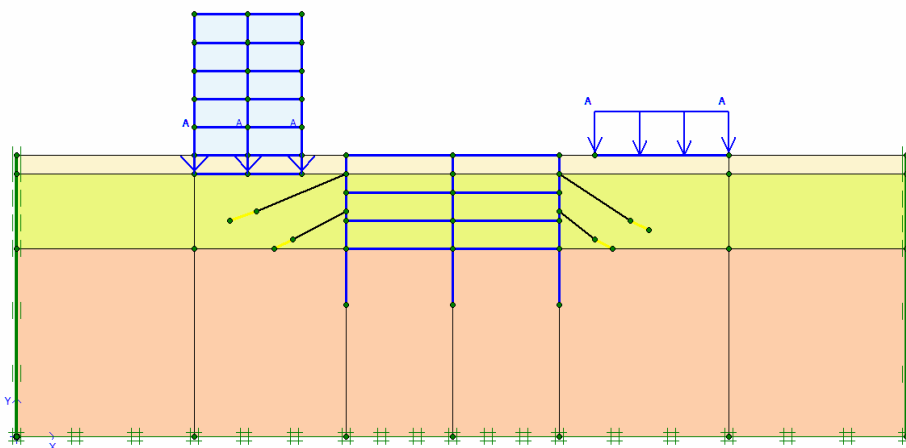
В данной статье будут рассмотрены котлованы только с вертикальными откосами, которые укреплены от разрушения. В настоящее время для крепления стен котлованов в основном принимаются следующие конструкции [4, 5]: <стена в грунте>, шпунтовые ограждения и стенки из сплошного или разреженного с забиркой ряда свай. В зависимости от глубины котлованов такие стенки могут работать по консольной или балочной расчетной схеме. В качестве опор во втором случае могут использоваться анкерные устройства или другие удерживающие конструкции. Как показал анализ возведенных к настоящему времени котлованов [6], 18 % из них имеют глубину менее 5 м, 52 % – 5-10 м, 23 % – 10-15 м и глубина остальных более 15 м. Использовались ограждения: <стена в грунте> 37 %, ограждение из труб 47 %, буронабивные сваи 10 % и остальные 6 %. Применялись крепления: распорки 38 %, подкосы 28 %, грунтовые анкера 16 % и другие 18 %. Невозможно в одной статье рассмотреть расчеты всех применяемых стенок и креплений котлованов, поэтому здесь будут рассмотрены только железобетонные стенки типа <стена в грунте> с грунтовыми анкерами, расположенными в один или несколько ярусов. Современное оборудование позволяет создавать стенки этого типа глубиной до 70 м и шириной от 0,4 м до 1,2 м.

Отметим преимущества и недостатки таких креплений. Наблюдения показывают, что откосы котлованов обычно деформируются, и поэтому вокруг них происходит разуплотнение грунтов. Оно и вызывает осадки сооружений, находящихся вблизи котлованов. Применение предварительно-напрягаемых анкеров позволяет прижать стенку к грунту до того, как он разуплотнится и этим предупредить осадки сооружений построенных рядом с котлованом. Следовательно, анкерные крепления не должны разрушать расположенные рядом с котлованом ранее построенные здания и инженерные коммуникации, а также не препятствовать возможному строительству новых сооружений. Анкера могут располагаться за пределами участка застройки, поэтому должны быть получены юридические согласования с хозяевами этих земель или расположенных на них сооружений.

Установлено, что возникающие деформации ползучести в анкерах являются незначительными и регламентируются нормами проектирования. Крепления в виде рассматриваемых стенок широко используются при слабых водонасыщенных грунтах и при высоких отметках уровня подземных вод. Они способны воспринимать не только давление грунта, но и гидростатическое давление грунтовой воды, являясь одновременно противофильтрационной завесой. Обычно анкерные крепления наиболее эффективны для больших котлованов и при их глубине  $0,5-7$  м устройства анкеры подразделяются на буровые, завинчиваемые, задавливаемые, забивные и комбинированные. Они устанавливаются по периметру котлована с шагом по горизонтали, обычно,  $0,8-2,5$  м под углом наклона к горизонту до  $30-40^\circ$ . Корни анкеров должны располагаться вне призмы активного давления грунта на стенку. При расположении оголовков анкеров ниже уровня подземных вод необходимо обеспечить их гидроизоляцию. Для более равномерной передачи усилий от анкеров на ограждающую стенку устраивают распределительные пояса. Анкера могут удаляться после возведения в котловане планируемого сооружения, способного воспринимать давление грунтовой среды, или они остаются не извлекаемыми.

При расчете котлованов с креплениями считаем, что грунтовая среда и материал конструкций крепления могут находиться в упругопластическом состоянии. Это отвечает их реальной работе во время строительства и эксплуатации. Используется теория пластического течения с упрочнением, по которой напряжено-деформированное состояние (НДС) системы, состоящей из грунтового массива, ранее построенных около котлована сооружений, ограждающих котлован конструкций и подземное сооружение, можно определять в зависимости от пути ее нагружения [7, 8]. При этом, этапы расчета могут соответствовать последовательности технологии выполнения строительных работ. Для решения таких задач может применяться программный комплекс Plaxis, работа с которым подробно описана в книге [9].

Порядок расчета котлована с креплениями откосов покажем на примере, расчетная схема которого приведена на рисунке 7. Котлован глубиной 10 м и шириной 24 м укреплен монолитной железобетонной стенкой высотой 16 м и толщиной 0,5 м с двумя ярусами анкеров. Слева от котлована расположено пятиэтажное каркасное здание, а справа сооружена железобетонная плита, на которую приложена распределенная нагрузка интенсивностью  $50 \text{ кН/м}^2$ . Фундамент здания выполнен в виде плиты. На нижнем этаже трехэтажного подземного гаража действует нагрузка интенсивностью  $100 \text{ кН/м}^2$ .



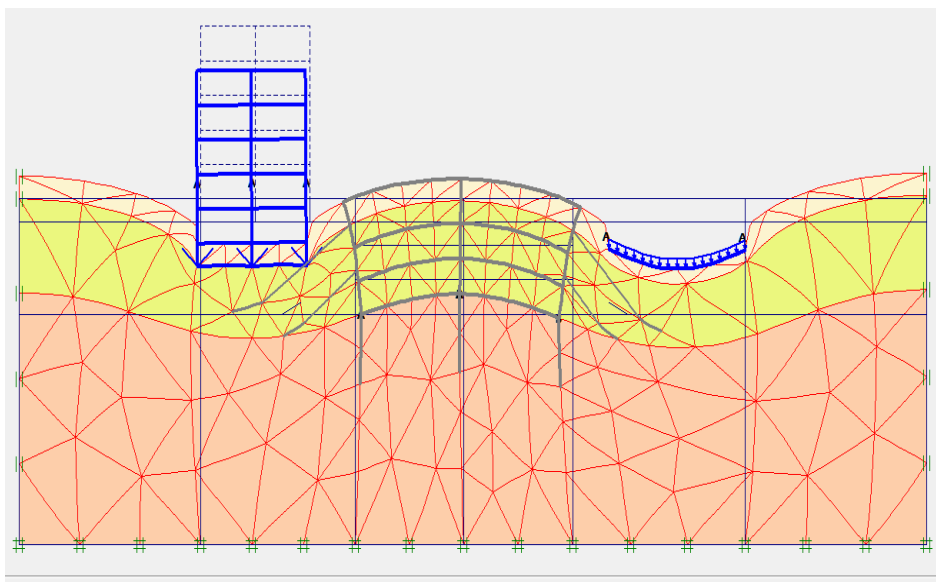
*Рис. 7. Расчетная схема*

Грунтовой массив состоит из трех слоев: песок, суглинок и глина. Приняты следующие этапы последовательности выполнения расчета котлована с креплением его откосов и трехэтажного подземного гаража по определению их НДС: 1, только от действия собственного веса грунтового массива, т. е. будет учтено природное давление в грунте; 2, дополнительно от действия построенного здания и от приложенной на плиту нагрузки до возведения котлована; 3, дополнительно от сооружения стенок, ограждающих котлован, и выемки в нем грунта до отметки первого яруса анкеров; 4, дополнительно от установки анкеров первого яруса и от выемки грунта до отметки второго яруса анкеров; 5, дополнительно от установки анкеров второго яруса и от выемки грунта до отметки дна котлована; 6, дополнительно от временной нагрузки, действующей только на нижнем этаже подземного гаража. При этом, перемещения, полученные на первом этапе расчета обнуляются, а напряженное состояние сохраняется и учитывается на последующих этапах расчета. Следовательно, строительство котлована и подземного гаража начнется только на третьем этапе.

На рисунке 8 приведена в увеличенном масштабе деформация системы после второго этапа расчета, т. е. ее состояние к началу строительства котлована и подземного гаража. Наибольшая осадка системы находится под зданием, расположенным левее будущего котлована, и равна 3,04 см. На этом же рисунке показаны деформируемые конечные элементы, на которые разбивается система.

На рисунке 9 приведена в увеличенном масштабе деформация системы после шестого этапа расчета, т. е. ее состояние после завершения строительства котлована, подземного гаража и действия временной нагрузки.

На рисунках 10, 11 и 12 показаны соответственно эпюры перемещений, полных и касательных напряжений системы после шестого этапа расчета. Справа от эпюр приведены масштабные линейки, используя которые можно определить напряженно-деформируемое состояние в любой точке системы.



*Рис. 8. Деформация системы в увеличенном масштабе  
после второго этапа расчета*

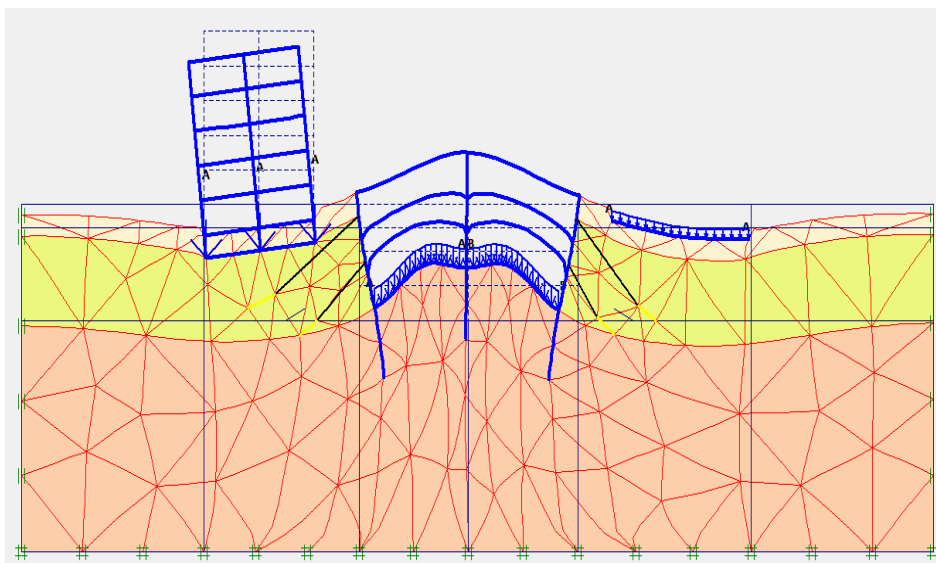


Рис. 9. Деформация системы в увеличенном масштабе после шестого этапа расчета

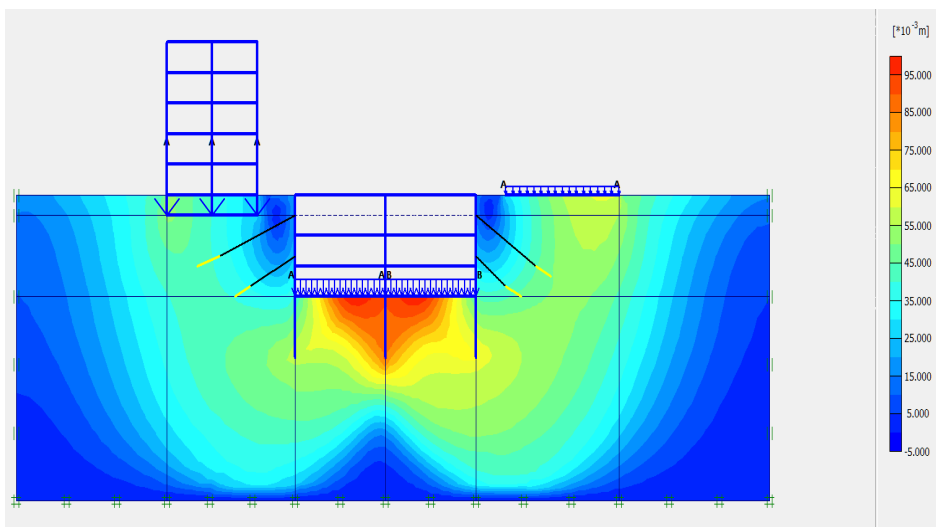


Рис. 10. Эпюра перемещений системы после шестого этапа расчета

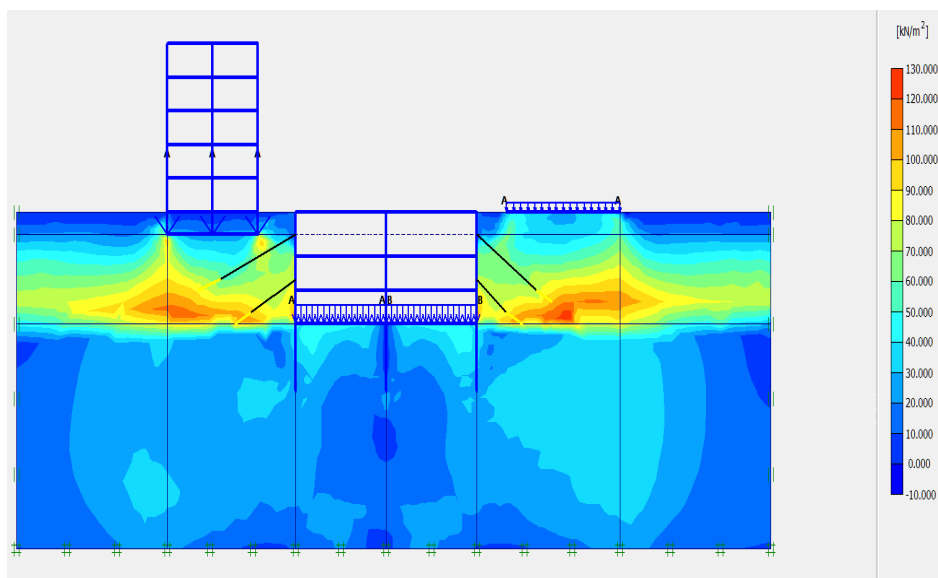


Рис. 11. Этюра полных напряжений в системе после шестого этапа расчета

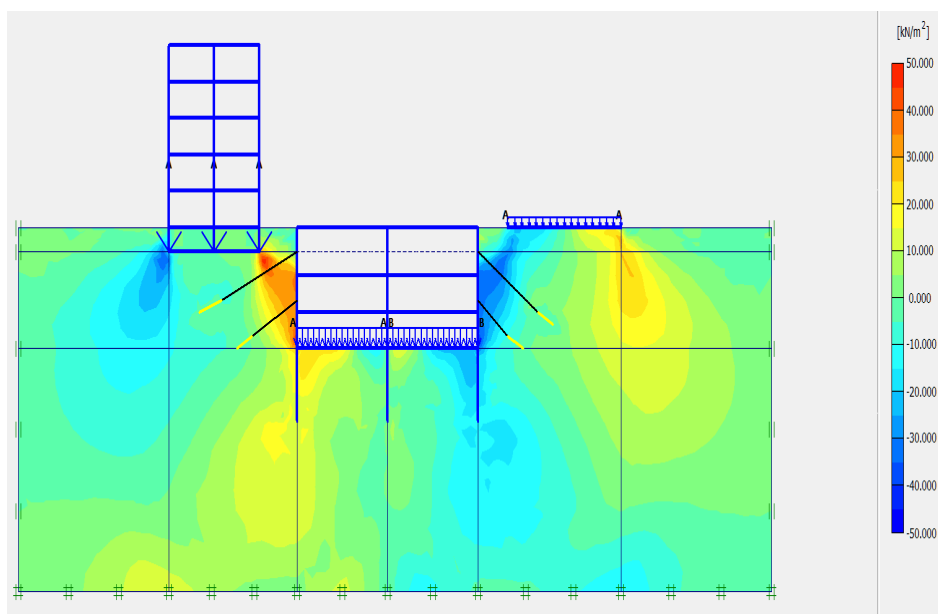


Рис. 12. Этюра касательных напряжений в системе после шестого этапа расчета

Анализируя приведенные выше рисунки, можно отметить следующее. От действия ранее построенных сооружений и собственного веса грунта происходит его поднятие внутри котлована и уменьшение с глубиной его ширины. Левая крайняя точка фундаментной плиты ранее построенного слева от котлована здания опустилась после окончания строительства дополнительно на 4 см, а правая только на 1 см, поэтому здание совместно с его фундаментной плитой наклоняется влево. Во втором слое грунта вблизи боковых стенок крепления котлована возникают пластические деформации.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Еремин В.Я. Крепление бортов глубоких котлованов // E-mail: kv@rita.com.ru
2. Сотников С.Н. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений. – М.: Стройиздат, 1986. – 96 с.
3. Колыбин И.В. Уроки аварийных ситуаций при строительстве котлованов в городских условиях. – М.: НИИОСП, 2012. – 72 с.
4. Современные методы устройства котлованов // Стройматериал, № 2(21). – 4 с.
5. Петрухин В.П., Колыбин И.В., Разводовский Д.Е. Ограждающие конструкции котлованов, методы строительства подземных и заглубленных сооружений. – М.: НИИОСП, 2012. – 17 с.
6. Знаменский В.В., Чунюк Д.Ю., Морозов Е.Б. Опыт применения распорных и подкосных креплений ограждающих конструкций котлованов // Геотехника. – № 3. – 2010. – С. 6-11.
7. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Нелинейные модели конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой. – Одесса: Зовнішрекламсервіс, 2006. – 242 с.
8. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Некоторые нелинейные модели грунтовой среды. – Одесса: Внешрекламсервис, 2007. – 309 с.
9. Гришин В.А. и др. Определение напряженно-деформированного состояния склонов и откосов в системе Plaxis. – К.: МП Леся, 2012. – 218 с.

Стаття надійшла до редакції 17.02.2014

#### Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, генеральний директор  
Морського інженерного бюро **Г.В. Єгоров**

доктор технічних наук, професор, науковий консультант  
Морського інженерного бюро **В.В. Козляков**



УДК 629.5 Е30

В.А. Нильва

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОРПУСА  
НЕФТЕНАЛИВНОГО СУДНА СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ  
ПРИ ПОТЕРЕ ЧАСТИ ПРОДОЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ

*В работе изложены расчетные модели повреждений корпуса танкера смешанного плавания, упрощенный метод учета потери части продольных связей при повреждении.*

**Ключевые слова:** танкер смешанного река-море плавания, аварийные ситуации, модель повреждения, несущая способность корпуса.

*В роботі викладено розрахункові моделі пошкодження корпусу танкера змішаного плавання, наближений метод урахування втрати частини поздовжніх зв'язків при пошкодженні.*

**Ключові слова:** танкер змішаного плавання, аварійні ситуації, модель пошкодження, несуча здатність корпусу.

*Design damage models for the hull of river-sea going tanker, approximate method, taking into account the loss of the part of longitudinals, are stated.*

**Keywords:** river-sea going tanker, emergency situations, damage model, load-carrying strength of the hull.

**Постановка задачи.** Перевозка нефти и нефтепродуктов на судах внутреннего и смешанного плавания экономически выгодна за счет достаточных объемов партии груза и относительно небольшой продолжительности рейса. При этом стандарты прочности для таких судов значительно ниже, чем у наливных судов неограниченного района плавания. Требования международных конвенций не распространяются на суда смешанного плавания при условии, что они не совершают международные рейсы, а значит необходимые конструктивные меры по обеспечению прочности судов и безопасности перевозки наливного груза, заложенные в этих требованиях, как правило, не закладывались для судов такого типа. Соответственно, возможные аварии для таких судов при прохождении узкостей, на мелководье сопровождаются угрозой с повышенной вероятностью не только нарушения навигации, но и экологического загрязнения.

Данная работа является продолжением анализа геометрических характеристик корпуса судна смешанного плавания при потере части продольных связей, начатого публикацией [12].

**Целью статьи** является разработка упрощенного метода учета потери части продольных связей при оценке несущей способности аварийных корпусов нефтеналивных судов смешанного и внутреннего плавания для служб аварийной поддержки и при расчетах аварийной прочности на ранних стадиях проектирования.

**Изложение основного материала.** В качестве объекта исследования принят танкер типа «Волгонефть» проекта 1577 (Lрасч = 138,9 м, В = 16,5 м, Н = 5,5 м). Суда проекта 1577/550А являются продолжением первой серии танкеров пр. 558, серийное строительство которых было начато с 1963 г.

Сначала суда строились на класс «М» Речного Регистра для эксплуатации на внутренних водных путях, в дальнейшем – на класс «М-ПР» для возможности совершения рейсов также и в прибрежных морских районах.

На судах проекта 588, который начал разрабатываться советскими конструкторами в конце 50-х годов, конструкция судна предусматривала наличие двойных бортов и двойного дна. Как упоминалось в [8], наличие двойных бортов и двойного дна для танкеров было революционным решением для своего времени, которое намного опередило тенденции мирового судостроения. Применение толщин 5-7 мм для корпусных конструкций (а именно, для обшивки продольной и поперечных переборок и двойного борта, настила двойного дна) позволило существенно уменьшить массу корпуса, что привело с одной стороны к увеличению грузоподъемности в реке, но с другой стороны – к снижению эксплуатационного ресурса судна. Построечные толщины обеспечивали 20-ти летнюю эксплуатацию судна без ремонта в классе «М». Для класса «М-ПР» ресурс связей корпуса снижался до 10-20 лет, а для класса «М-СП» этот показатель падал до 5-10 лет.

У эксплуатируемых судов на сегодняшний день отмечается интенсивный коррозионный износ корпусных конструкций, что приводит к увеличению объемов ремонтно-восстановительных работ. При этом из-за особенностей проекта и нынешнего состояния судов типа «Волгонефть» суда вводятся в эксплуатацию с минимальными запасами прочности, которых недостаточно для пятилетнего цикла между классификационными освидетельствованиями без проведения дополнительного ремонта.

Для судов старше 20 лет отмечается стабильное возрастание количества аварий, при этом пик аварий приходится на суда с возрастом 30 лет. Средний возраст танкеров типа «Волгонефть» по проекту 1577/550А (110 единиц) составил 38,5 лет на 1 января 2013 года [8].

Была выявлена закономерность для танкеров данного типа: 87,5 % катастроф происходят из-за повреждений корпуса, а из-за пожаров и взрывов – только 12,5 %, что довольно нестандартно для танкеров [8].

Анализ состояния поврежденного корпуса судна проекта 1577 актуален, учитывая частую эксплуатацию судов на мелководье и в узкостях и специфику танкеров типа «Волгонефть», связанную, как с техническим

состоянием корпуса, так и со статистикой аварий. Для осуществления данного анализа использовался комплексный подход к оценке живучести поврежденного судна, предложенный Г.В. Егоровым [2-7].

Для моделирования поврежденного состояния корпуса было использовано четыре модели [12], которые олицетворяют подходы к аварийной остойчивости различных морских организаций и классификационных обществ, и которые были разработаны на основе соответствующих требований нормативных документов: Правил Российского Речного Регистра (РРР) для судов внутреннего плавания [10], Правил РРР для судов смешанного плавания [11], Правил ЕЭК ООН перевозки опасных грузов по европейским внутренним водным путям (ВОПОГ) [1] и Международной Конвенции МАРПОЛ [9].

Размеры соответствующих повреждений корпуса судна проекта 1577 представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

*Размеры повреждений корпуса судна (пр. 1577)  
в соответствии с требованиями Правил*

Характеристики		РРР (ПСВП)	РРР (ПССП)	ВОПОГ	МАРПОЛ
Борт	Длина	5,15 м	8,50 м	12,87 м	-
	Глубина	0,9 м	3,3 м	0,59 м	-
	Размер по вертикали	от ОП неогр., вверх	от ОП неогр., вверх	от ОП неогр., вверх	-
Днище	Длина	5,15 м	8,50 м (0,3L), 5 м	13,89 м	12,87 м (0,3L), 5 м
	Ширина	1,65 м	2,75 м	3,0 м	16,5 м
	Размер по вертикали	0,8 м	1,1 м	0,49 м	1,1 м

В качестве расчетных сечений рассматривалось миделевое сечение и сечение по 170 шпангоуту (носовая переборка МО).

Суда смешанного плавания, у которых МО и жилая рубка расположены в корме, достаточно часто получают переломы именно перед ними. Соответственно, было выбрано сечение по 170 шп., где внешние нагрузки еще достаточно велики, а площадь поперечного сечения корпуса резко уменьшается.

Схема эквивалентного бруса для миделевого сечения представлена на рис. 1, для сечения по 170 шп. – на рис.2. Из схемы эквивалентного бруса миделевого сечения были исключены элементы конструкции (а именно, верхние пояса двойного борта и продольной переборки), предел текучести которых (235 МПа) отличается в меньшую сторону от предела текучести остальной конструкции в средней части (295 МПа). В таблице 2 представлены геометрические характеристики неповрежденного

корпуса танкера. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений судна (в исходном и поврежденных состояниях) и непосредственно самих повреждений производился по программе «ЭльБрус-МИБ».

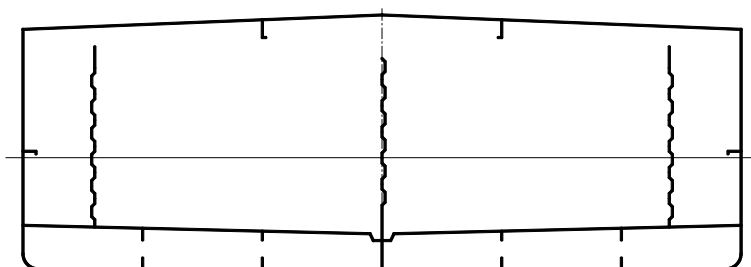


Рис. 1. Схема эквивалентного бруса миделевого сечения

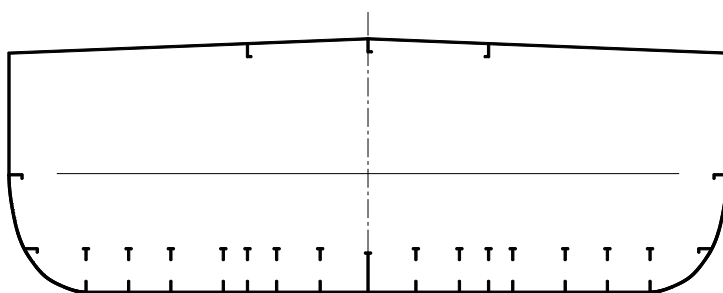


Рис. 2. Схема эквивалентного бруса сечения по 170 шп.

Таблица 2

Геометрические характеристики  
неповрежденного корпуса судна (пр. 1577)

Характеристики	Мидель	170 шп.
$F_0, \text{м}^2$	0,6069	0,4463
$z_0, \text{м}$	2,553	2,728
$y_0, \text{м}$	0,00	0,00
$I_y, \text{м}^4$	3,279	2,800
$I_z, \text{м}^4$	17,96	13,08

В соответствии с методикой, изложенной в [2], при получении повреждения корпуса из схемы эквивалентного бруса (см. рис. 3) исключается группа элементов суммарной площадью  $\Delta F$ , имеющей координаты  $Y_D$  и  $Z_D$  и собственные моменты инерции  $i_y$  и  $i_z$ . Площадь исходного не-

поврежденного поперечного сечения судна  $F_0$ ,  $y_0$  и  $z_0$  – координаты его центра тяжести,  $I_Y$ ,  $I_Z$  – его моменты инерции. Оси сравнения – главные центральные оси неповрежденного судна.

Изменение положения центра тяжести –  $\Delta z$  и  $\Delta y$ . Максимальные нормальные напряжения  $\sigma_{\max}$ , возникающие в конструкциях поврежденного судна, в  $K_\Delta$  раз больше, чем исходные напряжения  $\sigma_0$ . Угол поворота главных осей  $O_1Z_\Gamma$  и  $O_1Y_\Gamma$  относительно осей сравнения обозначается  $\alpha$ . Коэффициент  $m$  характеризует, во сколько раз площадь исходного поперечного сечения больше площади поврежденного поперечного сечения.

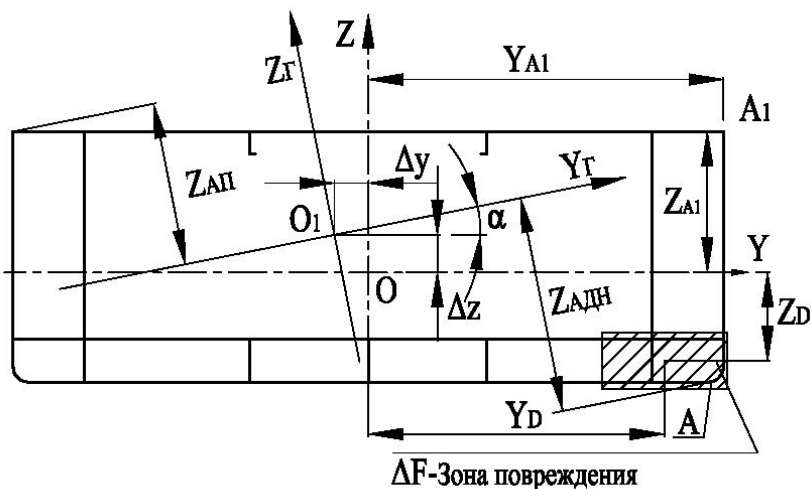


Рис. 3. Схема поперечного сечения поврежденного наливного судна

В таблице 3 приведены геометрические характеристики поперечных сечений (миделевого и на 170 шп.) при различных вариантах повреждений.

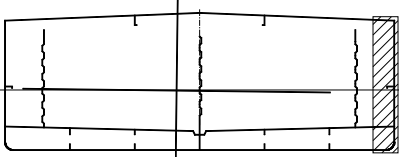
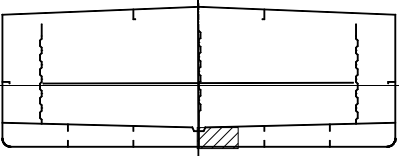
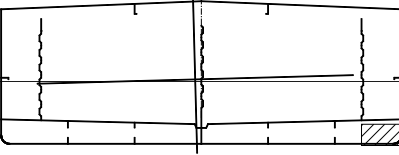
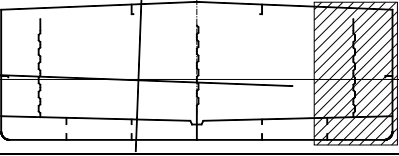
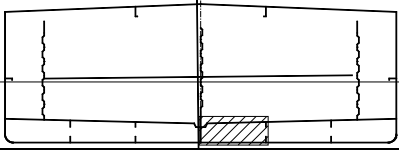
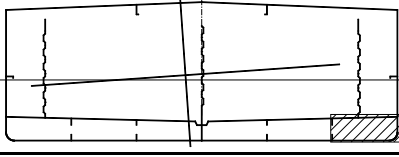
Конструктивные типы поперечных сечений танкеров смешанного плавания различных проектов похожи, что дает возможность применять данные таблицы 3 при определении коэффициента  $m$ ; координат ЦГ площади сечения  $\Delta Z/H$  и  $\Delta Y/B$ ; угла  $\alpha$ ; коэффициентов  $\beta$  и  $K_\Delta$  для оперативных расчетов и проектных – на начальных стадиях.

Повреждение днища в районе ДП (посадка на камень) незначительно влияет на увеличение наибольших нормальных напряжений ( $K_\Delta = 1,024$ ), так как угол поворота главных центральных осей мал.

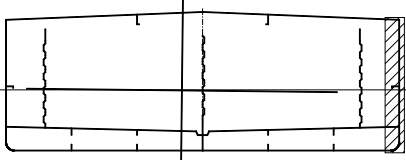
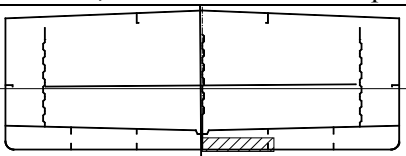
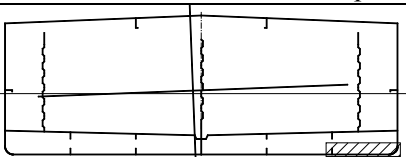
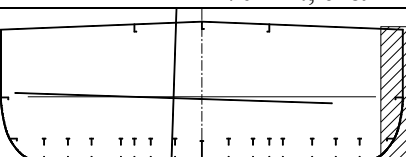
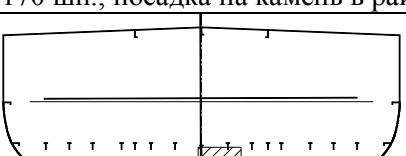
Повреждение днища в районе скулы уже заметнее влияет на увеличение наибольших нормальных напряжений из-за большей ординаты повреждения, что приводит к большему повороту главных центральных осей ( $K_\Delta = 1,138 / 1,166$ ).

Таблица 3

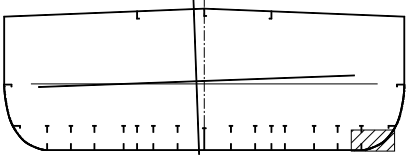
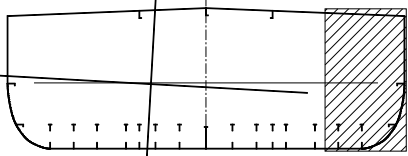
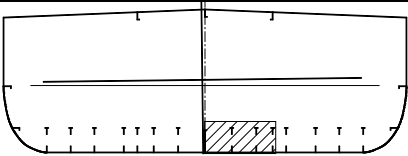
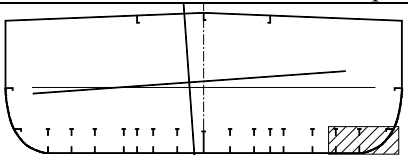
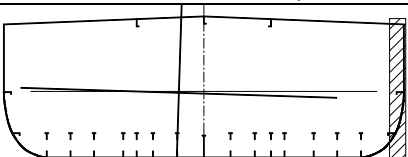
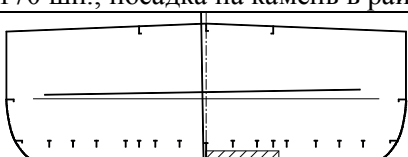
*Изменение характеристик поперечного сечения  
при различных моделях повреждений*

Схема повреждения	$t$	$\frac{\Delta z/H}{\Delta y/B}$	$\alpha$ , рад	$\beta$	$K_{\Delta}$
Мидель, столкновение, глубина 0,9 м					
	1,121	- 0,00464/ -0,0591	-0,0125	0,999	1,096
Мидель, посадка на камень в районе ДП, глубина 0,8 м, ширина 1,65 м					
	1,0423	0,0178/ -0,0016	0,0026	1,000	1,013
Мидель, посадка на камень в районе скулы, глубина 0,8 м, ширина 1,65 м					
	1,0332	0,0145/ -0,0153	0,0270	1,0002	1,013
Мидель, столкновение, глубина B/5					
	1,351	-0,0065/ -0,149	- 0,0373	0,990	1,322/ 1,056
Мидель, посадка на камень в районе ДП, глубина B/15, ширина B/6					
	1,0988	0,0383/ -0,0073	0,0106	1,000	1,024
Мидель, посадка на камень в районе скулы, глубина B/15, ширина B/6					
	1,0978	0,0368/ -0,0414	0,0707	1,0287	1,138/ 1,166

Продолжение табл. 3

Схема повреждения	$t$	$\frac{\Delta z/H}{\Delta y/B}$	$\alpha$ , рад	$\beta$	$K_{\Delta}$
Мидель, столкновение, глубина 0,59 м					
	1,106	-0,0043/ -0,053	- 0,0113	0,999	1,078
Мидель, посадка на камень в районе ДП, глубина 0,49 м, ширина 3,0 м					
	1,0516	0,0235/ -0,0043	0,0073	1,000	1,020
Мидель, посадка на камень в районе скулы, глубина 0,49 м, ширина 3,0 м					
	1,0505	0,0229/ -0,021	0,0389	1,0003	1,023
Мидель, посадка на мель, глубина $B/15$					
	1,940	0,361 0,00	0,00	1,000	1,900/ 6,673
170 шп., столкновение, глубина 0,9 м					
	1,145	-0,010/ -0,071	- 0,0327	0,996	1,096
170 шп., посадка на камень в районе ДП, глубина 0,8 м, ширина 1,65 м					
	1,059	0,0266/ -0,0023	0,0041	1,000	1,012

Продолжение табл. 3

Схема повреждения	$t$	$\frac{\Delta z/H}{\Delta y/B}$	$\alpha$ , рад	$\beta$	$K_{\Delta}$
170 шп., посадка на камень в районе скулы, глубина 0,8 м, ширина 1,65 м					
	1,047	0,0203/ -0,0195	0,0364	1,0005	1,008/ 1,045
170 шп., столкновение, глубина $B/5$					
	1,321	-0,0090/ -0,139	- 0,0556	0,932	1,277/ 1,090
170 шп., посадка на камень в районе ДП, глубина $B/15$ , ширина $B/6$					
	1,094	0,0423/ -0,0066	0,0117	1,000	1,021/ 1,083
170 шп., посадка на камень в районе скулы, глубина $B/15$ , ширина $B/6$					
	1,091	0,0386/ -0,0364	0,0709	1,036	1,146/ 1,271
170 шп., столкновение, глубина 0,59 м					
	1,127	-0,010/ -0,063	- 0,0317	0,997	1,080
170 шп., посадка на камень в районе ДП, глубина 0,49 м, ширина 3,0 м					
	1,111	0,0498/ -0,0094	0,0164	1,000	1,025/ 1,127



Продолжение табл. 3

Схема повреждения	$m$	$\frac{\Delta z/H}{\Delta y/B}$	$\alpha$ , рад	$\beta$	$K_{\Delta}$
170 шп., посадка на камень в районе скулы, глубина 0,49 м, ширина 3,0 м					
	1,0945	0,0424/ -0,034	0,0674	1,033	1,141/ 1,283
170 шп., посадка на мель, глубина $B/15$					
	1,884	0,393/0	0,00	1,000	2,052/ 10,62

Рассматривая повреждения днища (модель «посадка на камень в районе скулы»), необходимо отметить, что в сечениях, где отсутствует двойное дно, большее влияние на коэффициент  $K_{\Delta}$  оказывает повреждение с большей шириной, так как продольные связи, установленные на поврежденном участке обшивки, исключаются из эквивалентного бруса вне зависимости от глубины повреждения.

Повреждение борта по всей высоте на глубину 0,59 м (или 0,9 м) приводит к увеличению наибольших нормальных напряжений на 8-10 %, повреждение на глубину  $B/5$  (3,3 м) – на 32,2 % в связях палубы ( $K_{\Delta} = 1,322$ ) и на 5,6 % в связях днища ( $K_{\Delta} = 1,056$ ).

Рассматривая аналогично полученные результаты для сухогрузного судна [12], можно отметить схожие показатели:

– коэффициент  $K_{\Delta} = 1,049$  для повреждение днища в районе ДП и  $K_{\Delta} = 1,115$  для повреждение днища в районе скулы.

– коэффициент  $K_{\Delta} = 1,045-1,054$  для повреждения борта по всей высоте на глубину 0,59 м (или 0,9 м)

При этом повреждение днища в районе скулы для сухогрузного судна сопровождается увеличением наибольших нормальных напряжений только для связей палубы, тогда как для танкера они возрастают в связях и днища, и палубы.

Основным существенным различием является то, что при повреждении борта на глубину  $B/5$  увеличение наибольших нормальных в палубе больше в 3,6 раза, и в 1,8 раза для днищевых связей для сухогрузного судна ( $K_{\Delta} = 4,697 / 1,937$ ), по сравнению с танкером.

**Вывод.** В соответствии с предлагаемым подходом, с использованием данных данной публикации можно оперативно и с достаточной точностью определить геометрические характеристики поврежденного корпуса наливного судна смешанного плавания и оценить уровень нормальных напряжений в наиболее удаленных точках поперечного сечения, что принципиально важно для расчетного обеспечения борьбы за живучесть и для проектных расчетов на начальных стадиях проектирования – с учетом остаточной прочности корпуса.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Европейское соглашение о международной перевозке опасных грузов по внутренним водным путям (ВОПОГ). Т. 1/ Организация объединенных наций.* – Нью-Йорк и Женева, 2010.
2. *Егоров Г.В. Разработка методов оптимизации прочностных решений при эксплуатации судов: Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук.* – Одесса: ОИИМФ, 1993. – 431 с.
3. *Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. Определения и накопленный опыт // Вісник ОНМУ.* – Одеса: ОНМУ, 2005. – Вип. 18. – С. 57-72.
4. *Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. Размеры повреждений и условия аварий // Проблеми техніки.* – 2006. – № 1. – С. 3-23.
5. *Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. Критерии и примеры // Вісник ОНМУ.* – Одеса: ОНМУ, 2006. – Вип. 19. – С. 49-63.
6. *Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть (Учет стесненного кручения и крена) // Зб. наук. праць НУК.* – Миколаїв: НУК, 2006. – № 2. – С. 39-48.
7. *Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечения борьбы за живучесть (учет потери части продольных связей) // Зб. наук. праць НУК.* – Миколаїв: НУК, 2007. – № 3. – С. 38-50.
8. *Егоров Г.В., Егоров А.Г., Бутенко Н.Ф. Оценка эксплуатационной прочности и риска повреждения корпусов танкеров типа «Волгонепфть» // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції.* – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 88-90.
9. *Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978 г. (МАРПОЛ 73/78). Приложение 1.*

10. *Правила Российского Речного Регистра. Т. 2/ Российский Речной Регистр. – М., 2008.*
11. *Правила Российского Речного Регистра. Т. 4/ Российский Речной Регистр. – М., 2008.*
12. *Нильва В.А. Оценка несущей способности корпуса сухогрузного судна смешанного плавания при потере части продольных связей // Вісник ОНМУ. – Одеса: ОНМУ, 2013. – Вип. 39. – С. 96-108.*

*Стаття надійшла до редакції 17.02.2014*

**Рецензент** – перший заступник генерального директора Морського інженерного бюро І.А. Ільницький

УДК 656.61.052.484

И.А. Бурмака, Н.П. Худенко

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА  
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПОВОРОТЛИВОСТИ СУДНА**

*В работе рассмотрена обработка экспериментальных данных поворотливости судна с использованием регрессионного анализа. Получены аппроксимирующие функции для аналитического представления приращения курса от времени.*

**Ключевые слова:** регрессионный анализ, поворотливость судна, приращения курса от времени.

*В роботі розглянута обробка експериментальних даних поворотності судна з використанням регресивного аналізу. Отримані апроксимуючі функції для аналітичного представлення прирощення курсу від часу.*

**Ключові слова:** регресивний аналіз, поворотливість судна, прирощення курсу від часу.

*The work considers the analysis of the experimental data of the vessel's maneuverability with the use regression analysis. Obtained approximating functions for the analytic representation of the course increase with time.*

**Keywords:** regression analysis, vessel's maneuverability, course increase with time.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.** Безаварийное расхождение судов является одной из наиболее важных задач судовождения. Основным маневром расхождения в соответствии с хорошей морской практикой является изменение курса судном уступающим дорогу.

**Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Вопросы учета динамики судна при маневрировании были рассмотрены во многих работах, в частности [1-5].

В работе [1] в кинематические уравнения движения объекта предлагается вводить отрицательное время, а в качестве начальных условий выбирается желаемое окончательное положение объекта. Решение дает момент времени начала выполнения и параметры маневра.

Проблемы учета маневренных характеристик освещается в работах [2, 5].

В работе [3] рассмотрен маневр последнего момента.

**Формулировка целей статьи (постановка задачи).** Обработка экспериментальных данных поворотливости судна возможна различными статистическими методами. Однако, мера отклонения полученных приближений от экспериментальных данных является залогом правильного расчета маневра отворота и как результат расхождение судов на заранее заданном безопасном расстоянии.

Целью данной статьи является обработка экспериментальных данных поворотливости судна с использованием метода регрессионного анализа.

**Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.** Для получения аналитического представления экспериментальной информации приращения курса от времени была использована система MathCAD (демонстрационная версия) [6]. Система MathCAD позволяет проводить линейную интерполяцию и сплайн-интерполяцию набора экспериментальных точек. Простейшим вариантом интерполяции является линейная интерполяция. Интерполяция дает возможность вычислить значения неизвестной функции в промежутках между экспериментальными точками. Для вычисления значений функции вне области, ограниченной этими точками используют методы экстраполяции. Результаты экспериментов всегда содержат некоторую погрешность. Причем часто погрешность оказывается величиной одного порядка с измеряемой величиной.

Гораздо более перспективным представляется регрессионный анализ, который позволяет осуществить подгон параметров той или иной функции для наилучшей аппроксимации экспериментальных данных. Если аппроксимирующая функция выбрана удачно, то значения ее параметров могут быть источником разнообразной информации об измеряемой величине.

Система MathCAD содержит большое количество встроенных возможностей для проведения регрессионного анализа с использованием аппроксимирующих функций.

Линейная регрессия является наиболее простой, но, тем не менее, используется чаще любого вида регрессии.

Были проведены натурные эксперименты. Судно контейнеровоз, длиной 216 метров, шириной 26,8 метра и высотой борта 21,8 метра. Водоизмещение в балласте 17130 тонн, в полном грузу 23660 тонн со средней осадкой 9,40 метра. Силовая установка состоит из двух дизелей типа MAN|B&W 9L 58|64 мощностью 12510 кВт каждый. Винт диаметром 7000 мм и весом 45000 кг. Эффективная площадь руля 25,6 кв. м. Максимальная скорость в грузу при работе обоих двигателей 27 узлов.

При следовании судна в балласте с неизменным курсом и скоростью производилась перекладка руля на 5 градусов правого борта. С момента начала кладки руля через интервалы времени равные примерно

5 секундам производилась регистрация моментов времени  $t_i$  и соответствующих им значений приращения курса судна  $\Delta K_i$ . При этом указанный маневр производился по несколько раз в максимально похожих условиях: при состоянии моря 2-4 балла, ветра 2-3 балла и при отсутствии течения. В таблице 1 приведены данные по условиям натуральных наблюдений.

Таблица 1

Осредненные данные по маневру

$t_i$	5	10	15	20	25	30	35	40	44
$\Delta K_i$	0,5	2,0	4,2	7,5	11,2	15,5	19,8	23,8	28,0

Проанализируем полученные экспериментальные данные:

$Y_i$  – приращения курса;

$T_i$  – время.

1. Для определения линейной зависимости найдем коэффициент корреляции:  $k_{Ty} = 0,991$ , так как  $|k_{Ty}| \approx 1$ , то зависимость можно считать линейной. Уравнение прямой регрессии  $y = kt + b$ ,

где  $k = 0,724$   $b = -5,516$ ;

$$y = 0,724t - 5,516.$$

Проанализируем наиболее удаленную точку и меру отклонения по формуле  $D = \sum_i [Y_i - y(X_i)]^2$ , и получим  $D = 14,5$ . По полученным результатам построен график (рис. 1).

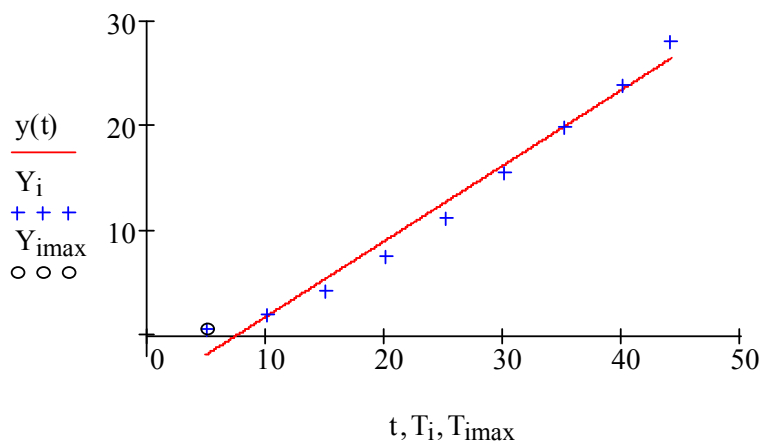


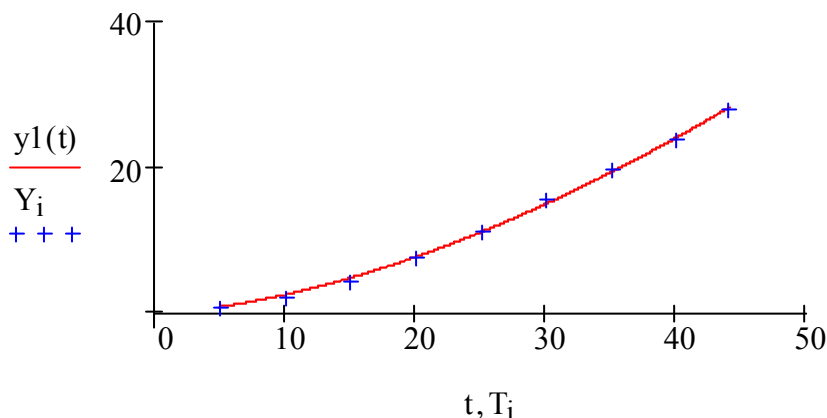
Рис. 1. Представление данных линейной зависимостью

2. Произведено нелинейное сглаживание

$$F(t, a) := \begin{pmatrix} a_0 \cdot t^{a_1} \\ t^{a_1} \\ a_0 \cdot t^{a_1} \cdot \ln(t) \end{pmatrix}$$

при этом  $a = \begin{pmatrix} 0,05 \\ 1,66 \end{pmatrix}$ .

Мера отклонения при нелинейном сглаживании  $D = 1,24$ . Получена зависимость  $y1(t) = a_0 \cdot t^{a_1}$ . По полученным результатам построен график (рис. 2.)



*Рис. 2. Представление данных, используя метод нелинейного сглаживания*

Анализируя полученное графическое представление, очевидно, что мера отклонения, существенно меньше, чем при применении линейной зависимости.

3. Проанализируем данные с использованием метода наименьших квадратов, получаем аппроксимирующую функцию  $y3(t)$ , график которой представлен на рис. 3

$y3(t) = c_0 \cdot t^{c_1}$ , где  $c = \begin{pmatrix} 0,03 \\ 1,85 \end{pmatrix}$ . Мера отклонения  $D = 8,3$ .

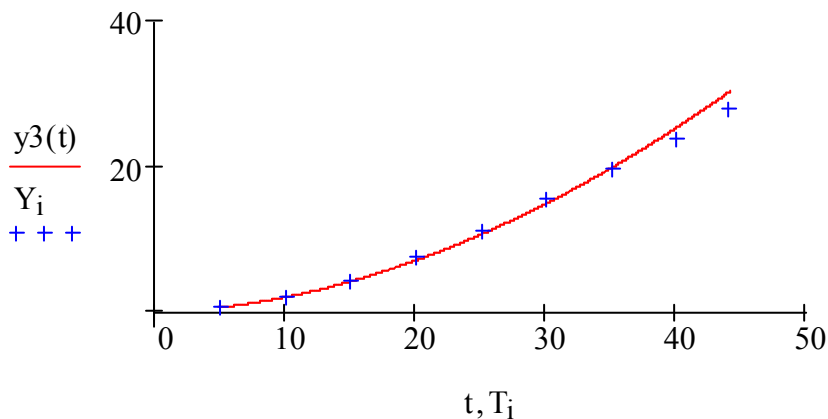


Рис. 3. Представление данных, используя метод наименьших квадратов

**Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению.** Анализируя полученные аппроксимирующие функции, для получения аналитического представления приращения курса от времени, очевидно, что мера отклонения всех экспериментальных значений от построенной кривой при прямолинейном сглаживании является высокой.

Используя метод наименьших квадратов, были построены кривые с мерой отклонения значительно меньшей, чем показывает метод прямолинейного сглаживания. При применении нелинейного сглаживания, получили минимальную меру отклонения значений приращения курса от времени.

Таким образом, зависимость приращения курса от времени описывается следующим образом:

$$y_1(t) = a_0 \cdot t^{a_1}.$$

Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы штурманским составом для расчета маневра поворота от опасной цели.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мальцев А.С. Инверсный метод планирования траектории движения объектов управления / А.С. Мальцев // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. – Вып. 13. – Одесса: ИздатИнформ, 2007. – С. 124-130.
2. Мальцев А.С. Учет маневренных характеристик для обеспечения безопасности плавания / А.С. Мальцев // Судостроение и ремонт. – 1989. – № 5. – С. 29-31.



3. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
4. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
5. Бурмака И.А. Учет динамики судна при выборе маневра расхождения / И.А. Бурмака // Судовождение: Сб. научн. трудов ОГМА. – Вып. 4. – Одеса: Латстар, 2002. – С.32-36.
6. Макаров Е.Г. MathCAD 14 – конструктор программ [Текст]. – ЗАО: Новый диск, 2007. – 64 МГ.

*Стаття надійшла до редакції 19.02.2014*

**Рецензент** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та устрій судна» Одеської національної морської академії **І.Ф. Давидов**

УДК 629.12-8:629.12.037

В.А. Яровенко, Е.И. Зарицкая

**СПОСОБ ОЦЕНКИ НАГРУЗОК  
НА ГРЕБНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ  
ЭЛЕКТРОХОДОВ ПРИ ЦИРКУЛЯЦИОННОМ ДВИЖЕНИИ**

*Предложен способ оценки нагрузок на гребные электрические установки (ГЭУ) при совместном маневрировании рулем и винтами на криволинейной траектории. Разработаны полиномиальные модели для расчета основных показателей качества работы составных частей ГЭУ. Погрешности расчетов находятся в допустимых пределах.*

**Ключевые слова:** гребные электрические установки, маневрирование электроходов, расчет нагрузок.

*Запропоновано спосіб оцінки навантажень на гребні електричні установки (ГЕУ) при спільному маневруванні кермом і гвинтами на криволінійній траєкторії. Розроблено поліноміальні моделі щодо розрахунку основних показників якості роботи складових частин ГЕУ. Похибки розрахунків знаходяться у допустимих межах.*

**Ключові слова:** гребні електричні установки, маневрування електроходів, розрахунок навантажень.

*Method for assessing loads on electrical propelling plants during joint maneuvers with rudder and screws on a curved trajectory was provided. Polynomial models for calculating main quality indices of operation of propelling plants' components were developed. Error calculations are within acceptable limits.*

**Keywords:** propelling electric plants, electric ships' maneuvering, calculation of loads.

**Актуальность задачи.** Важнейшими показателями качества работы судов с электродвижением являются их маневренные свойства. Они напрямую зависят от эффективности работы гребных электрических установок (ГЭУ). При движении по криволинейной траектории повышение маневренных свойств электроходов достигается за счет совместного управления гребной электрической установкой и рулем. Правильному выбору системы электродвижения, качественному ее проектированию, определению наилучших законов управления ГЭУ (с точки зрения обеспечения электроходам наилучших маневренных свойств) уделяется особое внимание.

Однако, как показали исследования, при выходе судна на криволинейную траекторию происходит существенное изменение нагрузок на внутренние и внешние (относительно центра циркуляции) силовые кон-

туры – на гребные электродвигатели (ГЭД), генераторы электрического тока и тепловые двигатели гребной электрической установки. Часто маневрирование осуществляется на воде конечной глубины, что не может не сказываться на режимах работы всех элементов судовой энергетической установки. Получение способа оценки нагрузок на гребные электрические установки при совместном маневрировании рулем и винтами на криволинейной траектории движения судна и является **целью настоящей работы**.

**Изложение основного материала.** Гребная электрическая установка входит составной частью в единый судовой пропульсивный комплекс, поэтому оценивать качество ее работы можно лишь в единстве со всеми частями этого комплекса. В основу расчета основных режимных показателей и нагрузок на элементы ГЭУ положена математическая модель переходных режимов их работы, предложенная в [2]. Модель получена на базе обобщенной структурной схемы пропульсивных комплексов электроходов, представленной на рис.1. В состав каждого силового контура ГЭУ входят: первичные двигатели ПД, генераторы электрического тока СГ, преобразователи электроэнергии ПЭ, гребные электродвигатели ГЭД, возбудители генераторов ВГ и электродвигателей ВД и гребные винты. Кроме того, пропульсивный комплекс электрохода включает в себя гребные винты ВГ, руль и корпус судна.

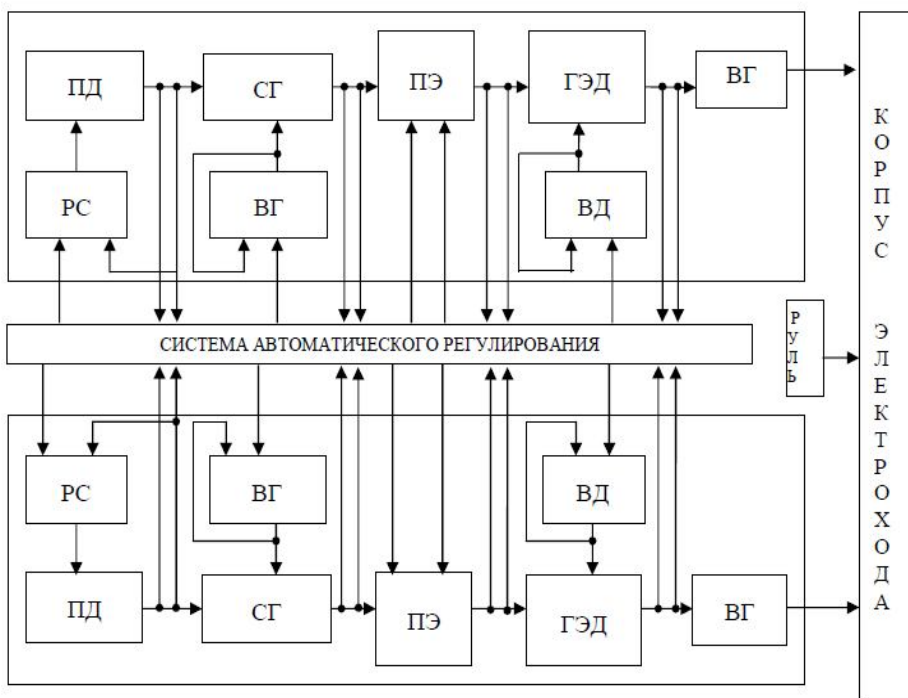


Рис. 1. Структурная схема пропульсивного комплекса электрохода

С помощью математической модели и разработанного на ее основе метода расчета можно отыскивать текущие значения режимных показателей по ходу выполнения маневров. В частности, применительно к ГЭУ, это: угловая скорость вращения  $\omega_D$ , вращающий момент  $M_D$  и мощность  $P_D$  первичных двигателей; напряжение  $U_G$  и ток  $I_G$  генераторов; напряжение  $U_M$  и ток  $I_M$  гребных электродвигателей; вращающий момент  $M_M$  и угловая скорость вращения  $\omega_M$  ГЭД; относительные затраты топлива на выполнение маневра  $G$ ; момент сопротивления  $M_P$  и упор  $P_P$  гребных винтов.

На рис. 2, в качестве примера, показаны текущие (в безразмерном времени) значения режимных показателей при выполнении судном маневра "разгон-выход на циркуляцию".

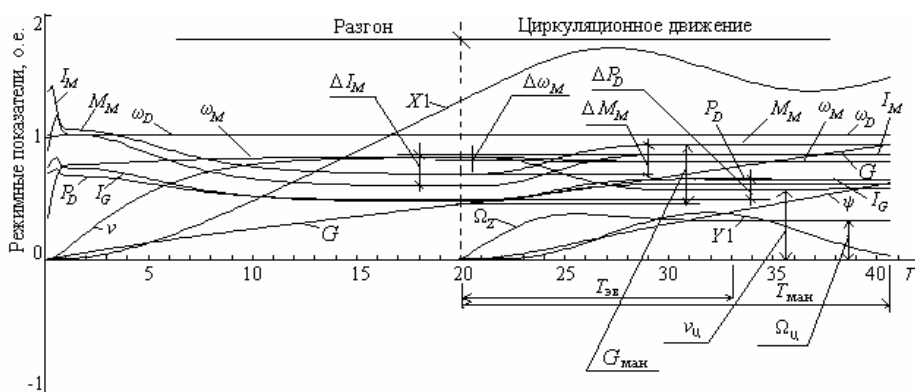


Рис. 2. Режимные показатели при выходе судна на циркуляцию

Разработанный [2] математический аппарат позволяет достаточно точно оценивать значения режимных показателей в наиболее характерные моменты времени, на самых ответственных этапах маневров. Это – не что иное, как показатели качества работы гребных электрических установок на маневрах. Однако, на ранних стадиях проектных разработок, при условии ограниченного объема технической информации о рассматриваемом объекте, для оценки нагрузок на элементы ГЭУ нужны простые, наглядные, не требующие громоздких вычислительных процедур методы расчета. Для решения подобных задач широко используются аналитические методы, основанные на представлении численных значений показателей качества приближенными аналитическими моделями. В ряде работ [1, 2] предложено рассчитывать такие показатели с помощью полиномиальных моделей. Эти модели представляют собой приближенные аналитические зависимости показателей качества  $J$  от параметров пропульсивного комплекса электрохода. При установлении связей показателей  $J$  с параметрами пропульсивного комплекса  $q_i$  используется прием адекватного пред-

ставления  $J = J(q_1, q_2 \dots q_n)$  некоторой приближенной аналитической моделью  $J^* = J^*(q_1, q_2 \dots q_n)$ . Наибольшее применение при построении таких аналитических моделей получило многочленное приближение  $J^*(\mathbf{B}, \mathbf{q})$ , где  $\mathbf{B}$  – вектор коэффициентов приближенного полинома. Для анализа судовых электроэнергетических систем достаточно [1] ограничиться представлением показателей  $J^*$  полиномами первого (1) или второго (2) порядков

$$J^* = \sum_{i=0}^n b_i q_i + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} b_{ij} q_i q_j, \quad i \neq j \quad (1)$$

$$J^* = \sum_{i=0}^n b_i q_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} q_i^2 + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} b_{ij} q_i q_j. \quad (2)$$

Построение моделей вида (1) или (2) осуществляется с помощью методов активного планирования экспериментов (после формирования соответствующих матриц наблюдений). Под экспериментом при этом понимается единичный расчет законов изменения во времени режимных показателей пропульсивного комплекса при выполнении соответствующего маневра. Расчеты проводятся с помощью математической модели [2]. Таким образом, аналитические модели – это упрощенная форма обобщения и представления результатов расчетов, выполненных по полной математической модели.

Ниже приведены аналитические зависимости для приближенной оценки нагрузок на силовые элементы гребных электрических установок электроходов при совместном маневрировании рулем и винтами на криволинейной траектории. Расчеты выполнены применительно к ГЭУ с асинхронными частотно-управляемыми ГЭД.

Показатели изменения нагрузок представлены в функции основных обобщенных безразмерных параметров пропульсивных комплексов электроходов:  $N_X$ ;  $C_{M16}$ ;  $C_{22}$ ;  $C_{65}$ ;  $C_{61}$ ;  $C_{21}$ ;  $C_{\lambda 21}$ ;  $C_{RY}$ . Значения параметров вычисляются [2] по соотношениям

$$N_X = \frac{L P_{e0}}{(m + \lambda_{11}) v_0^2};$$

$$C_{M16} = \frac{\beta_{M0}}{r_M'^2} \left[ (b_M^2 + c_M^2 \alpha_0^2) + (d_M^2 + e_M^2 \alpha_0^2) \frac{r_{2M}'^2}{\beta_{M0}^2} + 2r_{1M} \alpha_0 \frac{r_{2M}'}{\beta_{M0}} \right];$$

$$C_{\lambda 21} = \frac{2(\lambda_{22} - \lambda_{11})}{m + \lambda_{11}}; \quad C_{21} = \frac{0,5 C_Y^\beta \rho v_0^2 F_D}{P_0}; \quad C_{61} = \frac{2m_1 \rho v_0^2 F_D}{P_0};$$

$$C_{RY} = \frac{\mu_K \frac{\rho}{2} v_0^2 S_{\Pi} (1 - \psi)^2}{\sum K_{Pj} P_{ej0}}; C_{22} = \frac{c_2 \frac{\rho}{2} v_0^2 F_D}{\sum K_{Pj} P_{ej0}},$$

$$C_{65} = \frac{2 \left[ 0,739 + 8,7 \frac{T}{L} \right] C_{m0}^{\omega} \frac{\rho}{2} v_0^2 F_D}{P_0},$$

где  $\beta_{M0}$  – абсолютное скольжение ротора ГЭД (индекс “0” здесь и далее относится к базовому режиму работы, соответствующему движению судна с номинальной мощностью двигателей);  $\alpha_0$  – относительная частота напряжения ГЭД;  $r_{1M}$  и  $r_{2M}'$  – активное сопротивление статора и приведенное активное сопротивление ротора ГЭД;  $b_M, c_M, d_M, e_M$  – постоянные коэффициенты частотно-управляемого асинхронного электродвигателя;  $m$  и  $\lambda_{11}, \lambda_{22}$  – масса судна и присоединенные массы воды вдоль его продольной и поперечной осей;  $P_{e0}$  – полезный суммарный упор гребных винтов;  $L$  – длина судна;  $v_0$  – скорость движения судна в установившемся режиме работы при номинальной мощности двигателей;  $C_Y^{\beta}$  – коэффициент позиционной гидродинамической силы, действующей на корпус корпуса;  $F_D$  – приведенная площадь погруженной части диаметральной плоскости судна;  $\rho$  – удельная плотность воды;  $S_{\Pi}$  – приведенная площадь пера руля;  $m_1$  – коэффициент позиционного момента сопротивления;  $C_{m0}^{\omega}$  – коэффициент демпфирующего момента сопротивления.

В приведенных ниже аналитических зависимостях безразмерные параметры представлены в нормированном виде. Нормирование проводится по соотношению

$$q_i^n = \frac{q_i - q_{i0}}{\Delta q_i},$$

где  $q_{i0}$  – среднее значение  $i$ -го параметра;  $\Delta q_i = q_{i \max} - q_{i0} = q_{i0} - q_{i \min}$  – интервал его изменения.

Выполненные расчеты и обработка их результатов дала возможность представить основные показатели изменения нагрузок на элементы ГЭУ полиномами вида (1). В частности, для внешнего относительно центра циркуляции силового контура:

– относительное изменение угловой скорости вращения гребных электродвигателей и гребных винтов

$$\Delta \omega_M = 0,076 - 0,051 N_X - 0,029 C_{M16} - 0,004 C_{61} +$$

$$+ 0,006 C_{\lambda 21} + 0,004 C_{RY} + 0,016 N_X C_{M16}; \quad (3)$$

– относительное изменение мощности первичных двигателей

$$\Delta P_D = 0,227 - 0,129N_X + 0,131C_{M16} - 0,026C_{22} - 0,118N_X C_{M16} - 0,026C_{M16}C_{65} - 0,02C_{M16}C_{61} + 0,014C_{21}C_{65} + 0,015C_{21}C_{61} - 0,015C_{21}C_{\lambda 21} + 0,016C_{65}C_{61} - 0,014C_{65}C_{\lambda 21} - 0,014C_{61}C_{\lambda 21}; \quad (4)$$

– относительное изменение тока ГЭД

$$\Delta I_M = 0,205 - 0,138N_X + 0,116C_{M16} - 0,012C_{65} - 0,011C_{61} - 0,013C_{\lambda 21} - 0,09N_X C_{M16} - 0,011C_{22}; \quad (5)$$

– относительное изменение вращающего момента ГЭД

$$\Delta M_M = 0,147 - 0,097N_X + 0,121C_{M16} - 0,01C_{65} - 0,008C_{61} + 0,009C_{\lambda 21} - 0,01C_{22} - 0,088N_X C_{M16}. \quad (6)$$

Результаты расчетов могут быть также представлены в графическом виде. В частности, на рис. 3-5 приведены зависимости  $\Delta\omega_M$ ,  $\Delta P_D$ ,  $\Delta I_M$  и  $\Delta M_M$  от значимо влияющих безразмерных параметров.

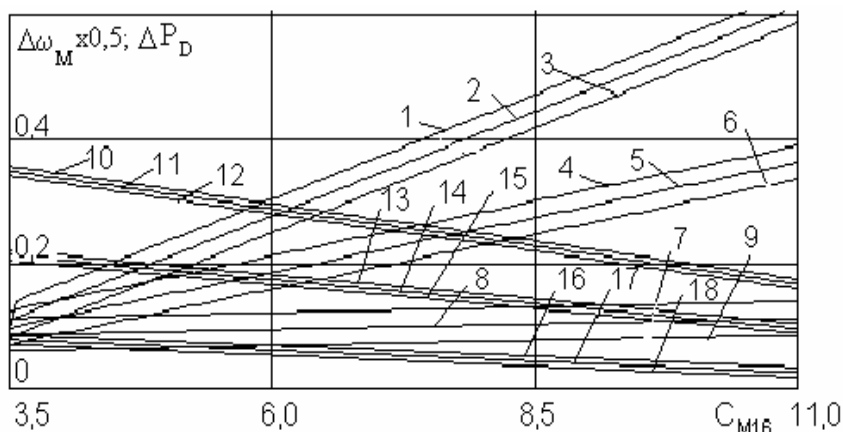


Рис. 3. Зависимости  $\Delta\omega_M$  и  $\Delta P_D$  от безразмерных параметров комплексов

Зависимости относительного приращения мощности первичных двигателей  $\Delta P_D$  от параметра  $C_{M16}$ , построенные на рис. 3, соответствуют: 1 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{22} = 15$ ; 2 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{22} = 30$ ; 3 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{22} = 45$ ; 4 –  $N_X = 0,12$ ;  $C_{22} = 15$ ; 5 –  $N_X = 0,12$ ;  $C_{22} = 30$ ; 6 –  $N_X = 0,12$ ;  $C_{22} = 45$ ; 7 –  $N_X = 0,2$ ;  $C_{22} = 15$ ; 8 –  $N_X = 0,2$ ;  $C_{22} = 30$ ; 9 –  $N_X = 0,2$ ;  $C_{22} = 45$ .

Относительное изменение угловой скорости  $\Delta\omega_M$  представлено в функции параметра  $C_{M16}$  при сочетаниях остальных значимых параметров: 10 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{RY} = 1$ ; 11 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{RY} = 1,25$ ; 12 –  $N_X = 0,07$ ;

$C_{RY} = 1,5$ ; 13 –  $N_X = 0,12$ ;  $C_{RY} = 1$ ; 14 –  $N_X = 0,12$ ;  $C_{RY} = 1,25$ ; 15 –  $N_X = 0,12$ ;  
 $C_{RY} = 1,5$ ; 16 –  $N_X = 0,2$ ;  $C_{RY} = 1$ ; 17 –  $N_X = 0,2$ ;  $C_{RY} = 1,25$ ; 18 –  $N_X = 0,2$ ;  
 $C_{RY} = 1,5$ .

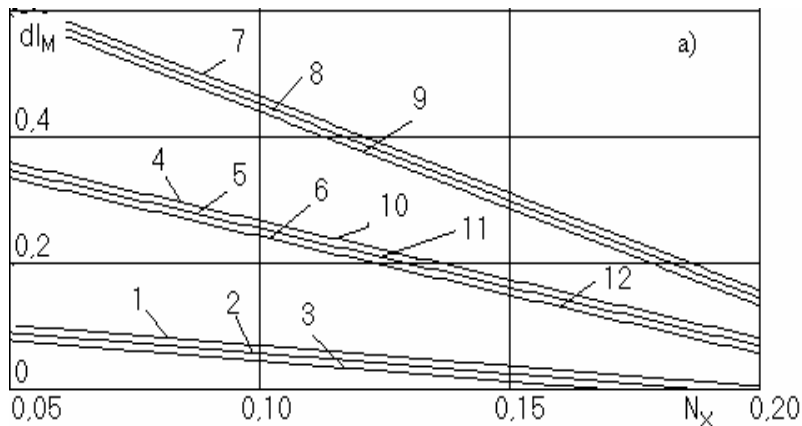


Рис. 4. Зависимость  $\Delta I_M$  от безразмерных параметров комплексов

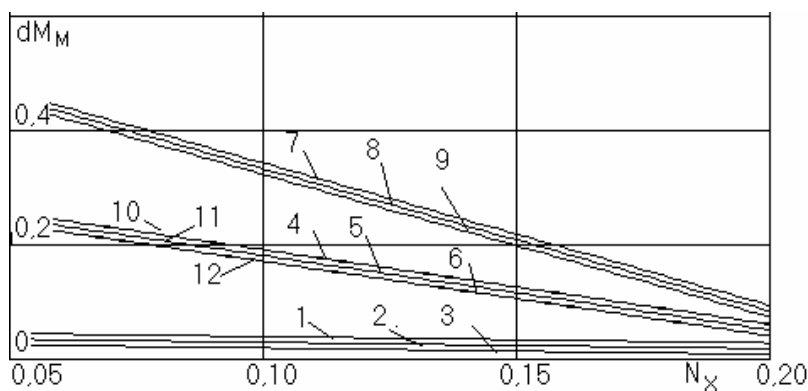


Рис. 5. Зависимость  $\Delta M_M$  от безразмерных параметров комплексов

Зависимости относительного приращения тока  $\Delta I_M$  и вращающего момента  $\Delta M_M$  асинхронного ГЭД от параметра  $N_X$  приведены, соответственно, на рис. 4 и рис. 5. Здесь: 1 –  $C_{M16} = 4$ ;  $C_{65} = 3,5$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 2 –  $C_{M16} = 4$ ;  $C_{65} = 4$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 3 –  $C_{M16} = 4$ ;  $C_{65} = 4,5$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 4 –  $C_{M16} = 8$ ;  $C_{65} = 3,5$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 5 –  $C_{M16} = 8$ ;  $C_{65} = 4$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 6 –  $C_{M16} = 8$ ;  $C_{65} = 4,5$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 7 –  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{65} = 3,5$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 8 –  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{65} = 4$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 9 –  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{65} = 4,5$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 10 –  $C_{M16} = 8$ ;  $C_{65} = 4$ ;  $C_{61} = 1,9$ ; 11 –  $C_{M16} = 8$ ;  $C_{65} = 4$ ;  $C_{61} = 2,4$ ; 12 –  $C_{M16} = 8$ ;  $C_{65} = 4$ ;  $C_{61} = 2,9$ .

Графический вариант представления результатов расчета удобен в пользовании и дает возможность наглядного анализа характера и степени влияния безразмерных параметров комплекса на нагрузки в гребных электрических установках электроходов.



Как было отмечено выше, существенное влияние на нагрузки в силовых элементах ГЭУ оказывает относительная глубина воды  $h_T = h/T_c$  ( $h$  – глубина воды;  $T_c$  – осадка судна). Для приближенного практического расчета режимов работы гребных электрических установок на мелководье достаточно принимать во внимание изменение коэффициентов взаимодействия движителей с корпусом судна, сопротивления воды и присоединенных к корпусу масс воды. Применительно к разработанной [2] модели это можно осуществить:

1. Введением поправочных коэффициентов  $\chi_{\psi h}$  и  $\chi_{t_h}$ , учитывающих влияние мелководья на коэффициенты попутного потока и засасывания гидродинамической характеристики движителей

$$\chi_{\psi h} = \frac{1 - \psi_h}{1 - \psi_\infty}; \quad \chi_{t_h} = \frac{1 - t_h}{1 - t_\infty},$$

где  $\psi_h$ , и  $\psi_\infty$  – коэффициенты попутного потока на мелководье и на глубокой воде;

$t_h$ , и  $t_\infty$  – коэффициенты засасывания при тех же условиях.

2. Уточнением силы сопротивления воды движению судна. Применительно к используемой модели это целесообразно сделать по методу П.А. Апухтина, позволяющему рассчитывать потерю скорости хода судна при движении на мелководье.

3. Пересчетом коэффициентов гидродинамических сил и моментов  $C_Y^\alpha$ ,  $c_2$ ,  $C_m^\alpha$ ,  $C_m^\omega$  (в общепринятых обозначения) на соответствующую глубину с помощью графиков, приведенных в работе [4].

4. Соответствующей корректировкой величин присоединенных к судну масс воды  $\lambda_{11}$ ,  $\lambda_{22}$ ,  $\lambda_{66}$ , что может быть выполнено по методике, предложенной в работе [4].

Для количественной оценки степени влияния глубины воды на нагрузки элементов ГЭУ были проведены серии численных экспериментов. В ходе их рассчитывались относительные приращений режимных показателей

$$\Delta P_D^0 = \frac{\Delta P_D}{P_{D \text{ нач.}}}; \quad \Delta M_D^0 = \frac{\Delta M_D}{M_{D \text{ нач.}}}; \quad \Delta M_M^0 = \frac{\Delta M_M}{M_{M \text{ нач.}}}; \quad \Delta \omega_M^0 = \frac{\Delta \omega_M}{\omega_{M \text{ нач.}}}$$

(индекс "нач." означает начальное – на момент выхода судна на циркуляцию – значение соответствующего режимного показателя).

Рассчитывались также и максимальные значения  $P_{Dm}$ ,  $M_{Dm}$ ,  $M_{Mm}$  этих показателей.

Рассматривались двухвинтовые (см. рис.1) электроходы (индекс "1" относится к внешнему, индекс "2" – к внутреннему, относительно центра циркуляции, силовым контурам). Было учтено, что значимое влияние на рассматриваемые показатели качества оказывают обобщенные безразмерные параметры  $N_X$ ,  $C_{M16}$  и  $C_{22}$ .

После обработки результатов численных экспериментов получены аналитические зависимости для оценки в первом приближении изменения нагрузок на силовые элементы ГЭУ при маневрировании на воде различной глубине:

$$\Delta P_{D1}^0 = 0,094 - 0,069N_X + 0,059C_{M16} - 0,030h_T - 0,050N_X C_{M16} + 0,016N_X h_T - 0,012C_{M16} C_{22} + 0,010C_{M16} h_T; \quad (7)$$

$$\Delta P_{D2}^0 = 0,090 - 0,073N_X + 0,055C_{M16} - 0,031h_T - 0,053N_X C_{M16} + 0,015N_X h_T - 0,014C_{M16} C_{22} + 0,008C_{M16} h_T; \quad (8)$$

$$P_{Dm} = 0,694 - 0,102N_X + 0,141C_{M16} - 0,031h_T - 0,057N_X C_{M16} + 0,05N_X h_T + 0,046C_{M16} h_T; \quad (9)$$

$$\Delta M_{D1} = 0,085 - 0,068N_X + 0,036C_{M16} + 0,005C_{22} - 0,022h_T - 0,024N_X C_{M16} + 0,014N_X h_T + 0,009C_{M16} h_T; \quad (10)$$

$$\Delta M_{D2} = 0,084 - 0,074N_X + 0,035C_{M16} + 0,009C_{22} - 0,025h_T - 0,029N_X C_{M16} - 0,005N_X C_{22} + 0,016N_X h_T + 0,005C_{M16} C_{22} + 0,011C_{M16} h_T - 0,011C_{22} h_T; \quad (11)$$

$$M_{Dm} = 0,882 - 0,14N_X + 0,198C_{M16} - 0,048h_T - 0,073N_X C_{M16} + 0,08N_X h_T + 0,057C_{M16} h_T; \quad (12)$$

$$\Delta M_{M1} = 0,064 - 0,046N_X + 0,041C_{M16} + 0,005C_{22} - 0,018h_T - 0,033N_X C_{M16} - 0,007N_X C_{22} + 0,007N_X h_T + 0,005C_{M16} C_{22} + 0,008C_{M16} h_T - 0,006C_{22} h_T; \quad (13)$$

$$\Delta M_{M2} = 0,064 - 0,048N_X + 0,040C_{M16} + 0,007C_{22} - 0,019h_T - 0,035N_X C_{M16} - 0,009N_X C_{22} + 0,008N_X h_T + 0,008C_{M16} C_{22} + 0,01C_{M16} h_T - 0,009C_{22} h_T; \quad (14)$$

$$M_{Mm} = 0,934 - 0,105N_X + 0,293C_{M16} - 0,087N_X C_{M16} + 0,052N_X h_T + 0,042C_{M16} h_T; \quad (15)$$

$$\Delta \omega_{M1} = 0,040 - 0,033N_X - 0,008C_{M16} - 0,002C_{22} - 0,014h_T + 0,005N_X C_{M16} + 0,01N_X h_T + 0,003C_{M16} h_T; \quad (16)$$

$$\Delta \omega_{M2} = 0,041 - 0,032N_X - 0,007C_{M16} - 0,003C_{22} - 0,014h_T + 0,006N_X C_{M16} + 0,01N_X h_T + 0,003C_{M16} h_T; \quad (17)$$

Графические зависимости относительных приращений режимных показателей от параметра  $1/h_T$  для внешнего (как более нагруженного) силового контура показаны на рис. 6 а ( $\Delta P_D^0$  – кривые 1-9 и  $P_{Dm}$  – кривые 10-18), на рис. 6 б ( $\Delta M_M^0$  – кривые 1-9 и  $M_{Mm}$  – кривые 10-18) и на рис. 6 в ( $\Delta \omega_{M1}$  – кривые 1-9 и  $\Delta \omega_{M2}$  – кривые 10-18).

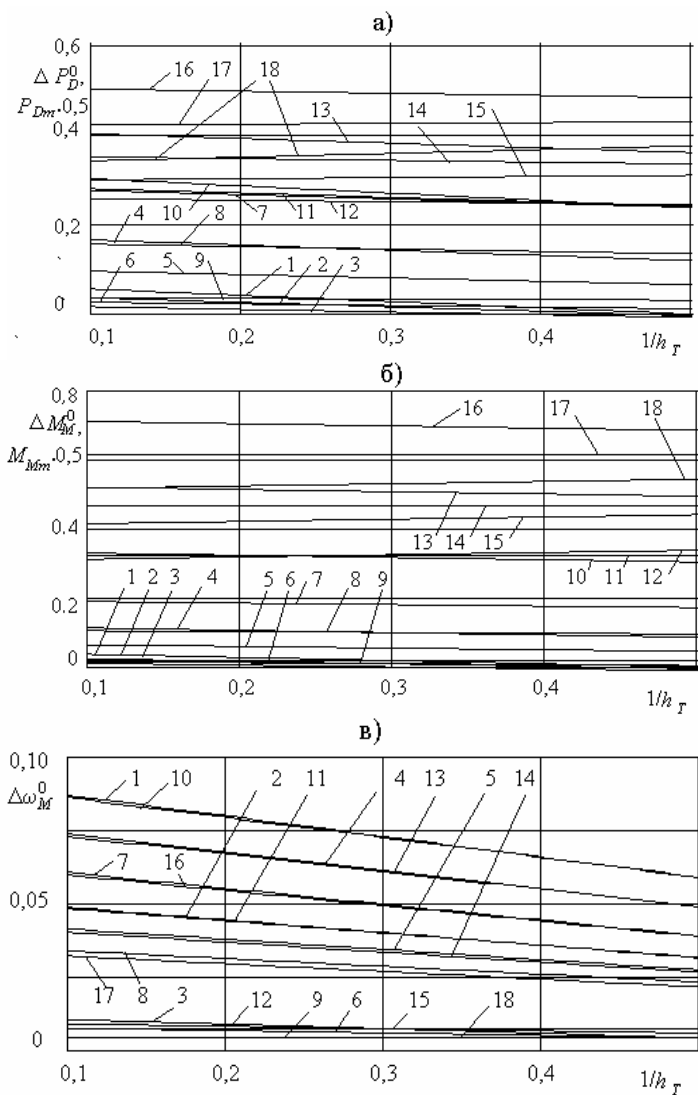


Рис. 6. Зависимости  $\Delta P_D^0$  и  $P_{Dm}$  (рис. 6 а),  $\Delta M_M^0$  и  $M_{Mm}$  (рис. 6 б),  $\Delta \omega_{M1}$  и  $\Delta \omega_{M2}$  (рис. 6 в) от безразмерных параметров комплекса

Зависимости, построенные на рис. 6, соответствуют: 1 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{M16} = 4,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 2 –  $N_X = 0,11$ ;  $C_{M16} = 4,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 3 –  $N_X = 0,20$ ;  $C_{M16} = 4,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 4 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{M16} = 7,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 5 –  $N_X = 0,11$ ;  $C_{M16} = 7,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 6 –  $N_X = 0,20$ ;  $C_{M16} = 7,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 7 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{22} = 30$ ; 8 –  $N_X = 0,11$ ;  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{22} = 30$ ; 9 –  $N_X = 0,2$ ;  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{22} = 30$ ; 10 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{M16} = 4,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 11 –  $N_X = 0,11$ ;  $C_{M16} = 4,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 12 –  $N_X = 0,20$ ;  $C_{M16} = 4,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 13 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{M16} = 7,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 14 –  $N_X = 0,11$ ;  $C_{M16} = 7,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 15 –  $N_X = 0,20$ ;  $C_{M16} = 7,5$ ;  $C_{22} = 30$ ; 16 –  $N_X = 0,07$ ;  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{22} = 30$ ; 17 –  $N_X = 0,11$ ;  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{22} = 30$ ; 18 –  $N_X = 0,20$ ;  $C_{M16} = 12$ ;  $C_{22} = 30$ .

$C_{22} = 30; 16 - N_X = 0,07; C_{M16} = 12; C_{22} = 30; 17 - N_X = 0,11; C_{M16} = 12; C_{22} = 30; 18 - N_X = 0,20; C_{M16} = 12; C_{22} = 30.$

Из полученных аналитических зависимостей и рис.6 видно, что с выходом на циркуляцию внутренние силовые контуры нагружаются в меньшей степени, чем внешние. Относительно небольшое отличие режимов их работы обусловлено тем, что в ходе численных экспериментов учитывалось только неравенство углов скоса потока и относительной скорости подтекания воды к винтам. С уменьшением глубины воды значения показателей  $\Delta P_{D}^0$ ,  $\Delta M_D^0$  и  $\Delta M_M^0$  снижаются, что обусловлено уменьшением скорости  $\Delta v^0$ . То же самое наблюдается и у гребных винтов –  $\Delta \Omega_M$  уменьшается. Сложнее обстоит дело с максимальными значениями соответствующих режимных показателей. Влияние на них глубины воды зависит от "энерговооруженности" электроходов –  $N_X$ . У судов с малыми значениями  $N_X$  мелководе снижает, а у электроходов с большими  $N_X$  – наоборот повышает максимальные значения  $P_{Dm}$ ,  $M_{Mm}$ ,  $M_{Mm}$ . Причем, влияние самого параметра  $h_T$  на рассматриваемые показатели качества невелико (например, для показателя  $M_{Mm}$  оно вообще менее 5 %), однако, весьма сильны эффекты взаимодействий  $h_T$  с значимыми параметрами  $N_X$  и  $C_{M16}$ .

Для повышения маневренных качеств двухвинтовых электроходов с выходом их на циркуляцию один из ГЭД (внутренний, относительно центра циркуляции) переводится в режим "подтормаживания". При анализе таких режимов целесообразно, помимо отмеченных выше значимо влияющих параметров комплексов, учесть также: безразмерный параметр –  $C_{RY}$ , угол отклонения пера руля –  $\beta_R$  и степень подтормаживания внутреннего гребного электродвигателя  $\alpha_{пт} = \alpha_n - \alpha_{ц}$  (Здесь  $\alpha_n$  – относительная частота питающего ГЭД напряжения перед выходом на циркуляцию;  $\alpha_{ц}$  – относительная частота на циркуляции).

При таком маневрировании происходит еще большее изменение нагрузок на гребные электродвигатели, генераторы электрического тока и, соответственно, на тепловые двигатели ГЭУ. Как показали исследования, в этих случаях аналитические модели первого порядка оказываются неадекватными при оценке нагрузок на ГЭУ. Поэтому необходимо воспользоваться полиномами 2-го порядка вида (2). Для построения таких моделей удобными пользоваться методами центрального композиционного планирования (ЦКП).

Расчеты показателей качества и построение их аналитических моделей вида (2) дали следующие результаты (индекс "1" относится к внешнему, а индекс "2" – к внутреннему, относительно центра циркуляции, силовым контурам):

$$\begin{aligned} & \text{– относительное приращение мощности первичных двигателей} \\ \Delta P_{D1} = & 0,29 - 0,08N_X + 0,07C_{M16} + 0,01C_{RY} + 0,03\beta_R + 0,01\alpha_{пт} - 0,01N_X^2 - \\ & - 0,01C_{M6}^2 + 0,01C_{RY}^2 + 0,01\alpha_{пт}^2 - 0,03N_X C_{M16} + 0,01N_X \beta_R; \end{aligned} \quad (18)$$

$$\Delta P_{D2} = -0,19 - 0,12N_X - 0,37C_{M16} + 0,09C_{RY} + 0,09\beta_R - 0,147\alpha_{\text{ПТ}} - 0,07C_{M16}^2 + 0,06C_{RY}^2 + 0,05\beta_R^2 + 0,11\alpha_{\text{ПТ}}^2 + 0,03N_X C_{M16} - 0,12N_X \alpha_{\text{ПТ}} - 0,33C_{M16} \alpha_{\text{ПТ}} + 0,02C_R \beta_R + 0,02\beta_R \alpha_{\text{ПТ}}; \quad (19)$$

– относительное приращение тока ГЭД

$$\Delta I_{M1} = 0,28 - 0,08N_X + 0,05C_{M16} + 0,01C_{RY} + 0,03\beta_R + 0,01\alpha_{\text{ПТ}} - 0,01N_X^2 - 0,01C_{M16}^2 + 0,01C_{RY}^2 + 0,02\alpha_{\text{ПТ}}^2 - 0,02N_X C_{M16} + 0,01N_X \beta_R; \quad (20)$$

$$\Delta I_{M2} = -0,13 - 0,09N_X - 0,27C_{M16} + 0,08C_{RY} + 0,09\beta_R - 0,06\alpha_{\text{ПТ}} - 0,01C_{M16}^2 + 0,06C_{RY}^2 + 0,05\beta_R^2 + 0,11\alpha_{\text{ПТ}}^2 + 0,04N_X C_M - 0,01N_X C_{RY} - 0,01N_X \beta_R - 0,08N_X \alpha_{\text{ПТ}} + 0,01C_{M16} C_{RY} - 0,01C_M \beta_R - 0,24C_{M16} \alpha_{\text{ПТ}} + 0,03C_{RY} \beta_R + 0,01\beta_R \alpha_{\text{ПТ}}; \quad (21)$$

– относительное изменение вращающего момента ГЭД

$$\Delta M_{M1} = 0,21 - 0,06N_X + 0,07C_{M16} + 0,01C_{RY} + 0,02\beta_R + 0,01\alpha_{\text{ПТ}} - 0,01N_X^2 - 0,02C_{M16}^2 + 0,01C_{RY}^2 + 0,02\alpha_{\text{ПТ}}^2 - 0,03N_X C_{M16} + 0,01N_X \beta_R; \quad (22)$$

$$\Delta M_{M2} = 0,01 - 0,02N_X - 0,02C_{M16} + 0,06C_{RY} + 0,05\beta_R + 0,13\alpha_{\text{ПТ}} + 0,04N_X^2 + 0,03C_{M16}^2 + 0,06\beta_R^2 + 0,10\alpha_{\text{ПТ}}^2 + 0,04N_X C_{M16} - 0,01N_X C_{RY} - 0,01N_X \beta_R - 0,03N_X \alpha_{\text{ПТ}} - 0,01C_{M16} \beta_R - 0,07C_{M16} \alpha_{\text{ПТ}} + 0,02C_{RY} \beta_R - 0,01C_{RY} \alpha_{\text{ПТ}} + 0,01\beta_R \alpha_{\text{ПТ}}; \quad (23)$$

– относительное снижение угловой скорости вращения внешнего ГЭД

$$\Delta \omega_{M1} = 0,073 - 0,028N_X - 0,026C_{M16} + 0,004C_{RY} + 0,004\alpha_{\text{ПТ}} + 0,008C_{M16}^2 + 0,003\alpha_{\text{ПТ}}^2 + 0,005N_X C_{M16} + 0,003N_X \beta_R - 0,003C_{M16} \alpha_{\text{ПТ}}; \quad (24)$$

$$\Delta \omega_{M2} = 0,147 - 0,071N_X - 0,048C_{M16} + 0,030C_{RY} + 0,039\beta_R + 0,062\alpha_{\text{ПТ}} + 0,015N_X^2 + 0,009C_{M16}^2 + 0,027C_{RY}^2 + 0,0227\beta_R^2 + 0,050\alpha_{\text{ПТ}}^2 + 0,012N_X C_{M16} + 0,004N_X \beta_R - 0,019N_X \alpha_{\text{ПТ}} - 0,038C_{M16} \alpha_{\text{ПТ}} + 0,007C_{RY} \beta_R. \quad (25)$$

В качестве примера, на рис. 7 приведены зависимости  $\Delta M_{M1}$  и  $\Delta \omega_{M1}$  от наиболее значимых параметров комплексов.

Приращение вращающего момента  $\Delta M_{M1}$  и угловой скорости вращения  $\Delta \omega_{M1}$  ГЭД здесь изображены в функции коэффициента вращающего момента  $C_{M16}$ . Показатель  $\Delta M_{M1}$  описывается кривыми 10-18, а показатель  $\Delta \omega_{M1}$  – кривыми 1-9.

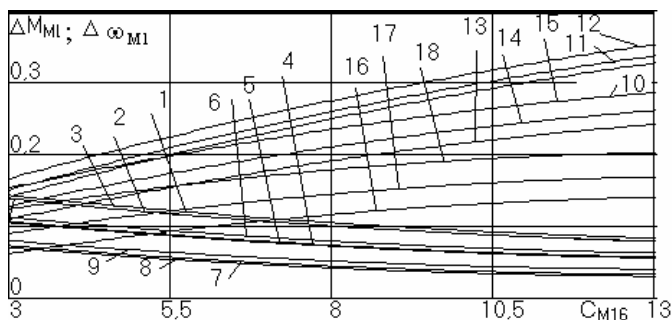


Рис. 7. Залежність  $\Delta M_{M1}$  і  $\Delta \omega_{M1}$  від параметрів комплексів

Кривые соответствуют: 1 и 10 –  $N_X = 0,06$ ;  $\beta_R = 0,157$ ; 2 и 11 –  $N_X = 0,06$ ;  $\beta_R = 0,425$ ; 3 и 12 –  $N_X = 0,06$ ;  $\beta_R = 0,715$ ; 4 и 13 –  $N_X = 0,12$ ;  $\beta_R = 0,157$ ; 5 и 14 –  $N_X = 0,12$ ;  $\beta_R = 0,436$ ; 6 и 15 –  $N_X = 0,12$ ;  $\beta_R = 0,715$ ; 7 и 16 –  $N_X = 0,20$ ;  $\beta_R = 0,157$ ; 8 и 17 –  $N_X = 0,20$ ;  $\beta_R = 0,436$ ; 9 и 18 –  $N_X = 0,20$ ;  $\beta_R = 0,715$ .

Таким образом, полученные результаты позволяют рассчитать в первом приближении основные показатели качества маневрирования. Их анализ показывает, что степень подтормаживания  $\alpha_t$  существенно влияет на нагрузку гребных и первичных двигателей энергетической установки. Причем, это влияние неоднозначно. При выходе на циркуляцию нагрузки на внешний силовой контур возрастают, а на внутренний – падают. Подтормаживание гребным винтом способствует росту этого эффекта. Нагрузки на внешний силовой контур увеличиваются до 8 %, а на внутренний контур снижаются до 70 %.

Возможности разработанного метода (с оценкой получаемых при этом погрешностей) проиллюстрированы на примере конкретного электрохода с заменой его гребной электрической установки более перспективный вариант – ГЭУ с частотно-управляемыми гребными электродвигателями.

Основные технические характеристики пропульсивного комплекса электрохода.

Судно: длина 51,7 м; ширина 15,01 м; осадка 4,2 м; водоизмещение 1763 т; мощность главных двигателей 2200 кВт; скорость движения 7 м/с.

В состав судовой энергетической установки входят:

- два дизель-генераторных агрегата, каждый из которых содержит дизель с эффективной мощностью 1100 кВт при 750 об./мин. и синхронный генератор мощностью 1000 кВт при 750 об./мин.;

- преобразователи частоты;

– два асинхронных гребных электродвигателя, имеющих основные расчетные параметры: мощность 1000 кВт; вращающий момент 10670 Нм; угловая скорость вращения  $93,67 \text{ с}^{-1}$ .

Отдельные результаты расчетов основных показателей, выполненные для этого судна с помощью ЭВМ по полной математической модели, представлены в графе "Точный расчет" табл. 3. Здесь же приведены значения соответствующих показателей, полученные по полученным выше аналитическим моделям – графа "Приближенный расчет". Погрешности аналитического метода даны в соответствующей графе табл. 3.

Таблица 3

*Оценка погрешности аналитического метода расчета*

Показатели качества	Точный расчет	Приближенный расчет	Погрешность, %
1. Изменения скорости ГЭД и гребных винтов – $\Delta\omega_M$	0,0484	0,05	3,2
2. Изменение мощности первичных двигателей – $\Delta P_D$	0,3871	0,345	12,1
3. Изменение тока ГЭД – $\Delta I_M$	0,349	0,375	6,9
4. Изменение вращающего момента ГЭД – $\Delta M_M$	0,278	0,333	16,5
5. Продолжительность маневра – $T_{\text{ман}}$	22,521	20,5	9,8
6. Затраты топлива на выполнение маневра – $G_{\text{ман}}$	31	30,5	1,5

Сравнение результатов показывает, что погрешности в определении показателей качества работы гребных электрических установок на маневрах с помощью аналитических моделей находятся в допустимых для решения динамических задач границах (2-17 %). Это подтверждает приемлемость разработанного приближенного аналитического метода для оценки нагрузок на ГЭУ при циркуляционном движении электроходов.

### Выводы

1. С выходом электроходов на криволинейную траекторию существенно изменяются нагрузки на все составные части их гребных электрических установок. Степень изменения нагрузки зависит от того, является ли контур внутренним или внешним относительно центра циркуляции. Значимое влияние на это оказывают и условия, и характер выполнения маневра.

2. На начальных этапах проектирования для оценки нагрузок на элементы ГЭУ нужны упрощенные методы расчета, не требующие сложных и зачастую нереализуемых (по причине отсутствия необходимой информации) вычислительных процедур.

3. Для решения таких задач предложен способ оценки нагрузок на гребные электрические установки электроходов при совместном маневрировании рулем и винтами на криволинейной траектории движения судна. Разработаны полиномиальные модели для расчета основных показателей качества работы всех составных частей ГЭУ. Погрешности, возникающие при использовании моделей, находятся в допустимых для рассматриваемого класса задач пределах.

4. В сочетании с другими критериями оценки качества проектирования гребных электрических установок это способствует созданию высокоманевренных, экономичных и надежных судов с электродвижением.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зубарев Ю.А. Расчет судовых автоматизированных систем методом активного планирования эксперимента / Ю.А. Зубарев, А.Д. Собашиников, В.А. Юхнович. – Л.: Судостроение, 1976. – 96 с.
2. Яровенко В.А. Расчет и оптимизация переходных режимов пропульсивных комплексов электроходов / В.А. Яровенко. – Одесса: Маяк, 1999. – 188 с.
3. Яровенко В.А. Совместное управление гребной энергетической установкой и рулем на маневрах // Судовые энергетические установки: Научн.-техн. сб. – 2001. – № 6. – Одесса: ОГМА. – С. 109-114.
4. Басин А.М. Гидродинамика судна на мелководье / А.М. Басин, И.О. Веледницкий, А.Г. Ляховецкий. – Л.: Судостроение, 1976. – 320 с.

Стаття надійшла до редакції 19.02.2014

**Рецензент** –



УДК 627.212.093:622

M. Doubrovsky, V. Petrosian, V. Kaluzhnaya, M. Vargin

**BLACK AND AZOV SEAS - BULK FREIGHT PROSPECTS  
FOR UKRAINE'S AND RUSSIA'S PORTS**

*Paper aims to assess existing and prospective potential of Ukraine's and Russia's Ports on the Black Sea and the Sea of Azov from the point of view of bulk cargoes transportation. Data describing ports throughput capacity as well as freight turnover are analysed. Possibilities for the port infrastructure to adapt to the structural changes in cargo traffic are considered. Evaluation of the need for investments for modernization and reconstruction of the ports is presented. Reserves and deficit of ports capacity for bulk freight for coming years are determined and discussed.*

**Keywords:** Bulk Freight, sea ports, throughput capacity, cargoes turnover, investments

*В статье дана оценка пропускной способности портов рассматриваемых регионов по навалочным грузам, а также возможностей приспособления портовой инфраструктуры к происходящим структурным изменениям грузопотока. Рассмотрены крупнейшие угольные порты Украины (Мариуполь, Южный, Николаев, Бердянск, Керчь, Измаил, Ильичевск) и юга России (Туапсе, Темрюк, Азов, Таганрог).*

*Проанализированы потребности в инвестициях для модернизации и реконструкции портов и потенциал портов Черноморско-Азовского бассейна для транзита угля в настоящее время и в будущем. По результатам выполненных исследований сделаны выводы о портовых мощностях украинских портов по навалочным грузам (более 30 млн. т угля и около 60 млн. т руды в год), а также о наличии резерва портовых мощностей украинских портов (порядка 14 %).*

*Отмечено, что в последние годы значительно повысилась потребность в импорте углей в Украину для нужд металлургической промышленности, особенно это касается коксующихся углей. Существующая же ориентация портов на перегрузку экспортных навалочных грузопотоков не учитывает перспективы перевалки импорта. К тому же в настоящее время в портах Украины и юга России отсутствуют мощные комплексы для приема импортного грузопотока. Строительство новых глубоководных портов РФ на юге, в первую очередь строительство порта Тамань, может в перспективе значительно снизить объем транзита угля через порты Украины.*

*Общая потребность в импортных терминалах только по портам Украины оценивается в 10-15 млн. т. Исходя из базовых предпосылок, можно утверждать, что к настоящему моменту ряд портов Украины имеют возможности приспособить собственную инфраструктуру к*

*происходящим структурным изменениям грузопотока. С технической точки зрения основные порты Украины, задействованные в перевалке угля (Южный, Мариуполь, Ильичевск, Николаев), готовы к приему транзита и в настоящее время и в будущем – в случае его увеличения.*

**Ключевые слова:** *навалочные грузы, морские порты, пропускная способность, грузооборот, инвестиции.*

*У статті дана оцінка пропускної спроможності портів даних регіонів по навалювальних вантажах, а також можливостей пристосування портової інфраструктури до структурних змін вантажопотоку, що відбуваються. Розглянуті найбільші вугільні порти України (Маріуполь, Південний, Миколаїв, Бердянськ, Керч, Ізмаїл, Іллічівськ) і півдня Росії (Туапсе, Темрюк, Азов, Таганрог).*

*Проаналізовані потреби в інвестиціях для модернізації і реконструкції портів і потенціал портів Чорноморсько-Азовського басейну для транзиту вугілля нині і в майбутньому. За результатами виконаних досліджень зроблені висновки про портові потужності українських портів по навалювальних вантажах (більше 30 млн. т вугілля і близько 60 млн. т руди в рік), а також про наявність резерву портових потужностей українських портів (близько 14 %).*

*Відмічено, що останніми роками значно підвищилася потреба в імпорті вугілля в Україну для потреб металургійної промисловості, особливо це стосується коксівного вугілля. Існуюча ж орієнтація портів на перевантаження експортних навалювальних вантажопотоків не враховує перспективи перевалки імпорту. До того ж нині в портах України і півдня Росії відсутні потужні комплекси для прийому імпортного вантажопотоку. Будівництво нових глибоководних портів РФ на півдні, в першу чергу будівництво порту Тамань, може в перспективі значно понизити об'єм транзиту вугілля через порти України.*

*Загальна потреба в імпортних терміналах тільки по портах України оцінюється в 10-15 млн. т. Виходячи з базових передумов, можна стверджувати, що до справжнього моменту ряд портів України має можливості пристосувати власну інфраструктуру до структурних змін вантажопотоку, що відбуваються. З технічної точки зору основні порти України, задіяні в перевалці вугілля (Південний, Маріуполь, Іллічівськ, Миколаїв), готові до прийому транзиту і нині і в майбутньому – у разі його збільшення.*

**Ключові слова:** *навалювальні вантажі, морські порти, пропускна спроможність, вантажообіг, інвестиції.*

### **1. Introduction.** Review of the Regional Ports.

The aggregate freight turnover of all the regional ports and terminals worked out at 451,5 million t in 2012, where the Russian and Ukrainian ports accounted for more than 73% of the total (331 million t).

Given the forecasts for development of the world economy and, in particular, the countries of the region, there is no question of any considerable growth in transshipment of cargos in the ports of the Sea of Azov and the Black Sea basin. This figure may be expected to approximate to 500 million t in the foreseeable future. In the aggregate, the Ukrainian port sector possesses the port capacity of over 180 million t. The annual freight turnover amounted to 154,3 million t in 2012 (which is 99,2 % of the total of 2011).

That is to say, the Ukrainian ports used 86 % of their capacity. The main freight turnover of the Ukrainian ports is concentrated around the so called “Large Odessa” (Odessa, Ilyichevsk, and Yuzhny) working out at 60-65 % of the total freight turnover of the Ukrainian ports.

Concentration of the national port capacities in one region impedes development of the whole port infrastructure and does not allow to use the considerable maritime potential of the Crimean Peninsula and the Eastern segment of the coastal part of Ukraine that is situated immediately on the border between Ukraine and Russia (fig. 1).

In the Crimean Peninsula having the stretch of almost 50 % of the whole coastal territory of Ukraine, which ensures a substantial potential for transit, there are no first-class seaports.

The aggregate freight turnover of the ports located in the South of Russia worked out at 176,7 million t; however, the portion of bulked cargos within the structure of freight turnover is over 60 %.

Given the overloading of the ports of Novorossiysk and Tuapse in respect of dry cargos, Russia has already presented officially a project called “Creation of a Dry Cargo Area of the Seaport of Taman” and has launched the preparatory works; nevertheless, creation of a port in the said place has led to a number of complications.



*Fig. 1. Map of Ukrainian ports*

**2. Ports capacity for handling bulk cargoes.** The existing Ukrainian terminals have capacity allowing to handle over 30 million t of coal and about 60 million t of ore per year. Practically all the terminals are focused on export schemes only.

The total volume of transshipment of coal and ore cargo through the Ukrainian ports in 2012 was 31,67 million t, which is approximately 90 % of the level reached in 2011. In particular, the volumes of export of coal and ore cargoes worked out at 18 million t, those of import thereof were about 3 million t, and transit amounted to 10,6 million t.

In 2012 export of coal and coke through the Ukrainian port worked out 4 million t, the largest volumes of coal being exported through the ports of Mariupol (1660,3 thousand t), Berdyansk (1146,8 thousand t), and Nikolayev (1085,1 thousand t).

The extent of importation of coal to Ukraine worked out at 1530,7 thousand t, in particular, 712,7 thousand t through the port of Ilyichevsk and 786,9 thousand t through the port of Yuzhny. The largest portion in the whole structure of coal transshipment is constituted by freight in transit.

On the whole, transit of coal amounted to 5528,1 thousand t in 2012, including 1393,0 thousand t through the port of Yuzhny, 1567,7 thousand t through Mariupol, 1102,5 thousand t through Kerch, and 1354,7 thousand t through Nikolayev.

The breakdown of port capacities is as follows: Seaport of Yuzhny (fig.2).



Fig. 2. Port of Yuzhny

Table

Comparative indicators of ports  
of the black sea and sea of azov basin

№	Ukrainian ports by the regions	Total turnover, thousand tons, 2012	Number of cargo births	Coal turnover, thousand tons, 2012	Total lengths of wharfage	Checkpoint depth, m
<b>Crimea Ports</b>						
1.	Yevpatoria	913,3	5		797	8,25
2.	Kerch	5938,6	7	1869,3	1354	8,3
3.	Feodosiya	3002,0	7		1089	13,5
4.	Yalta	188,2	2		475	8,2
5.	Sebastopol	417,1	1		112	8,25
<b>Danube Ports</b>						
6.	Izmail	2907,2	24	1390,8	2666	7,5
7.	Reni	1061,8	37	68,6	3927	7,0
8.	Ust-Dunaysk	35,3	0		0	8,0
9.	Belgorod-Dniester	927,8	9		1147	4,8-5,1
<b>Dnepr River Region Sea Ports</b>						
13.	Nikolayev	10841,7	13	2470,9	2498	10,5
14.	Kherson	3100,3	9	34,2	1262	7,9
15.	Oktyabrsk	2153,3	7	53,1	1902	10,5
16.	Skadovsk	180,8	3		536	6,0
	Azov Sea Ports					
17.	Mariupol	14080,4	18	3295,3	3926	9,75
18.	Berdyansk	2318,2	10	1170,7	1506	8,25
	<b>Ukrainian ports in total</b>	109800,3	227	12543,2	36601	
<b>Russian Ports of the Basin</b>						
1.	Novorossiysk (all companies)	117400	80	160,0	12670	24,0
2.	Tuapse	17800	15	2800,0	2596	13,5
3.	Taganrog	3400	13	950,0	2570	5,5
4.	Eysk	3600	8	910,0	893	4,5
5.	Azov	5100	9	1450,0	1156	5,5
6.	Rostov-on-Don	11100	18	1670,0	2900	4,5
7.	Temryuk/Caucasus	2300/9400	9/9	560,0	1756/1850	5,5
<b>Region I</b>						
<b>Russian ports in total</b>	176700	161	8500,0	24700		

Port capacity is up to 6 million t of coal per year. The port handles coal cargos at berths № 5 and № 6. The stretch of the berthing line is about 700 m (each berth being 348 m), and the depth is 15 m. The berths of the port can accept vessels of up to 80 thousand dead weight tonnes (without any additional loading on the roads). The complex was technologically designed in the late 70s of the past century and cannot be described as specialized in the proper sense of the word because cargo is loaded immediately onto vessels with gantry cranes.

There are two car dumpers that are used for transshipment of coal; they can unload up to 270-280 jimmies daily. There are three defrosting devices with a total capacity of 60 carriages, classification yards, conveyor lines with a total extent of 1,500 m. There are pickup mechanisms such as gantry cranes “Sokol” and “Condor”, mobile cranes “Liebherr”, stackers, forklift trucks with hoisting capacity of 25 t. Coal loading rates are 7-10 thousand t daily. The port warehouses can hold 600 thousand t of coal of different ranks at a time.

Export terminal “TIS-Ore” in the Port of Yuzhny (Transinvest Company) (fig. 3).

Terminal capacity is 5 million t of pellet or 3,5-4 million t of coal per year. Transshipment takes place at berth No. 18, the length of the berthing line is 255 m, and the depth is 15 m.

Carriage discharge performance is 200 units daily. There is one car dumper and one defrosting device with a capacity of 15 carriages. The pickup mechanisms are: a shiploader (of 1,500 t/hr), a gantry crane “Sokol”, 2 stackers and 1 scraper reclaimer. Daily rates of working a vessel are up to 30 thousand t.



*Fig. 3. Export terminal "TIS-Ruda" ("TIS-Ore")*

**Export-import terminal "TIS-Coal" (port of Yuzhny).** The complex is situated at two berths (№ 19 and № 20) whose total length of the berthing line is 510 m, and the depth is 15 m. The pickup mechanisms are two shiploaders (of 1,500 t/hr), two bucket unloaders, two stackers, two reclaimers, two railway car loaders. After commissioning of all the port capacities, ships loading rates will be 30-35 thousand t daily. The storage capacity of the warehouses is 1 million cub.m.

In the near future, the capacity of the said coal-and-ore complex on both terminals is planned to be increased up to 15 million t per year. The complex can accept vessels of 220 thousand dead weight tonnes, the aggregate capacity of the terminal being up to 7-10 million t.

**Mariupol Sea Commercial Seaport.** Port capacity is up to 5 million t of coal per year. Coal is transhipped at a specialised complex that was commissioned in 1972 (berth № 14 having the length of 263 m and the berth depth of 8,25 m). The terminal admits loading two vessels at a time, with deadweight of up to 10 thousand t. The complex is equipped with two car dumpers (each for 5 carriages), a defrosting device, three coal loaders; the warehouse is served by 2 reclaimers and 2 stackers. Vessels loading rates are: 6-8 thousand t daily.

In the port of Mariupol coal is also handled at berths № 11 and № 12 (being 165 m long and 9,75 m deep), berth № 18 (being 204 m long and 9,75 m deep), berth № 5 (being 210 m long and 8,5 m deep), berth № 13 (being 210 m long and 9,75 m deep). Vessels loading rates are 7 thousand t daily.

The berths of the port can accept vessels of up to 35 thousand dead weight tonnes. The warehouses of the port can hold up to 300 thousand t of coal at a time. The port can work up to 200 railway cars of coal daily.

**The ports of Ilyichevsk, Nikolayev, Kerch, Berdyansk and Izmail** that are engaged in transshipment of coal use crane mechanization schemes that cannot satisfy the today's needs for efficiency of cargo handling complexes. The want for import of coal to Ukraine has considerably increased of late years, which is conditioned by the needs of the metallurgy industry; this particularly concerns coking coals. In this regard, organization of high-performance transshipment of imported coal becomes topical. The existing orientation of the ports to transshipment of export bulk cargo traffic does not allow for prospects of transshipment of imported cargos.

In the Ukrainian ports, as well as in those of the South of Russia, there are no complexes that have sufficiently high performance to accept imported bulked cargo, which is, undoubtedly, one of the most advanced and profitable lines of cargo traffic, in particular, if it deals with coking coal. The coal-and-ore complex of TIS is the only exception. The need for raising of imported bulk cargo capacity is true for the Russian ports, too; besides, it concerns all the ports of the Black Sea and the Sea of Azov.

**3. Coal Transshipment in the Ports of the South of Russia.** In the South of Russia there are no large terminals that are active in transshipment of

coal and iron ore and possess high storage capacity and depth allowing to load vessels that have high cargo carrying capacity.

The total freight turnover of coal in the ports of the South of Russia worked out at 8,5 million t in 2012. The largest one is the port of Tuapse (2,8 million t in 2012), and the rest pertain to the Sea of Azov basin (ports of Azov, Taganrog, Eysk, Rostov), and are limited in depth because of their geographical situation, which leads to rather small dimensions of consignments and, as a result, a limited extent of freight turnover.

As regards the prospects of increase in transshipment of coal in the Black Sea and the Sea of Azov basin of Russia, it can be observed that the Russian ports pertaining to the said basin can handle 8.5 million t per year. The potential growth is 1,5 million t and will hardly be increased if no new capacities are commissioned.

The extent of transshipment in Tuapse as the main Russian port for coal transshipment is doubtless affected by limitation of the capacity of the North Caucasian Railway because the turnover of cargos carried for the Olympic Games increased considerably, and in the nearest future the situation will hardly be changed and the railway will remain a bottleneck.

A possible development of the ports of Rostov, Azov, Eysk, and Taganrog will not exert any substantial influence upon the total volume of coal transshipment through the southern ports of the Russian Federation.

The prospects of construction of new deep-sea port in the south of Russia and, in the first place, construction of the port of Taman may essentially reduce the volume of transit of coal to the Ukrainian ports, but these prospects pertain, most likely, to the years 2016-2018.

Given the geographical position and technical equipment, the new Terminal of bulk cargos in the port of Taman will be able to come to the front and switch the considerable existing freight traffic off the Ukrainian ports. In addition to the Russian freight, the terminal will be able to attract cargos from Kazakhstan creating thereby a supplementary transit traffic through the Russian territory and ports.

The extent of transshipment in Tuapse as the main Russian port for coal transshipment is doubtless affected by limitation of the capacity of the North Caucasian Railway because the turnover of cargos carried for the Olympic Games increased considerably, and in the nearest future the situation will hardly be changed and the railway will remain a bottleneck.

A possible development of the ports of Rostov, Azov, Eysk, and Taganrog will not exert any substantial influence upon the total volume of coal transshipment through the southern ports of the Russian Federation.

The prospects of construction of new deep-sea port in the south of Russia and, in the first place, construction of the port of Taman may essentially reduce the volume of transit of coal to the Ukrainian ports, but these prospects pertain, most likely, to the years 2016-2018.

Given the geographical position and technical equipment, the new terminal of bulk cargos in the port of Taman will be able to come to the front



and switch the considerable existing freight traffic off the Ukrainian ports. In addition to the Russian freight, the terminal will be able to attract cargos from Kazakhstan creating thereby a supplementary transit traffic through the Russian territory and ports.

The leading directions of export of coal from the CIS in the southern region remain Turkey and the countries of Eastern and Southern Europe.

The Russian exporters to Turkey and the countries of the Southern and Eastern Europe try to form freight traffics through the southern ports of Russia.

Export freight traffics of the Kuzbass coal will gravitate to the southern ports of the Russian Federation. Demand for vessels of the small tonnage will grow in the Black and Azov seas.

High rates of a gain of port capacities of Russia and increase in volumes of transfer of freights allowed to redistribute substantially freight traffics of the foreign trade freights from ports of the adjacent states on the Russian ports and this tendency will proceed in the future.

**4. Evaluation of Possibilities for the Port Infrastructure to Adapt to the Existing Structural Changes in Cargo Traffic.** The practice of operation of the export-orientated coal terminals during many years has led to the situation when at present in the ports of the Black Sea – Sea of Azov basin virtually there are no full-fledged high-performance specialised import terminals (except for the terminal “TIS-Coal”).

The total need for import terminals in the Ukrainian ports only is estimated at 10-15 million t. In order to satisfy this need, it is necessary both to adapt the port infrastructure to the current structural changes (complex reconstruction of the existing terminals) and to build new import-oriented cargo handling complexes. A number of projects were announced in 2008-2009, being related both to the state-run ports and to the private terminals, to be implemented in 2012.

Efficiency of implementation of similar projects depends of performance of four compulsory conditions:

- Availability of an adequate cargo base that should guarantee proper utilization of the port capacities to be put in operation;
- Availability of a sufficient area for placement of the store capacities and of the necessary handling facilities that will allow to perform loading and unloading works with the maximum efficiency and the least expenses possible (the technological component);
- Possibility of creation of a wharfage allowing to accept and work design ships of all types, without limitation, and ensuring safe navigation (the maritime component);
- Possibility of organization of railway traffic for delivery to a port/export from a port of estimated freight turnover, without limitation and unconditionally (the railway component).

Noncompliance with any one of these conditions will lead to inexpediency of implementation of the whole project.

It should be observed that as of summer 2013 none of the projects announced has been implemented!

- The project of construction of a new cargo handling complex in Ilyichevsk, with a double-sided pier, for vessels of up to 100 dead weight thousand t, and with capacity of 8 million t of coal and ore per year;

- The project of a cargo handling complex that should have the capacity of 1,2-3,8 million t in the port of Yuzhny, at berths № 9 and № 10. The length of the moorage wall is 2x285 m, and construction of new warehousing areas is planned for storage of 170 thousand t of cargo at a time;

- Construction of new berths in Mariupol, too, which shall allow increasing the port capacity in respect of coal and ore by 1,8 million t approximately before 2020;

- The deep-water berth “Moorages of Comintern” in the port of Yuzhny with a pier up to 300 m long and a capacity of up to 10 million t per year. The pier should accept two ships at a time. The storage capacity is 700 thousand t. Loading a vessel of up to 100 dead weight thousand t is calculated to be performed within 12-15 hours (fig. 4).



*Fig. 4. The deep-water pier “Moorages of Comintern”*

- The terminal of Smart-Holding in the port of Ochakov with a port capacity of up to 5 million t per year. It was planned to build a deep-water port with depths of up to 17 m on 400 hectares.

At present Portinvest company is planning to implement a project of construction of an import-oriented coal handling complex in the port of Yuzhny.

Possibilities for the port infrastructure to adapt to the current structural changes in cargo traffic shall be evaluated using the criteria as follows:

- The technological factor that allows to organize, with minimum expenditures, a reverse mode of delivery – export/import;

- The railway factor: reconstruction of the railway component, which will allow to build a cars loading station, together with the car unloading facilities and equipment available, and will ensure a reverse traffic of carriages loaded from the port to consumers;

- The maritime factor: reconstruction/reinforcement of the port structures in order to create a competitive wharfage (depth, length, operating load, etc.).

Reasoning from these prerequisites, it can be affirmed that presently only several Ukrainian ports can adapt their own infrastructure to the current structural changes of the cargo traffic.

In the first place, the ports of Yuzhny and Ilyichevsk shall be included in this category as meeting to all the criteria aforesaid; the port of Nikolayev, that has been showing an excellent dynamics in growth of its freight turnover for the last year and a half (125 % of growth in 2012 and up to 10-12 % of growth in the 1st quarter of 2013), may be included therein with some reservations.

Creation of full-grown specialised cargo handling complexes equipped with advanced technological facilities and a deep-water wharfage is planned in the ports of Yuzhny and Ilyichevsk. There are similar schemes of development for Nikolayev seaport.

The situation with the ports of Mariupol and Berdyansk on the Sea of Azov and the port of Kerch can be described as a bit more complicated. The geographical position of the said ports on the Sea of Azov, the natural limitation in draught, the heavy ice regime during the winter navigation, and the limited possibilities of development of the area concerned do not allow the above-mentioned ships to react promptly to any changes in the structure and direction of cargo traffic, whether at present or in the near future.

**5. Assessment of Requirements for Investments for Modernization and Reconstruction of Ports.** In order to assess the want for investments to be aimed at re-equipment and reconstruction, first of all, it is necessary to determine what re-equipment of the ports will lie in, and what reconstruction of the ports will lie in, and for which specific purposes. Beyond any doubt, this problem so foreshortened is particularly urgent, in view of the recently approved new Ukrainian Seaports Act of Ukraine under № 4709-VI.

In this connection, we would like to determine the list of the ports subject to modernization and reconstruction for extending the scope of services in the coal segment of the port business and to define the concepts of ‘modernization’ and ‘reconstruction’.

We understand by modernization the replacement of the equipment by more productive, change and improvement of technological schemes of work (a technological component), expansion and re-equipment of warehouses and their capacities.

We understand by reconstruction/strengthening of port structures the quays and piers reconstruction, improvement of their technical and operational characteristics (water depths, berthage lengths, operational loads on quay walls and so on).

The list of the main Ukrainian ports subject to re-equipment and reconstruction is as follows: port of Yuzhny, port of Ilyichevsk, port of Mariupol, port of Nikolayev (see table below).

**6. Assessment of Capacity of Ports of the Region for Coal Transit Now and in the Future.** Evaluation of the regional ports' potential for transit of coal requires not only information related to technical equipment of the ports, but also the transit rates formation system. Judging from the analysis of the technical information, as well as statistical data concerning transit of coal through the ports of Ukraine of late years, we can make up conclusions as follows.

*Assessment of requirements for investments  
for modernization and reconstruction of ports (till 2018, the forecast)*

Name of the port	Modernization				Reconstruction/strengthening			
	Entities	mio. USD	Entities	mio. USD	Entities	mio. USD	Entities	mio. USD
Yuzhny	Berths № 5, 6	12-15,0	Berths № 10-12	65-70,0	Channel deepening to - 21,0 m	320,0	Strengthening/reconstruction	17,5
					Water area deepening to -20,0 m		New construction	
Illichevsk	Berths № 9, 10	10-12,0	Berths № 9, 10	35-40,0	Channel deepening to -17,0 m	50,0	Strengthening/reconstruction	15,0
							New construction	50,0
Mariupol	Berth № 14	20-25,0	Berth № 14	25-30,0	Water area	10,0	Strengthening/reconstruction	10,0
							New construction	30,0
Nikolayev	Berths № 9-11	12-15,0	Berths № 9-11	25-30,0	Water area to -12,0 m	40,0	Strengthening/reconstruction	10,0
							New construction	30,0
		54-67		150-170		495,0		232,5

<b>Others</b>		<b>20</b>		<b>50</b>		<b>20,0</b>		<b>30,0</b>
<b>Total</b>		<b>90,0</b>		<b>220,0</b>		<b>515,0</b>		<b>262,5</b>

The share of transshipment of coal in transit through the Ukrainian ports has been gradually reducing for the last five years in favour of the Baltic ports. Thus, in 2008 approximately 38 % of the Russian coal in transit passed through the Ukrainian ports, in comparison with the 62 % that fell on the Baltic ports. In 2012 this correlation changed and was 21 % to 79 % in favour of the Baltic ports, at that the transit traffic of coal through the Baltic ports showed an increase by 13 %. On the whole, for the last 5 years the extent of the transit of coal through the Ukrainian ports has reduced by 60 % from 14,9 million t to 5,6 million t.

The key factor of reduction of transit traffic through Ukraine is increase of the rates established by the Ukrainian State Administration of Rail Transport (the Ukrzaliznytsya). Within the period from 2007 till 2012 the rates for transit traffic of coal on the route from the station of Topoli (on the border with Russia) to the port of Yuzhny increased by 125 %. Meantime for the analogous period Latvia, the main competitor, refused fully to increase the rates, and the Byelorussian rates increased by more than 20 % for the analogous period. At present the cost of transportation of 1 t/km of the Russian coal on the Byelorussian railroad is 1,7 time less than the Ukrainian rates.

If the Ukrzaliznytsya applies a more flexible tariff policy, Ukraine will be able to recover the volume of the Russian coal in transit up to the level of 2010. A difference in the rates valued at USD 5,00 per tonne of coal makes the Ukrainian railroad uncompetitive for the Russian transit.

The current rates for rail transportation of coal in transit from the Russian Federation to the port of Ventspils (Latvia) on the Byelorussian railroad are USD 4,00/t, on the Latvian railroad – EUR 7,00/t (USD 9,1/t), to the amount of USD 13,1/t, allowing for return of an empty car. Upon transportation on the main route of the Russian transit in Ukraine to the port of Yuzhny, an analogous rate is USD 18,3/t (the basic rate of USD 14,5/t + payment for return of an empty car of USD 3,8/t). Upon comparison of the rates for transshipment in the Ukrainian and Baltic ports, the difference in the transportation costs is about USD 5,2/t, and this factor makes the Ukrainian direction uncompetitive, in contrast to Latvia.

Technically, all the main Ukrainian ports engaged in transshipment of coal (those of Yuzhny, Mariupol, Ilyichevsk, and Nikolayev) are ready to accept transit traffic, whether at present or in the future in case of any increase thereof. However, given the trend of events, no real increase in transit traffic through the Ukrainian ports is in view in the near future.

**Conclusions.** The results of the analysis of the current situation of the Ukrainian ports and ports on the South of Russia within the coal segment enable us to make up the conclusions as follows:

- The aggregate freight turnover of all the regional ports and terminals worked out at 451,5 million t in 2012, where the Russian and Ukrainian ports accounted for more than 73 % of the total (331 million t);

- In the aggregate, the Ukrainian port sector possesses the port capacity of over 180 million t;
- The annual freight turnover of all the Ukrainian terminals and ports amounted to 154,3 million t in 2012 (which is 99,2 % of the total of 2011), that is to say that the Ukrainian ports used 86 % of their capacity;
- The portion of coal cargos in the freight turnover was about 12 million t (7,7 %);
- The aggregate freight turnover of the ports located in the South of Russia worked out at 176,7 million t; the portion of coal cargos constituted about 8.5 million t (4,8 %);
- The existing Ukrainian terminals have capacity allowing handling over 30 million t of coal and about 60 million t of ore per year;
- The Ukrainian largest coal-handling ports are those of Mariupol, Yuzhny, Nikolayev, Berdyansk, Kerch, Izmail, and Ilyichevsk;
- The largest ports of the South of Russia dealing with coal are those of Tuapse, Temryuk, Azov, and Taganrog;
- The want for import of coal to Ukraine has considerably increased of late years, which is conditioned by the needs of the metallurgy industry; this particularly concerns coking coals;
- The existing orientation of the ports to transshipment of export bulk cargo traffic does not allow for prospects of transshipment of imported cargos;
- In the Ukrainian ports, as well as in those of the South of Russia, there are no complexes that have sufficient high performance to accept imported cargo traffic;
- A possible development of the ports of Rostov, Azov, Eysk, Taganrog, and Temryuk will not exert any substantial influence upon the total volume of coal transshipment through the southern ports of the Russian Federation;
- The construction of new deep-sea port in the south of Russia and, in the first place, construction of the port of Taman may essentially reduce the volume of transit of coal through the Ukrainian ports;
- According to the forecast for 2018, the want for investments for reconstruction and re-equipment of the main coal-loading ports is approximately USD 1 billion;
- Despite some surplus of reloading capacities in the ports of Ukraine, it is necessary to recognize expedient creation of specialized reloading complexes of an import and export orientation in ports Yuzhny and Ilyichevsk taking into account a demand of the deep-water terminals, allowing to accept/send big ship parties;
- In recent years transit of coal and coal cargos was steadily going down. The share of transshipment of coal in transit through the Ukrainian ports has been gradually reducing for the last five years in favour of the Baltic ports;

▪ On the whole, for the last 5 years the extent of the transit of coal through the Ukrainian ports has reduced by 60 % from 14,9 million t to 5,6 million t;

▪ Technically, all the main Ukrainian ports engaged in transshipment of coal (those of Yuzhny, Mariupol, Ilyichevsk, and Nikolayev) are ready to accept transit traffic, whether at present or in the future in case of any increase thereof.

*Стаття надійшла до редакції 17.02.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії ЧорноморНДІпроект **М.Б. Пойзнер**

УДК 656.615.003.009.12

А.Р. Магамадов, С.С. Русанова

**ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ  
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПОРТОВ**

*В статье представлены результаты критического анализа современного состояния проблемы истолкования и количественной оценки конкурентоспособности портовых услуг, а на их базе – портов. Предложен конструктивный подход к решению этой проблемы, основанный на трактовке конкурентоспособности товаров, выдвинутой в рамках развиваемой в настоящее время общей теории конкуренции и связываемой с именами М. Портера и А.Ю. Юданова.*

**Ключевые слова:** *общая теория конкуренции, конкурентоспособность товаров и фирм, портовая конкуренция, конкурентоспособность портовых услуг и портов.*

*У статті представлені результати критичного аналізу сучасного стану проблеми тлумачення і кількісної оцінки конкурентоспроможності портових послуг, а на їх базі – портів. Запропоновано конструктивний підхід до вирішення цієї проблеми, заснований на трактуванні конкурентоспроможності товарів, висунутої в рамках розвиваємої в даний час загальної теорії конкуренції, яку пов'язують з іменами М. Портера та А.Ю. Юданова.*

**Ключові слова:** *загальна теорія конкуренції, конкурентоспроможність товарів і фірм, портова конкуренція, конкурентоспроможність портових послуг і портів.*

*The article presents the results of the current state problem's critical analysis and its interpretation and quantitative evaluation of the port services competitiveness and of the ports based on it.*

*We propose a constructive approach to solving this problem, based on the interpretation of the goods' competitiveness made according to currently developing general theory of competition and which is with M. Porter and A. Yudanov names.*

**Keywords:** *general theory of competition, the competitiveness of products and companies, port competition, competitiveness of port services and ports.*

**Постановка проблемы.** Два десятилетия назад Конференция ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) опубликовала доклад экспертной группы по портам [1], в котором была предпринята, по-видимому, впервые в мировой морской литературе попытка рассмотреть в комплексе



наиболее значимые вопросы конкуренции как неперемной составляющей делового поведения портов и стивидорных компаний. На протяжении последующих десяти лет этот материал оставался как бы незамеченным, а затем содержащиеся в нем идеи и рекомендации, включая так называемую «формулу конкурентоспособности порта», были растиражированы в транспортной научной и производственной литературе Украины. В то же время оригинальные публикации в обозначенной области до сих пор так и не появились.

Такое положение дел мы склонны связывать с тем обстоятельством, что почти два столетия феномен конкуренции, описанный А. Смитом в его великом труде «Исследование о природе и причинах богатства народов» [2], был объектом профессиональной дискуссии только ученых-экономистов, которая зачастую протекала в абстрактно-академическом стиле. При этом обычно признавалось существование конкуренции в трактовке А.Смита (как «невидимой руки» рынка), но особого значения этому обстоятельству не придавалось. В итоге конкуренция оставалась, образно говоря, «Золушкой» в экономической теории, одним из ее исходных понятий и только.

Лишь в последнее тридцатилетие ситуация изменилась и при том в корне, когда со своим видением бизнеса как органичного соединения рыночной экономики и менеджмента выступил американский экономист М.Портер. Именно его научные изыскания, отраженные в [3, 4], обусловили становление конкуренции как самостоятельной науки со всеми обязательными атрибутами.

Идеи М. Портера получили творческое развитие в работах российского экономиста А.Ю. Юданова, обобщенных в его книге [4], которую авторитетные ученые Западной Европы признали «отменным и остро современным изданием оригинального учебника». По нашему мнению, этот труд в единстве с параллельно изданной монографией другого российского экономиста Г.Л. Азоева [6], которая содержит методические основы решения актуальных проблем конкуренции, правомерно рассматривать в качестве методологической базы для разработки прикладных ветвей конкуренции, включая и портовую конкуренцию на рынках портовых (стивидорных) услуг (далее РПУ).

**Цель и задачи исследования.** Исходя из вышеизложенного, цели и задачи настоящей статьи связываются с обоснованием подхода к толкованию и количественной оценке конкурентоспособности портовых услуг и на этой основе конкурентоспособности портов.

**Обзор последних исследований и публикаций.** Предварительно отметим, что в публикациях по портовой конкуренции безупречное определение понятия «конкурентоспособность портов» отсутствует. Это понятие связывают без каких-либо пояснений с тем или иным показателем. К примеру, в упоминавшемся докладе ЮНКТАД под конкурентоспособностью портов подразумевают уровень общих издержек обращения клиентуры, включающих в себя финансовые расходы, затраты времени и стои-

мость рисков с выражением в денежной форме всех трех составляющих. При этом для определения конкурентоспособности портов предлагается использовать прием попарного их сопоставления по показателю общих издержек клиентуры в виде отношения с вычитанием из полученной дроби единицы. Нам думается, что без такой «математики» можно не только обойтись, но и обязательно сделать это. Ибо и так понятно, что из двух портов для клиентуры более предпочтительным при прочих одинаковых условиях является тот порт, в котором их общие издержки обращения являются наименьшими.

Еще один распространенный вариант толкования конкурентоспособности портов основывается на формальном представлении сути этого феномена с использованием, например, таких обобщающих понятий как: комплекс потребительских, качественных и стоимостных характеристик товаров/услуг; интегральная характеристика портов по трем составляющим – финансовой стабильности, производственно-кадровому обеспечению и эффективности маркетинга [7, 8].

Из других, столь же неубедительных вариантов истолкования конкурентоспособности портов, отметим предложение ставить этому показателю в соответствие рыночную долю портов [9, 10], с чем совершенно нельзя согласиться в силу того, что конкурентоспособность портов и их рыночная доля находятся в соотношении причины и следствия. При этом в качестве причины выступает конкурентоспособность портов, а следствия – их рыночная доля, а не наоборот, как утверждается в упомянутых публикациях.

Ограничившись рассмотрением приведенных примеров, обратимся к общей теории конкуренции и проследим логику трактовки в ней понятия конкурентоспособности товаров, услуг и фирм, полагая, что порт правомерно мыслить в качестве фирмы, производящей портовые услуги и действующей ради получения прибыли.

**Основной материал исследования.** Среди множества толкований обсуждаемого понятия мы отдаем предпочтение формулировке А.Ю. Юданова, который предложил называть конкурентоспособностью товаров степень их *притягательности* для совершающих реальную покупку потребителей. Отметим, что с основополагающей идеей этого варианта трактовки – степенью притягательности товаров – прямо корреспондирует идея их *привлекательности* из определения, принятого Международной организацией «Европейский форум по проблемам управления» [11], однако акцент А.Ю. Юданова представляется более информативным.

Возникает естественный вопрос: а можно ли количественно оценить адекватную конкурентоспособности степень притягательности (привлекательности) товаров (равно услуг)? Еще не так давно вразумительного ответа на этот вопрос не существовало. Практически все исследователи проблемы исчисления конкурентоспособности товаров/услуг/фирм ориентировались на подход, основанный на сопоставлении характеристик

рассматриваемого товара (услуги, фирмы) и его некоего эталонного (воображаемого) аналога в рамках дифференциального и комплексного методов оценки показателя конкурентоспособности [8]. При этом во главу угла ставилось стремление максимально формализовать процедуру сравнения индивидуальных и групповых характеристик с выходом на формирование расчетных формул, моделирующих алгоритмов, рейтинговых систем, экспертных матриц и т.п. В то же время никто из сторонников охарактеризованного подхода к количественной оценке конкурентоспособности товаров ничего конкретного по материализации эталонного (воображаемого) товара не предложил.

Ответ на поставленный выше вопрос дал М. Портер в разработанной им теории конкурентоспособности, основанной на концепции потребительской ценности товаров, под которой подразумевается некая критическая граница в торге между покупателем и продавцом, предопределяющая возможность (или невозможность) заключения сделки купли-продажи. Очевидно, что такой границей может быть лишь максимальная цена, которую потребитель считает для себя выгодным заплатить за нее.

Можно утверждать, исходя из логики и здравого смысла, что в общем случае цена реализации товаров не должна превышать их потребительскую ценность. При таком условии образуется разность между потребительской ценностью и продажной ценой товаров, которая как раз и является количественной оценкой их конкурентоспособности. По предложению А.Ю. Юданова, такая оценка называется «запасом» конкурентоспособности товаров (и точно так же можно утверждать – услуг и фирм).

В приложении к портам (портовым услугам) охарактеризованная концепция конкурентоспособности интерпретируется естественным образом. Так, в случае только грузоперевалки потребительской ценности портовых услуг соответствует доля транспортной составляющей расходов грузовладельцев на обслуживание одной тонны груза в порту, продажной цене услуг – аккордные ставки портов на погрузку-выгрузку грузов и тарифы на другие услуги. «Запас» конкурентоспособности портовых услуг при этом определяется как разность между портовой долей транспортной составляющей расходов грузовладельцев и аккордной ставкой на грузоперевалку. Аналогично решается вопрос и в случае предоставления портовых услуг судовладельцам.

Легко видеть, что «запас» конкурентоспособности портовых услуг является мерилем экономии расходов грузовладельцев на грузоперевалку, что равнозначно увеличению их прибыли при прочих одинаковых условиях. Это обстоятельство, кстати сказать, четко отражено в одном из постулатов хорошей морской практики, который в изложении украинских экономистов А.И. Соколова и В.В. Попова гласит: «... конкурентоспособность портов определяется величиной прибыли, которую портовые власти оставляют клиентуре при транспортировке грузов через их порты» [12. С. 8].

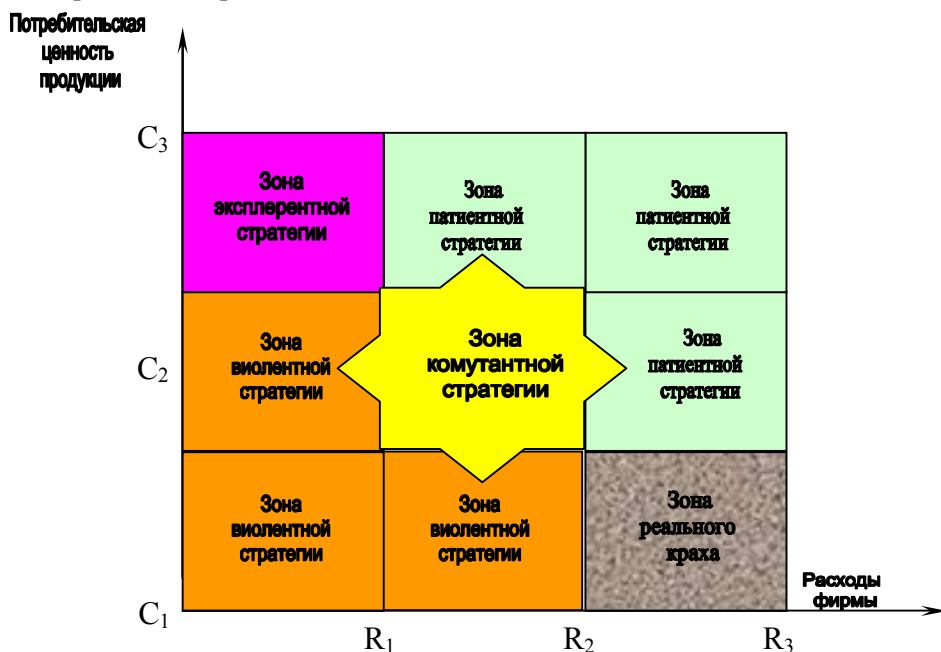
Рассмотренные выше положения являются ключом к решению важнейшей проблемы портовой конкуренции, связанной с выбором конкурентной стратегии портов как конкретного алгоритма постановки цели их функционирования и обоснования способа достижения этой цели. По А.Ю. Юданову, при выборе конкурентной стратегии фирм (в нашем случае портов) необходимо исходить из рациональной комбинации двух основных источников конкурентоспособности:

сокращения затрат на производство товаров/услуг ( $R$ ), что создает предпосылки для снижения их продажной цены;

повышения потребительской ценности производимых товаров/услуг ( $C$ ), что является следствием повышения притягательности – привлекательности продукции фирмы в восприятии клиентуры.

При этом фирмы (порты) должны ориентироваться на максимизацию разности между показателями  $C$  и  $R$ , которая характеризует «запас» конкурентоспособности ( $K$ ) их продукции (портовых услуг).

Пространство показателей ( $C/R$ ), как показано на приведенном ниже рисунке, обычно делится на девять зон при выделении для каждого показателя трех уровней значений: низких, средних, высоких. В итоге фиксируются зоны базовых конкурентных стратегий (по А.Ю. Юданову, – виолентной, пациентной, комутантной и эксплерентной), а также зона реального краха.



*Рис. Схема дифференциации пространства «затраты фирмы ( $R$ ) – потребительская ценность продукции ( $C$ )»*

При отсутствии информации о численных значениях показателей потребительской ценности портовых услуг и затрат (тарифов) портов выбор конкурентных стратегий можно производить по их тест-таблицам, один из вариантов которых дан в приведенной ниже таблице.

*Таблица*

Конкурентные стратегии	Варианты сочетаний показателей С и R	Условия реализации конкурентных стратегий	Риски для фирм
Виолентная	$C_1/R_1$	Сохранение низких цен на продукцию ( $R_1$ )	Нестойкость функционирования фирм вследствие невысокой потребительской ценности продукции ( $C_1$ )
	$C_1/R_2$	Приведение в действие резервов снижения цен на продукцию ( $R_2$ )	Возможность потери массового рынка вследствие невысокой потребительской ценности продукции ( $C_1$ )
	$C_2/R_1$	Сохранение низких цен на продукцию ( $R_1$ )	Отсутствуют на нормально функционирующем рынке
Пациентная	$C_2/R_3$	Сохранение стабильных цен на продукцию ( $R_3$ )	Возможность сужения рынка вследствие снижения потребительской ценности продукции ( $C_2$ )
	$C_3/R_2$	Сохранение стабильных цен на продукцию ( $R_2$ )	Отсутствуют на нормально функционирующем рынке
	$C_3/R_3$	Сохранение стабильных цен на продукцию ( $R_3$ )	Возможность сужения рынка вследствие снижения потребительской ценности продукции ( $C_3$ )
Коммутантная	$C_2/R_2$	Сохранение стабильных цен на продукцию ( $R_2$ )	Возможность сужения рынка вследствие снижения потребительской ценности продукции ( $C_3$ )
Эксплерентная	$C_3/R_1$	Соответствие рыночной конъюнктуре, своевременный переход к виолентной или пациентной стратегии	Ориентация на чрезмерно узкий или широкий сегмент рынка

**Пример.** Допустим, что на РПУ оперируют четыре порта – А, Б, В, Г, первый из которых будем называть базовым. Пусть он имеет реализованную рыночную нишу емкостью 800 тыс. т грузов, рыночную долю 0,23 и по этим показателям относится к категории средних фирм. Его конкурентный статус характеризуется слабой рыночной позицией с тенденцией к ухудшению. Будем считать, что базовый порт находится в конкурентном противостоянии со всеми, оперирующими на рынке портами, причем с наиболее высокой степенью остроты он конкурирует с одним портом, например, с портом В.

Предположим, что в противоборстве портов А и В инициаторами конкурентной борьбы являются оба порта, вследствие чего базовый порт должен стремиться к улучшению своего конкурентного статуса. Отсюда с очевидностью вытекает, что цель своего функционирования базовому порту следует связывать с увеличением рыночной доли до уровня, при котором его конкурентный статус будет характеризоваться сильной рыночной позицией с тенденцией к улучшению.

Так как базовый порт относится к категории средних портов, то он должен брать на вооружение один из вариантов пациентной конкурентной стратегии (см. тест-таблицу). Сопоставление этих вариантов по их характеристикам позволяет заключить, что наиболее перспективным для базового порта является вариант с сочетанием показателей потребительской ценности услуг порта и расходов (цен) на их осуществление  $C_3/R_2$ . Привлекательность указанного варианта конкурентной стратегии заключается в том, что он является гарантированно реализуемым при сохранении стабильных расходов (цен) на выполнение услуг ( $R_2$ ), а риски на рынке, который нормально функционирует, отсутствуют.

Охарактеризованный вариант конкурентной стратегии базового порта позволит ему добиться увеличения рыночной доли в соперничестве с портом В, очевидно, лишь в том случае, если он сможет обеспечить в сопоставлении с конкурентом более высокую потребительскую ценность своих услуг и/или более низкие расходы (цену) на их осуществление. При этом в обоих случаях базовый порт будет иметь более высокий «запас» конкурентоспособности своих услуг.

**Выводы.** На основе изложенного выше материала авторами разработана «Методика определения конкурентоспособности портовых услуг», по которой выполнены серии экспериментальных расчетов для крупнейших морских портов Украины по основным грузопотокам. Эти исследования подтвердили теоретическую состоятельность и практическую реализуемость методики.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Портовий маркетинг и задача создания портов третьего поколения // Доклад секретариата ЮНКТАД. – Женева, 1992. – (Препринт ЮНКТАД ТД / В / С. 4 / АС. 7 (14.)). – 78 с.*
2. *Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит. – М.: Эксмо, 2007. – 960 с.*
3. *Портер М. Конкуренция / М. Портер. – М.: Вильямс, 2010. – 608 с.*
4. *Портер Майкл. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов / Майкл Портер; Пер. с англ. – 3-е изд. – М.: Альпина Бизнес Бук, 2007. – 453 с.*
5. *Юданов А.Ю. Конкуренция: теория и практика. – М.: Акалис, 1996. – 382 с.*
6. *Азоев Г.Л. Конкуренция: Анализ, стратегия и практика. – М.: Центр экономики и маркетинга, 1996. – 208 с.*
7. *Жередий Ю.С. Управление конкурентоспособностью морских портов: на примере Приморского края / Дис. на соиск... канд. экон. наук / Ю.С. Жередий. – Владивосток, 2007. – 168 с.*
8. *Лухманова Н.А. Методы оценки конкурентоспособности транспортных услуг / Н.А. Лухманова. – Известия Российского Государственного Педагогического Университета, 2009. – Вып. № 90. – С. 217-221.*
9. *Колодин А.Л. Ориентация портового менеджмента на современный маркетинг / А.Л. Колодин // Развитие методів управління і господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ 2000. – Вып. 7. – С. 96-104.*
10. *Наврозова Ю.А. Экономическая сущность качества портовых услуг / Ю.А. Наврозова // Развитие методів управління і господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2002. – Вып. 14. – С. 96-104.*
11. *Шевченко Л.С. Конкурентное управление / Л.С. Шевченко. – Харьков: Спада, 2004. – 520 с.*
12. *Соколов А.И. Сборы и платы в портах мира / А.И. Соколов, В.Л. Попов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 80 с.*

*Стаття надійшла до редакції 20.01.2014*

**Рецензент** – доктор економічних наук, доцент кафедри «Морські перевезення» декан факультету транспортних технологій та систем Одеського національного морського університету **І.В. Савельсва**

УДК 656.615.078.111/.117

А.О. Мурад'ян

**МЕТОДИКА УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І ОПТИМІЗАЦІЇ  
ПРОЦЕСУ ПЕРЕВАЛКИ ВАНТАЖІВ В ЗАГАЛЬНОТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ**

*У статті запропонований оригінальний підхід до забезпечення узгодженого управління транспортними вузлами, заснований на поєднанні методології класичної науки оптимального управління виробничо-економічними системами і конструктивних ідей нових концепцій ділової поведінки і соціального управління, що прогресують на даний час.*

**Ключові слова:** транспортний вузол, перевалка вантажів, оптимальне управління, ділова поведінка, партнерська взаємодія, досягнення згоди взаємодіючих суб'єктів, оптимізація вантажоперевалювального процесу.

*В статье предложен оригинальный подход к обеспечению согласованного управления транспортными узлами, основанный на сочетании методологии классической науки оптимального управления производственно-экономическими системами и конструктивных идей прогрессирующих в настоящее время новых концепций делового поведения и социального управления.*

**Ключевые слова:** транспортный узел, перевалка грузов, оптимальное управление, деловое поведение, партнерское взаимодействие, достижение согласия взаимодействующих субъектов, оптимизация грузоперевалочного процесса.

*The article presents an original approach to ensure the concerted management of transport nodes, based on the combination of classical science methodology of optimal production and economic systems management and constructive ideas progressing at present new concepts of business conduct and social management.*

**Keywords:** transport node, transshipment of cargoes, optimal management, business behaviour, partnerships, the agreement of interacting subjects, optimization of transshipment process.

**Постановка питання.** Обнародування в середині 1990-х років грандіозного проекту створення на євроазійському просторі мережі мультимодальних транспортних коридорів послужило серйозним імпульсом до активізації наукових досліджень в області комплексної теорії управління транспортною галуззю з метою приведення її методології у відпо-відність до висунутої в [1] концепції розвитку менеджменту в ХХІ столітті. Особливо чітко відмічена тенденція виявилася у дослідженнях, направлених на вдосконалення теорії і методів організації управління роботою



© Мурад'ян А.О., 2014

пунктів стику суміжних видів транспорту, що іменувалися в той період загальнотранспортними вузлами (ЗТВ). Спочатку і аж до 2010-го року вказані дослідження ґрунтувалися на представленнях створеної в минулому столітті класичної теорії оптимального управління. Відповідно до канонів цієї теорії чи не всі автори того часу акцентували увагу на побудові економіко-математичних моделей управління процесом перевалки вантажів (ППВ) в термінах добре розвинених математичних дисциплін (математичного програмування, теорії масового обслуговування, календарного планування), а також імітаційного моделювання.

Потім намітився відхід від принципів класичної науки управління з переорієнтацією на нові теорії ділової поведінки – транспортну логістику, маркетинг партнерських стосунків і його модифікацій у поєднанні з концепціями мережових форм міжфірмової кооперації, кластеризації, створення стратегічних альянсів, взаємодії бізнесу і влади [2-6]. Одночасно було запропоновано замість ЗТВ розглядати як транспортні вузли лише морські порти під назвою «морські транспортні вузли» (МТВ), внаслідок того, що саме в портах відбувається стиковка рухомого складу суміжних видів транспорту при здійсненні вантажоперевалювального процесу і оперують різні компанії, структури і організації, що беруть участь у наданні послуг транспортній клієнтурі в особі вантажо- і судновласників [7].

З вищевикладеного з очевидністю витікає, що до теперішнього часу в дослідженні комплексних проблем управління транспортними вузлами склалася суперечлива ситуація. З одного боку, традиційна парадигма управління вузлами і трактування їх в якості ЗТВ не знехтувана об'єктивно. З іншого боку, енергійно висувається ідея тлумачення вузлів як МТВ в єдності з переходом до використання для управління ними згадуваних вище нових теорій ділової поведінки. При цьому в обох випадках питання про побудову *механізму узгодження управління* в рамках ЗТВ (МТВ) в кращому разі лише згадується.

Виходячи з приведеної констатації, звернемося до аналізу найбільш значущих досліджень, виконаних на рубежі ХХ-ХХІ століть з позицій як класичної науки управління, так і нових, згадуваних вище теорій.

**Огляд останніх публікацій.** Серед робіт, виконаних у дусі класичної традиції тлумачення управління, найбільш ґрунтовними, на наш погляд, є дисертаційні дослідження [8, 9, 10]. У кожній з цих робіт йдеться про ЗТВ, що складається з двох підприємств – порту (морського або річкового) і припортової залізничної станції, а ППВ розглядається лише для одного етапу, який виконується в порту при завантаженні суден з вагонів, тобто лише по прямому варіанту.

Перша з вказаних робіт містить формальний опис ЗТВ (точніше лише його портової ланки) з використанням у якості методологічного інструменту теорії взаємодіючих послідовних процесів [11], а засобів формалізації – алфавітів, алгебраїчних формул, протоколів і темпоральних схем. Такий підхід до формалізації процесу роботи ЗТВ представляється привабливим в теоретичному відношенні, бо дозволяє досить витончено відобразити процес завантаження суден. Разом з тим його практичну цінність не можна визнати високою внаслідок надмірно громіздкої процедури реалізації. Проте істотніша особливість цього підходу полягає в розмитості його критеріальної основи і практично у повній відсутності зв'язку з ринковою філософією ділової поведінки суб'єктів ЗТВ в стосунках як між собою, так і з клієнтурою.

У аналогічній постановці (для комплексу порт-станція і процесу завантаження суден в порту) виконана робота [9], у якій надано аналітичний огляд методичного арсеналу теорії оптимального управління з точки зору можливості і доцільності вживання існуючих методів для моделювання роботи ЗТВ. За результатами проведеного аналізу зроблений висновок про те, що найбільш перспективними для цієї мети є методи когнітивного і морфологічного аналізу. Це твердження ілюструється у [9] академічним прикладом морфологічного моделювання процесу завантаження суден в порту, проте без будь-якої вказівки на спосіб реалізації отриманої таким чином моделі. Внаслідок цього питання про дійсну цінність запропонованого в характеризуемій роботі підходу, залишається відкритим як з теоретичної, так і з практичної точок зору.

Рубежем в певному значенні є робота [10], в якій зроблена спроба з'єднати раціональні ідеї традиційного і нового підходів до організації управління ЗТВ. Перший з вказаних напрямів – традиційний, представлений в цій роботі практично в тій же постановці, що і в [9], тобто з орієнтацією на вибір як відповідний методологічний засіб для побудови механізму управління ЗТВ морфологічного моделювання у поєднанні з когнітивним аналізом і сценарним підходом до планування діяльності вузла. Другий напрям – ринковий – відображено у [10] у формі обґрунтування одного з принципово можливих варіантів постановки і початкового аналізу проблеми узгодження інтересів суб'єктів ЗТВ в ході організації і здійснення ППВ. Ця частина опрацювання, що міститься в даному дослідженні, виконана в поняттях теорії оцінки впливу зворотного зв'язку в механізмі управління на функціонування керованого об'єкту у поєднанні з методами когнітивного і морфологічного моделювання і рекомендацією про подальший перехід до реалізації методики векторної оптимізації виробничого процесу ЗТВ. На жаль, всі ці ідеї розглянуті, як прийнято говорити, лише в порядку постановки питання.

Намічені в [10] ринкові акценти в обґрунтуванні механізму управління ЗТВ отримали розвиток в дослідженнях останнього п'ятиріччя при розробці методологічних основ формування морського транспортного

вузла (МТВ), що інтерпретується як інститут мережєвих партнерських стосунків [12].

Ключова ідея останньої роботи полягає в обґрунтуванні можливості використання концепції маркетингу партнерських стосунків [3] під назвою маркетингу взаємодії у якості методологічної бази для розробки механізму управління МТВ. Така ініціатива аргументується в [12] назрілою необхідністю переходу суб'єктів МТВ до парадигми створення спільної цінності на основі встановлення і підтримки довготривалих ділових зв'язків між всіма учасниками доставки вантажів за схемою «від дверей-до дверей».

При спільному розгляді охарактеризованих в [8-10, 12] концепцій управління транспортними вузлами стає очевидним, що ключовою для кожної з них є проблема *забезпечення погоджених дій* суб'єктів транспортних вузлів в найширшому сенсі, починаючи з постановки переслідуваних кожним суб'єктом цілей і закінчуючи такими, що спільно виробляються в режимі on line управляючими діями на ППВ.

**Завдання дослідження.** Позначена проблема є однаково актуальною при використанні будь-якого підходу до управління транспортними вузлами, будь то методологія класичного оптимального управління, або філософія ринкової поведінки, або поєднання обох підходів і незалежно від того, як трактуються транспортні вузли – в якості ЗТВ або МТВ. У такій ситуації найлогічніше зробити висновок, що саме цю проблему слід вважати *першочерговою* по важливості для побудови ефективного механізму управління ППВ в транспортних вузлах і визначити її опрацювання як найважливіше завдання справжнього дослідження.

**Основний матеріал дослідження.** Для розкриття суті і необхідності досягнення узгодженості в управлінні транспортними вузлами необхідно виходити з того факту, що будь-які суміжні підприємства, у тому числі транспортні, опиняються в своїй роботі тісно зв'язаними і взаємозалежними. Внаслідок цього виникає складне переплетення ділових інтересів сполучених підприємств, що об'єктивно зумовлює необхідність підтримки досить ефективних контактів між підприємствами транспортних вузлів при організації і здійсненні ППВ.

Діяльність по забезпеченню такого роду контактів, починаючи з 1930-х років, іменується на транспорті по різному: то координацією, то взаємодією, то тим і іншим як єдиним цілим [13]. При цьому обидва поняття в одному випадку ототожнюються, а в іншому – розмежовуються, визначаються в широкому і вузькому сенсі (по транспортному процесу в цілому і його окремим стадіям), трактуються у прив'язці до сукупностей кожного виду транспорту (галузева постановка) і суміжних видів транспорту, включаючи транспортні вузли (міжгалузева постановка).

Існування такого роду невизначеності (або синонімічній надмірності) у визначенні обговорюваних понять пояснюється, як показано в [14], перш за все неоднозначністю їх трактування в теоретико-методоло-

гічному сенсі. У результаті лінгвістичні рамки тлумачення обох понять розмиваються, що природно породжує непродуктивні дискусії і може приводити до некоректних наукових висновків.

Змальоване *status quo* у визначенні понять координації і взаємодії як інструментів досягнення узгодженості в управлінні транспортом зберігається по суті своїй до теперішнього часу, про що свідчать публікації останніх років [15], засновані, як і раніше видані роботи, на традиційному розумінні сенсу вказаних понять. У даній статті робиться спроба порушити цю тенденцію і підійти до вирішення проблеми забезпечення узгодженого управління транспортними вузлами з позицій, що поєднують ідеї традиційних і нових теорій забезпечення ефективного функціонування суб'єктів ринкової діяльності, конкретно – маркетингу партнерських стосунків [3], соціального партнерства [16] і лінійного програмування.

При такому підході виникає необхідність у спільному вирішенні двох нерозривно зв'язаних між собою завдань, першим з яких передбачається узгодження параметрів ППВ, а другим – забезпечення реалізації цього процесу в оптимальному режимі.

Як показано в згаданих вище теоріях [3, 16], необхідною і достатньою умовою досягнення узгодженості в спільних діях будь-яких індивідуумів є наявність зацікавленості в кінцевих результатах їх діяльності, яка виникає завдяки встановленню *згоди* між суб'єктами. У спільному випадку згода між двома і більш суб'єктами виражається за схемою, що передбачає проведення:

дискусії (етап I, коли сторони зацікавлені у просуванні лише власних інтересів без врахування інтересів контрагентів; етап II, коли сторони сприймають і усвідомлюють інтереси контрагентів, що дозволяє перевести потенційно конфліктну ситуацію в конструктивне русло);

діалог, коли встановлюється комунікативний простір для ведення сторонами переговорів по зіставленню їх інтересів і оцінці можливості прийняття взаємних поступок;

компроміс, коли ситуаційна угода встановлюється на основі спільних для них інтересів;

консенсус, коли між сторонами досягається довготривала угода на основі спільних для них цінностей;

згода, коли сторонами встановлюється спільна мета, здійснюється вибір стратегії і тактики її досягнення, визначається особиста вигода сторін.

В управлінні ЗТВ використання приведеної схеми доцільно, як нам представляється, використовувати перш за все при обґрунтуванні параметрів єдиного технологічного процесу роботи транспортного вузла (СТПРТВ), особливо таких, як кількість і розміщення виробничих зон для виконання операцій з рухомим складом і вантажами, спеціалізація і рересурсозабезпеченість цих зон, режими подачі і прибирання транспорт-

них засобів, нормативні терміни обробки транспортних засобів по виробничих зонах і т. п.

Пояснимо, що як виробничі ми розглядатимемо зони, обладнані на припортовій залізничній станції (шляхи – головний, прийомо-відправочний, відстійні і сполучні з портом), в порту (виставкові залізничні колії, вантажні фронти – кордонні, тилові, складські) і поблизу до порту (транзитно-вантажні термінали для обслуговування магістральних автомобілів). Умовимося також вважати, що виробничі зони характеризуються пропускною спроможністю і допустимим часом використання в межах інтервалу управління, а їх кількість може при необхідності збільшуватися за рахунок переведення контингенту робітників з інших об'єктів, що обслуговуються кожним підприємством ЗТВ.

Розглядатимемо це завдання у наступній постановці. Передбачимо, що впродовж деякого інтервалу часу, розбитого на  $r$  ( $k = \overline{1, r}$ ) відрізків (наприклад, годин), необхідно реалізувати ППВ шляхом переміщення в межах ЗТВ певних об'ємів вантажопотоків (наприклад, відповідно до завантаження залізничних вагонів, або магістральних автомобілів, або судовим партіям) по заздалегідь прийнятим організаційно-технологічним варіантам (ЗТВ) з проходженням через виробничі зони, що конкретно фіксуються.

Також вважатимемо, що ефективність реалізації ППВ оцінюється за мірою забезпечення норм часу перебування в ЗТВ вантажів і транспортних засобів, що відповідає інтересам клієнтури і тим самим сприяє підвищенню в їх уявленні привабливості (рівне конкурентоздатності) ЗТВ. А ця обставина однакова вигідно всім суб'єктам ЗТВ, через що воно може служити для них спільною метою і, отже, гарантією згоди.

Перейдемо до формалізації обговорюваного завдання і введемо необхідні позначення, а саме:

$j$  – шифр вантажопотоку ( $j = \overline{1, n}$ );  
 $i$  – шифр виробничих зон обслуговування вантажопотоків ( $i = \overline{1, m}$ );

$k$  – шифр відрізка часу інтервалу планування ( $k = \overline{1, r}$ );

$P_{ijk}$  – пропускна спроможність  $i$ -ї зони при обслуговуванні  $j$ -го вантажопотоку на протязі  $k$ -го відрізка часу;

$T_{ik}$  – резерв робочого часу  $i$ -ї зони впродовж  $k$ -го відрізка часу;

$C_{jk}$  – числова оцінка пріоритету  $j$ -го вантажопотоку на першочергове обслуговування впродовж  $k$ -го відрізка часу;

$X_{jk}$  і  $x_{jk}$  – відповідно мінімальний і максимальний об'єми  $j$ -го вантажопотоку, які необхідно обслуговувати впродовж  $k$ -го відрізка часу;

$Y_{ik}$  і  $y_{ik}$  – відповідно мінімально і максимально допустимий час використання  $i$ -ї зони для реалізації ППВ впродовж  $k$ -го відрізка часу;

$Z_{ik}$  і  $z_{ik}$  – відповідно мінімально і максимально допустимий час використання  $i$ -ї додаткової зони впродовж  $k$ -го відрізка часу.

Прийmemo у якості параметрів управління моделі наступні показники:

$X_{jk}$  – об'єм перевалки  $j$ -го вантажопотоку впродовж  $k$ -го відрізка часу;

$Y_{ik}$  – час використання  $i$ -ї зони для реалізації ППВ впродовж  $k$ -го відрізка часу;

$Z_{ik}$  – час використання  $i$ -ї додаткової зони для реалізації ППВ впродовж  $k$ -го відрізка часу.

Вважатимемо, що ефективність реалізації ППВ оцінюється по рівню дотримання термінів проходження вантажопотоків разом з транспортними засобами через виробничі зони, причому максимум ефективності досягається при точному дотриманні норм ЄТПРТВ.

У приведених позначеннях шукана модель завдання оптимізації ППВ має вигляд:

$$F = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r C_{jk} X_{jk} - \max(\min); \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r \frac{1}{\Pi_{jk}} X_{jk} - Y_i = 0; \quad i = \overline{1, m}; \quad (2)$$

$$Y_{ik} + Z_{ik} = T_{ik}, \quad i = \overline{1, m}; \quad k = \overline{1, r}; \quad (3)$$

$$\underline{X}_{jk} \leq X_{jk} \leq \bar{X}_{jk}, \quad j = \overline{1, m}; \quad k = \overline{1, r}; \quad (4)$$

$$\underline{Y}_{ik} \leq Y_{ik} \leq \bar{Y}_{ik}, \quad i = \overline{1, m}; \quad k = \overline{1, r}; \quad (5)$$

$$\underline{Z}_{ik} \leq Z_{ik} \leq \bar{Z}_{ik}, \quad i = \overline{1, m}; \quad k = \overline{1, r}; \quad (6)$$

Умови приведеної моделі мають наступне змістовне значення:

забезпечення оптимального варіанту реалізації ППВ в сенсі дотримання нормативних термінів обслуговування вантажів і транспортних засобів (1);

забезпечення балансу між резервом робочого часу виробничих зон і його використанням для реалізації ППВ (2);

відповідність між сумарним часом використання основних і додаткових виробничих зон і резервом робочого часу впродовж відрізків часу для здійснення ППВ (3);

відповідність об'ємів перевалки вантажів і параметрів виробничих зон заданим межам їх зміни (4)-(6).

Відзначимо що оптимальність рішення задачі (1)-(6) забезпечується завдяки введенню в цільову функцію оцінок  $C_{jk}$  в якості змінних коефіцієнтів при невідомих, які (коефіцієнти) необхідно задавати по убутанню або зростанню від початку до кінця кожного відрізка часу при рішенні задачі відповідно на  $\max$  або  $\min$  функціоналу  $F$  [17].

Модель (1)-(6) є завданням лінійного програмування, вирішення якого може бути отримане з використанням відповідного пакету Excel.

**Висновки.** Підводячи підсумки розгляду постановки і аналізу дослідженої у даній статті проблеми, можна зробити висновок, що мета і завдання наступного етапу її опрацювання природним чином зв'язуються з побудовою конкретного механізму реалізації описаної вище схеми досягнення згоди підприємств і структур, що взаємодіють в ЗТВ, які безпосередньо беруть участь в організації і здійсненні ППВ.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Друкер П. *Задачи менеджмента в XXI веке: Пер. с англ. / П. Друкер.* – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 272 с.
2. Смехов А.А. *Основы транспортной логистики / А.А. Смехов.* – М.: Транспорт, 1995. – 197 с.
3. Гордон Ян Х. *Маркетинг партнерских отношений / Ян Х. Гордон: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2001. – 379 с. (Сер.: Маркетинг для профессионалов).*
4. Орлов С.В. *Транспортный кластер как вариант развития транспортного комплекса / С.В. Орлов, В.С. Корнеевец // Вестник БФУ. – 2012. – Вып. 1. – С. 144-149.*
5. Писарева В.К. *Стратегические альянсы / В.К. Писарева. – СПб.: Питер Ком, 2008. – 328 с.*
6. Ботнарюк М.В. *Повышение конкурентоспособности отечественных морских портов через взаимодействие бизнеса и власти / М.В. Ботнарюк, Р.В. Мисник // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 4. – С. 14-20.*
7. Сергеев А.С. *Транспортные узлы Российского Дальнего востока на фоне мировых тенденций развития морского транспорта / А.С. Сергеев, М.С. Чарей // Азиатско-Тихоокеанский регион. Экономика, политика, право. – 2010. – № 1. С. 7-16.*
8. Куренков П.В. *Управление доставкой в внешнеторговых грузов в смешанном сообщении / Дис. на соиск. ... докт. экон. наук. – М.: ГУУ, 1999. – 478 с.*
9. Клепиков В.П. *Методология комплексного развития транспортных систем в проектах взаимодействия железнодорожного и морского транспорта / Дис. на соиск.... докт. техн. наук. – М.: МГУПС (МИИТ), 2007. – 352 с.*

10. Сычев А.А. Организация работы транспортного узла в составе транспортного коридора / Дис. на соиск. ... канд. техн. наук. – Ростов на Дону: РГУПС. – 167 с.
11. Хоар Н. Взаимодействующие последовательные процессы / Н. Хоар: / Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 264 с.
12. Ботнарюк М.В. Методология формирования транспортного узла как института сетевых партнерских отношений / М.В. Ботнарюк // Современная конкуренция. – 2012. – № 3 (38). С. 98-110.
13. Магамадов А.Р. Координация работы различных видов транспорта / А.Р. Магамадов. – М.: Транспорт, 1982. – 176 с.
14. Козлов Ю.М. Координация в управлении народным хозяйством СССР / Ю.М.Козлов. – М.:Транспорт, 1976. – 169 с.
15. Единая транспортная система страны [Электронный ресурс]. URL: <http://ets-rf.ru/> (Дата обращения: 15.04.2014).
16. Андреев С.С. Теория социального управления: субъект и объект социального управления / С.С. Андреев // Социально-гуманитарные знания. – 2001. – № 1. – С. 80-96.
17. Тейман А.И. Управление комплексами операций: Доклад. – М.: Политехнический музей, 1967. – 44 с.

*Стаття надійшла до редакції 15.02.2014*

**Рецензент** – доктор економічних наук, професор, завідуючий кафедрою «Економічна теорія і кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко**



УДК 620.193:627(26)

Л.С. Дидур

**КОРРОЗИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ  
КАК СУЩЕСТВЕННЫЙ ФАКТОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПОРТОВЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА "БОЛЬВЕРК"**

*В процессе эксплуатации портовые гидротехнические сооружения подвергаются различным негативным воздействиям. Наиболее опасной для них является коррозия металла, приносящая значительный материальный ущерб. В статье рассмотрена проблема возникновения коррозии металла, рассмотрены факторы, способствующие коррозии, одновременное воздействие которых снижает предел выносливости металла и ускоряет процесс разрушения конструкции причала.*

**Ключевые слова:** портовые причальные сооружения, техническая эксплуатация, морская среда, коррозия металлов, металлический шпунт.

*У процесі експлуатації портів гідротехнічні споруди піддаються різному негативному впливу. Найбільш небезпечною для них є корозія металу, що приносить значний матеріальний збиток. У статті розглянуто проблему виникнення корозії металу, розглянуто чинники, що сприяють корозії, одночасний вплив яких знижує межу витривалості металу і прискорює процес руйнування конструкції причалу.*

**Ключові слова:** портів причальні споруди, технічна експлуатація, морське середовище, корозія металів, металевий шпунт.

*In the process of operation the port hydrotechnical facilities are exposed to various negative influences. The corrosion of metal is the most dangerous one, it results in considerable material losses. The article deals with the problem of metal corrosion origin, the factors contribute to corrosion, their simultaneous effect on lowering the endurance limit of the metal and accelerating the process of structural failure of pier are considered.*

**Keywords:** port berthing facilities, technical maintenance, marine environment, corrosion of metals, metal tongue.

Украина обладает самым мощным портовым потенциалом среди всех стран Черного моря. На побережье Черного и Азовского морей находится 18 морских торговых портов и 12 портопунктов. В свою очередь, гидротехнические сооружения, являются элементом системы обеспечения безопасности нахождения судов в порту. Однако, как известно, морские гидротехнические сооружения непрерывно подвергаются действию агрессивной морской среды. Она, в свою очередь, способствует коррозии металла – материала большинства гидротехнических сооружений, что очевидно, снижает уровень безопасности в порту.

Общая длина причального фронта морских портов Украины составляет порядка 43 км, в том числе: Дунайского региона – 6,7 км, Черноморского – около 21 км, Азовского – 4,7 км. В конструктивном исполнении около 34,5 % причальных сооружений представлены типом "больверк", в основном, из металлического шпунта (данные по 13 основным портам).

Для многих сооружений, в т.ч. причальных сооружений типа "больверк", техническое состояние определяется скоростью разрушения конструкций вследствие морской коррозии. Металлоконструкции гидротехнических сооружений с точки зрения коррозии работают в крайне тяжелых условиях, подвергаясь постоянному воздействию электрохимических, химических и биологических факторов, часто в сочетании с механическим воздействием водотока в виде динамического действия текущей воды, истирания наносами и др.

Таким образом, актуальным является рассмотрение основных факторов, способствующих коррозии металла.

Морской среде всегда уделялось большое внимание, причем, не только морской воде, но и воздуху над ней, в котором содержатся хлориды водяной пыли, они, в свою очередь определяют ее главную особенность – высокую соленость. На рисунке 1 показаны зоны, охватываемые общим термином "морская среда", и скорость коррозии стали в них. В прибрежной части суши окружающая среда также считается "морской". Наиболее важной зоной является само море, так как именно химический состав морской воды представляет собой причину коррозии.

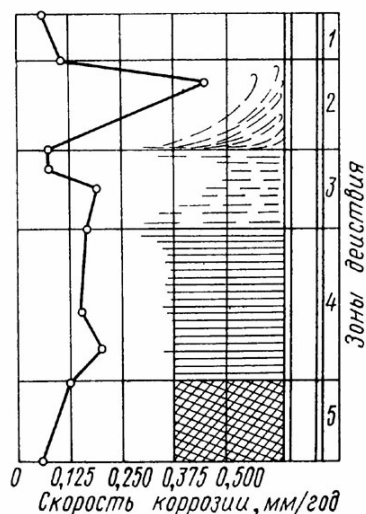


Рис. 1. Зоны действия морской среды:  
1 – атмосфера; 2 – прилив (зона брызг); 3 – отлив;  
4 – морская коррозия; 5 – грунт

Морская коррозия – это особый вид коррозии материала под действием морской воды. Морская вода имеет высокую электропроводность за счет содержания легкодиссоциируемых солей и кислорода, а наличие в морской воде биологических веществ, способствует ускорению процессов коррозии. Таким образом, косвенный ущерб от коррозии может быть довольно значительным и выражаться в снижении надежности сооружений, повышении расходов на ремонт, увеличении времени простоя из-за отказов, затрат на устранение последствий аварий и т.д.

По мнению ученых Ю.Р. Эванса, Г.В. Акимова, А.В. Рябченкова, Н.Д. Томашева механизм разрушения от коррозии представляется в следующем виде: процесс начинается с поверхности металла и при дальнейшем развитии распространяется вглубь, при этом происходит изменение состава металла и его свойств. Разрушение обычно сопровождается изменением внешнего вида поверхности металла и отличается следующими характерными особенностями: на металле заметны разрушенные участки в виде неправильных углублений, точек, язв, пятен, трещин и т.д.; в результате взаимодействия со средой металл превращается в химические соединения – продукты коррозии, которые частично пристаю́т к поверхности металла.

Одним из главных способов классификации коррозии, который позволяет наиболее полно охарактеризовать действия, протекающие при взаимодействии материалов и коррозионных сред, является классификация по механизму коррозионного процесса. По этому методу классификации коррозию принято делить на следующие виды: коррозия химическая и электрохимическая.

Химическая коррозия металлов – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают одновременно. Продукты коррозии при этом процессе возникают непосредственно на корродирующих участках.

Электрохимическая коррозия – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита, которым является морская вода, электропроводность может достигать  $3 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ).

Разрушительное действие коррозии проявляется по-разному. В одних случаях наблюдается равномерное изнашивание металла, вызывающее уменьшение сечения элементов конструкций, в других случаях имеют место местное разрушение в виде питтинга, язв и коррозионного растрескивания, при которых основная часть поверхности металла или сплава может оставаться неповрежденной.

Характер коррозионных разрушений сталей, эксплуатирующихся в морских условиях, показан в таблице 1.

Таблиця 1

*Коррозионные разрушения сталей*

Вид и тип коррозионных разрушений	Схематический вид разрушений	Условия возникновения и характеристика разрушений
1	2	3
Сплошная равномерная коррозия		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия незащищенной стали. Коррозия с одинаковой по всей площади толщиной прокорродировавшего слоя, равномерной окраской продуктов коррозии.
Сплошная неравномерная коррозия		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия незащищенной стали. Коррозия с неодинаковой по всей площади толщиной прокорродировавшего слоя, равномерной окраской продуктов коррозии.
Местная коррозия. Коррозия пятнами		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия стали при разрушении лакокрасочного покрытия. Площадь коррозионных разрушений значительно превосходит их глубину.
Местная коррозия. Коррозия язвами		Коррозия металла в активном состоянии. Коррозия стали в зоне отдельных разрушений покрытия. Площадь разрушений соизмерима с их глубиной.
Местная коррозия. Точечная (питтинговая) коррозия		Коррозия металла в пассивном состоянии или при изоляции пористым покрытием. Площадь коррозионных разрушений значительно меньше их глубины
Структурно-избирательная или компонентно-избирательная коррозия. Межкристаллитная коррозия		Избирательное разрушение металла по границам зерен, при котором резко падает его прочность с отсутствием внешних признаков разрушения.
Структурно-избирательная или компонентно-избирательная коррозия.		Корродирует один из компонентов сплава, поверхность при этом обогащается компонентом с более благородным потенциалом

Борьба с коррозией не является узконаправленной проблемой. Ее следует рассматривать в тесной связи с конструированием и эксплуатацией, а также заранее предусмотреть возможность удобного и легкого доступа для ремонта и замены деталей и проведения антикоррозионных мероприятий.

При проектировании металлических свайных оснований, для оценки предполагаемого срока службы требуется учитывать многие факторы, в том числе скорость коррозии, износ и воздействие механических нагрузок.

Конструкция причального сооружения типа больверк из металлического шпунта (рис. 2), как показал опыт его применения в морских портах, имеет значительное преимущество перед другими типами конструкций при организации и производстве работ, а кроме того – незначительную трудоемкость, не нуждается в дорогостоящих каменных постелях, создает сравнительно небольшое вертикальное давление на основание, и поэтому может применяться на любых грунтах, допускающих погружение шпунта.

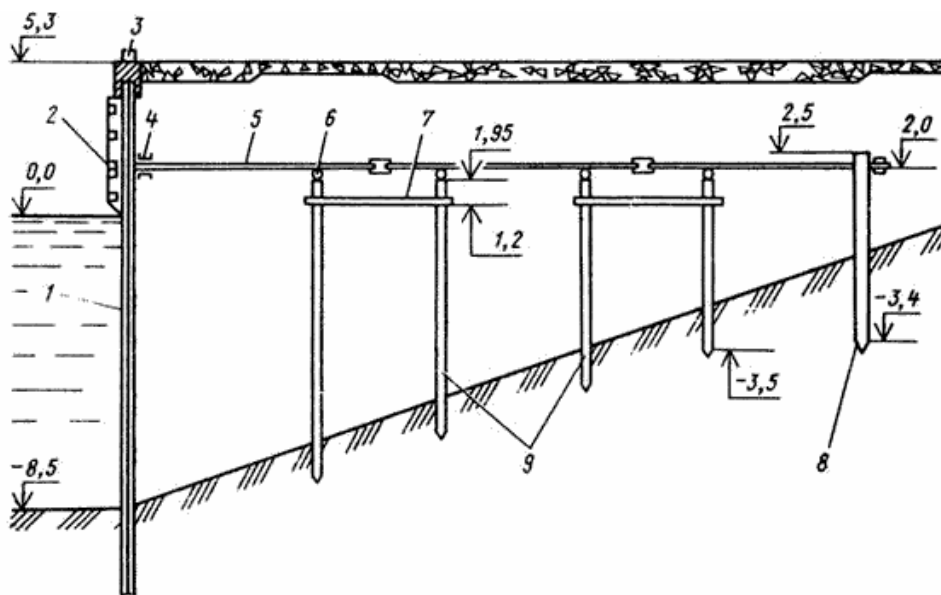


Рис. 2. Причал типа больверк из металлического шпунта  
1 – стенка из шпунта; 2 – отбойное устройство;  
3 – колесоотбойный брус; 4 – анкерный пояс; 5 – анкерная тяга;  
6, 7 – деревянные насадки и схватки; 8, 9 – железобетонные сваи

Причалные сооружения одновременно подвергаются воздействию большого количества техногенных факторов и факторов внешней среды с переменной интенсивностью. С коррозионной точки зрения эти сооружения можно разбить на три части.

Нижняя часть (подводная зона) этих конструкций постоянно находится под водой, в данной зоне существенно увеличивается скорость коррозии под воздействием биокоррозии и под действием блуждающих токов. Наличие живых организмов или растений может значительно ускорить процесс коррозии в этой зоне.

Средняя часть (зона переменного смачивания) – обычно эта зона возвышается над уровнем воды на 0,4-1,0 метра. В связи с облегченным доступом кислорода к поверхности металла и ухудшением условий для возникновения и сохранения защитных пленок на нем, при периодическом смачивании и коррозионным воздействием брызг морской воды образуются микрокристаллы солей. Дополнительное отрицательное воздействие оказывает солнце, лучи которого нагревают металл, ускоряя коррозионный процесс в условиях усиленной аэрации. Колебания, которые возникают в этой зоне, увеличивают коррозию из-за комбинированного влияния воды и атмосферы. Эти колебания могут быть почасовыми, суточными и сезонными. И, наконец, верхняя часть конструкции (зона брызг) – область подверженная волнам или разбрызгиванию, которые могут привести к исключительно высокой коррозии, особенно в морской воде.

Для эффективности противокоррозионной системы необходимо сделать анализ причин, факторов и видов коррозии, так как, не зная их, трудно определить возможные места ее возникновения, вероятность которого зависит от конкретных конструктивных решений, условий и химического состава окружающей среды данной конструкции.

Выделим основные факторы, влияющие на скорость коррозии в морской воде. Их можно разделить на внешние и внутренние.

К *внешним факторам* можно отнести:

– влияние состава воды. Состав воды в значительной степени влияет на скорость коррозии, так как соленые и кислые водные растворы – агрессивные среды для стали. Основными факторами в составе воды являются природа и количество растворенных твердых веществ (от этого зависит электропроводность), значение рН, жесткость воды, содержание двуокиси углерода и кислорода и наличие органических веществ.

– влияние условий эксплуатации. Условия эксплуатации связаны с целым рядом факторов: температура воды, скорость потока воды, особенности конструкции и блуждающие токи.

Температура воды влияет на скорость коррозии несколькими путями. Во-первых, скорость коррозии, как и всех химических реакций, увеличивается при повышении температуры. Во-вторых, более важно влияние температуры на природу и растворимость продуктов коррозии.

Скорость потока воды не менее важна. Поток доставляет кислород к корродирующей поверхности и может уносить с нее продукты коррозии, накапливание которых могло бы замедлить дальнейшую коррозию. Обильное снабжение кислородом катодных участков активизирует коррозию.

Необходимо учитывать и особенности конструкции. Острые углы в направлении потока могут стать причиной сильного локального поражения из-за ударной коррозии.

*К внутренним факторам*, оказывающим существенное влияние на скорость коррозии металлов и сплавов, относятся:

– влияние состава металла. Все конструкционные материалы на основе железа в естественных водных средах при полном погружении корродируют практически с одинаковыми скоростями. Для заметного повышения коррозионной стойкости стали в водных средах обычно необходимо ввести более 3 % легирующих добавок, например хрома.

– влияние состояния поверхности стали при погружении в воду имеет очень большое значение. Это объясняется тем, что многие естественные водные среды являются хорошими электролитами, и в случае их постоянного контакта со сталью возникают достаточно благоприятные условия для электролитной коррозии. Например, наличие на поверхности вторичной окалины намного опаснее при погружении в морскую воду, чем при экспозиции на воздухе, так как гальваническая пара, образованная окалиной и чистой сталью, более активна в первом случае и может привести к быстрому питтингообразованию.

– коррозия сварных соединений. Интенсивное питтингообразование может происходить в местах сварки. Использование для сварки электродов из более благородных металлов позволяет решить эту проблему.

– механический фактор также относится к внутренним и влияет на скорость электрохимической коррозии очень сильно. Так как под воздействием напряжений разрушаются защитные оксидные пленки, то их отсутствия снижает термодинамическую устойчивость металла. Распространенными условиями эксплуатации металлоконструкций являются одновременное воздействие на металл механических напряжений и коррозионной среды. Напряжения могут быть внешние (нагрузки, приложенные извне) и внутренние (результат деформаций и др.), постоянные и переменные, кавитационные воздействия либо истирающие.

Как правило, в основе борьбы с коррозией лежат технико-экономические соображения. По этой причине вопросы, связанные с коррозией, не могут решаться только инженерами и проектировщиками. Необходимо привлекать и других специалистов, в первую очередь экономистов, и рассматривать возникающие проблемы в связи со всем комплексом факторов (которые были перечислены выше).

Проектирование должно подразумевать не просто выбор прочных материалов и стойких покрытий, а ставить своей целью, совместить во-едино самые различные способы, которые смогут удержать коррозию на приемлемом, с экономической точки зрения, уровне. Путем рационального и компромиссного сочетания различных факторов и требований можно довольно просто спроектировать антикоррозионную систему причальных сооружений.

В связи с интенсивным освоением ресурсов океана для морских сооружений разрабатываются все новые и новые коррозионно-стойкие материалы. Эти разработки необходимо постоянно держать в поле зрения. Однако основные методы борьбы с коррозией в целом остаются неизменными, и именно их удачное применение позволяет успешно решать возникающие проблемы, как с технической, так и с экономической точки зрения.

В заключение можно сделать вывод о том, что в сложном комплексе сооружений и устройств морского порта – причальные сооружения имеют особое значение. Долговечность этих сооружений определяются качеством проектирования и характером воздействия среды, в которых они эксплуатируются. Эти эксплуатационные свойства во многом зависят от интенсивности развития процессов коррозии металлов.

Продлить сроки эксплуатации различных металлоконструкций до их морального износа – основная цель решения проблемы коррозии металлов.

Соответствие методов защиты эксплуатационным особенностям гидротехнических сооружений – необходимое условие обеспечения их долговечности и надежности.

Применительно к рассматриваемым причальным сооружениям типа "больверк" количественная оценка влияния коррозии материала заключается, в частности, в установлении реальных размеров поперечного сечения основных несущих конструктивных элементов, уменьшенных в процессе эксплуатации в результате коррозионных процессов, а также в определении/прогнозировании срока эксплуатации причала для конкретных условий его работы.

Трудность предотвращения коррозии заключается в том, что разрушение металлов под влиянием факторов среды – естественный процесс, направленный на сохранение равновесия в природе.

Так как процессы коррозии, связанные с влиянием воздействия среды, необратимы и часто приводят к отказам, их необходимо обнаруживать на ранних стадиях эксплуатации, классифицировать, давать количественную оценку эффекта повреждения и прогнозировать возникновение опасности в случае непринятия мер по усилению защиты. Только установление причин коррозионного процесса позволяет правильно выбрать метод совершенствования защиты.



### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 33-01-2003. *Гидротехнические сооружения. Основные положения.* – М.: Госстрой России, 2004. – 21 с.
2. Томашов Н.Д. *Теория коррозии и защиты металлов.* – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 591 с.
3. Притула В.А. *Защита от коррозии морских гидротехнических сооружений / В.А. Притула, Г.С. Кесельман.* – М.: Транспорт, 1973. – 184 с.
4. Пойзнер М.Б. *Техническое состояние портовых причальных сооружений Украины // Юбилейный сб. докл. научн. конф., посвященной 70-летию института.* – Одесса: Изд-во ЧерноморНИИпроекта. – 2000. – С.22-26.
5. Маркович Р.А., Колгушкин А.В. *Коррозия морских гидротехнических сооружений // Территория НЕФТЕГАЗ.* – 2009. – № 5. – С.56-59.

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету **М.П. Дубровський**

УДК 008.5

Т.М. Олех, С.Н. Гловацкая, С.В. Руденко

**МЕТОД МНОГОМЕРНОГО ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА  
ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДОСТИЖИМОСТИ  
СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ В ССП**

*В статье анализируется система показателей деятельности организации, которая обеспечивает достижение определенной цели. Показано использование и применение метода многофакторного анализа для оценки достижения стратегических целей в ССП.*

**Ключевые слова:** метод многофакторного анализа, оценка, система показателей, стратегическая цель в ССП.

*У статті аналізується система показників діяльності організації, яка забезпечує досягнення певної мети. Показано використання і застосування методу багатофакторного аналізу для оцінки досягнення стратегічних цілей в СЗП.*

**Ключові слова:** метод багатофакторного аналізу, оцінка, система показників, стратегічна ціль в СЗП.

*The article analyzes of key measures of an organization that achieves a particular purpose. Illustrates the use and application of a multivariate analysis to assess the achievement of the strategic objectives in the BSC.*

**Keywords:** method of multivariate analysis, assessment, key measures, strategic objective in the BSC.

**Введение.** С помощью сбалансированной системы показателей (ССП) руководство организации получает возможность выстроить систему показателей деятельности организации, а затем и проконтролировать их выполнение [1, 2, 3, 4, 5, 6]. При этом обеспечение достижимости определенной цели определяется набором ключевых показателей, которые в разной степени влияют на этот процесс [7, 8, 9].

Для оценки степени достижимости стратегических целей в ССП предлагается использовать метод многомерного факторного анализа [10, 11]. С его помощью можно достигнуть сбалансированности системы показателей по долгосрочным и краткосрочным показателям деятельности организации. Многомерный факторный анализ позволяет также выявить зависимость между явлениями, обнаружить скрытую основу нескольких явлений, ответить на вопрос, почему связаны явления.

**Цель статьи.** Применение метода многомерного факторного анализа для оценки степени достижимости стратегических целей в деятельности проектных организаций. С помощью данного метода можно обнаружить скрытую основу нескольких факторов, что позволяет достигнуть сбалансированности системы показателей по долгосрочным и краткосрочным показателям деятельности проектной организации.

**Изложение основного материала.** Главными целями факторного анализа являются сокращение числа переменных (редукция данных) и определение структуры взаимосвязей между переменными, т.е. классификация переменных [12]. Поэтому факторный анализ используется или как метод сокращения данных, или как метод классификации переменных.

Сокращение достигается путем выделения скрытых общих факторов, объясняющих связи между наблюдаемыми признаками (переменными) объекта, т.е. вместо исходного набора переменных появится возможность анализировать данные по выделенным факторам, число которых значительно меньше исходного числа взаимосвязанных переменных.

Число наблюдаемых объектов может быть большим и взаимосвязи между ними чрезвычайно сложными. Однако наблюдая объект, выдвигаем гипотезу, что существует небольшое число факторов, которые влияют на измеряемые параметры. Естественно желание выделить как можно меньшее число скрытых общих факторов и чтобы выделенные факторы как можно точнее приближали наблюдаемые параметры, описывали связи между ними.

Выделяемые таким образом факторы называют общими, так как они воздействуют на все признаки (параметры) объекта, а не на какой-то один признак или группу признаков. Эти факторы являются гипотетическими, скрытыми, их нельзя измерить непосредственно, однако существуют статистические методы их выделения.

В предлагаемой модели факторного анализа для оценки достижимости стратегических целей в ССП для долгосрочного планирования в качестве факторов используются обозначенные стратегические цели перспектив развития организации. Изменяемыми переменными, связанными с факторами являются годовые значения ключевых показателей ССП в рассматриваемом периоде реализации стратегии. Исследование такой модели, позволит установить, в какой мере значения ключевых показателей (переменных) подвержены влиянию некоторых общих стратегических целей (факторов) и таким образом, оценить степень их достижимости, на выбранном горизонте планирования рассчитав их численные значения.

Рассмотрим пример факторной модели для оценки зависимости степени достижимости стратегической цели в международной деятельности Одесского национального морского университета – «Повышение качества учебного процесса и научных исследований» в зависимости от следующих ключевых показателей:

X1 – доля УПП, имеющего научные степени кандидата и доктора наук;

X2 – количество научных статей, напечатанных в международных изданиях;

X3 – количество зарубежных поездок;

X4 – количество докладов на международных конференциях;

X5 – количество патентов и изобретений.

Исходные данные для исследований представлены в таблице 1.

Таблиця 1

Исходные данные

Год	Значения показателя				
	X1	X2	X3	X4	X5
2006	0,503	89	35	33	6
2007	0,503	94	71	21	2
2008	0,483	49	28	10	5
2009	0,456	53	110	102	7
2010	0,471	68	113	37	3
2011	0,479	50	137	34	6

Числовые значения вектор-столбца  $Y_i$ , характеризующие степень достижимости стратегической цели «Повышение качества учебного процесса и научных исследований» рассчитывались по формуле

$$Y_i = a_{i1}f_{1i} + a_{i2}f_{2i} + \dots + a_{im}f_{mi},$$

где  $a_{ir}$  – весовой коэффициент  $i$ -й переменной на  $r$ -м общем факторе или нагрузка  $i$ -й переменной на  $r$ -м общем факторе;

$f_{ri}$  – значение  $r$ -го общего фактора на  $i$ -м наблюдении

$$i = 1, \dots, N; m = 1, \dots, n.$$

Так как массив данных  $x_{im}$  представляет величины различной размерности, то для того чтобы перейти к безразмерным величинам, стандартизируем элементы массива.

Для определения стандартизованных значений ключевых показателей стратегической цели в нашей модели воспользуемся следующей формулой:

$$k_i = \frac{|x_i - x_{\min}|(K-1)}{x_{\max} - x_{\min}} + 1, \quad (1)$$

где  $x_i$  – годовое значение  $i$ -го ключевого показателя;

$x_{\max}$  и  $x_{\min}$  – максимальное и минимальное значение ключевых показателей по отдельному показателю в рассматриваемом периоде стратегии;

$K$  – количество качественных уровней (принимается равным 10).

Задача состоит в том, чтобы оценить  $a_{ir}$  некоторым оптимальным образом.

Если в качестве критерия оптимальности принимают минимум расхождения между ковариационной матрицей исходных признаков и той, которая получается после оценивания факторных нагрузок, (мера «расхождения» двух матриц, которая в данном случае, есть евклидова норма их разности), то используют метод главных компонент.

Если критерием оптимальности является максимальная близость исходных корреляций признаков к тем, которые получены в модели после оценивания нагрузок, то говорят о методах анализа главных факторов.

Для оценки весовых коэффициентов  $a_{ir}$  использована стандартная программа STATISTICA.

Текущие факторные нагрузки, т.е. вычисленные для данного метода вращения факторов приведены в табл. 2. В ней факторам соответствуют столбцы, а переменным строки и для каждого фактора указывается нагрузка каждой исходной переменной. Факторные нагрузки могут интерпретироваться как корреляции между соответствующими переменными и факторами. Чем выше нагрузка по модулю, тем больше близость фактора к исходной переменной. Они представляют наиболее важную информацию для интерпретации полученных факторов.

*Таблица 2*

*Факторные нагрузки*

Переменные	Фактор 1	Фактор 2
X1	0,916421	0,224526
X2	0,814397	0,052350
X3	-0,373198	-0,850440
X4	-0,759245	0,206890
X5	-0,689155	0,234865

Из таблицы выделены факторные нагрузки по абсолютной величине большие 0,7. Очевидно, что первый фактор коррелирует больше с переменными, чем второй.

Для лучшей интерпретации таблицы получим более простую структуру, при которой большинство наблюдений находится вблизи осей координат. Для этого целесообразно прибегнуть к повороту осей. В данном случае применяется метод «Varimaxnormalized» (Варимакс нормализованный).

Теперь найденное решение проще интерпретировать. Факторы чаще интерпретируют по нагрузкам. Первый фактор теснее всего связан с X1, X2, X4, X5, второй фактор – X3. Таким образом, мы произвели классификацию переменных по двум группам.

Для ответа на вопрос: «Сколькими факторами нужно ограничиться на практике?» воспользуемся критерием «Screeplot» (Критерий каменистой осыпи). В результате вычислений, очевидно, что теоретически можно ограничиться двумя факторами.

Следовательно, интерпретация главных компонент должна быть сделана в терминах корреляции, т.е. нужно выделить те переменные (наблюдения), которые имеют наибольшие (абсолютные) значения факторных координат для данных факторов. Большее абсолютное значение факторной нагрузки переменной с каким-либо фактором говорит о том, что переменная сильнее связана с этим фактором. Другими словами, чем больше величина факторной координаты переменной, тем лучше переменные показывают структуру, представленную этим фактором.

В результате факторного анализа мы получили весовые характеристики для двух факторов степени достижения стратегической цели: «Повышение качества учебного процесса и научных исследований». Из этого можно сделать вывод о том, что первый фактор наиболее коррелируем с переменными X1, X2, X4, X5, второй фактор – X3.

Результирующий вектор-столбец  $Y_i$  в численном виде имеет вид

$$Y_i = -0,763 \cdot x_{i1} - 0,734 \cdot x_{i2} + 0,781 \cdot x_{i4} + 0,860 \cdot x_{i5} + 0,928 \cdot x_{i3}.$$

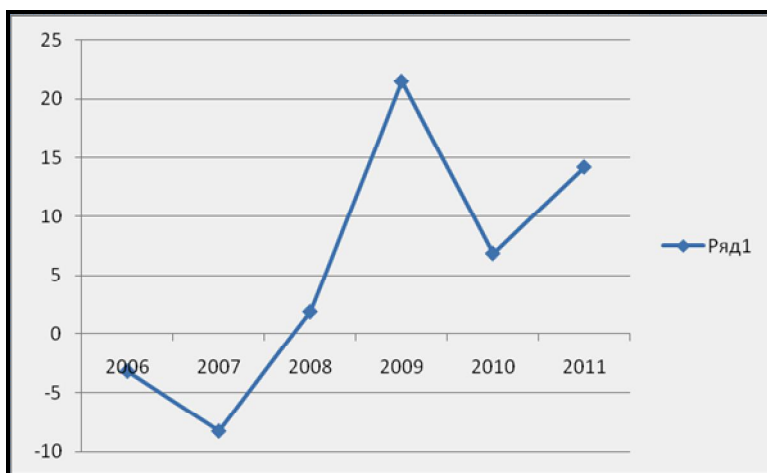
Результаты исследований модели записаны в виде итоговой таблицы 3.

*Таблица 3*

*Результаты исследования модели*

Год	X1	X2	X3	X4	X5	$Y_i$
2006	10	9	1,577982	3,25	8,2	-3,18138
2007	10	10	4,550459	2,076087	1	-8,26575
2008	6	1	1	1	6,4	1,901
2009	1	1,8	4,550459	10	10	21,53696
2010	3	4,8	8,018349	3,641304	2,8	6,880686
2011	5	1,2	10	3,347826	8,2	14,25085

Также результаты исследований можно интерпретировать графически (рис.).



*Рис. Тенденции стратегической цели*

График позволяет проследить тенденцию роста или спада стратегической цели, т.е. эффективность показателей, составляющих стратегическую цель.

Графическая визуализация результатов дает возможность выстроить систему показателей деятельности организации, а затем и проконтролировать их выполнение. При этом обеспечение достижение определенной цели определяется набором ключевых показателей, влияющих на этот процесс.

**Выводы.** Многомерный факторный анализ позволил выявить зависимость между факторами степени достижения цели, обнаружить скрытую основу нескольких факторов. С его помощью можно достигнуть сбалансированности системы показателей по долгосрочным и краткосрочным показателям деятельности организации.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бушуев С.Д. *Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / С.Д. Бушуев, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін // Управління розвитком складних систем. – 2012. – № 12. – С. 5-7.*
2. Колеснікова К.В. *Оптимізація структури управління проектно керованої організації [Текст] / К.В. Колеснікова, В.О. Вайсман // Вісник СевНТУ: Зб. наук. пр. – Вип. 125. – 2012. Серія: Автоматизація процесів та управління. – Севастополь, 2012. – С. 218-221.*

3. Тесленко П.А. Траектория развития проекта как организационно-технической системы в многомерном пространстве переменных [Текст] / П.А. Тесленко, В.Д. Гогунский // *Управління проектами у розвитку суспільства*. – Міжнар. конф. – К.: КНУБА, 2009. – С. 188-190.
4. Гловацкая С.Н. Особенности применения ССП при разработке стратегии международной деятельности университета / С.Н. Гловацкая, Е.В. Власенко, С.В. Руденко / *Управління проектами: стан та перспективи: Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції*. – Миколаїв: НУК, 2012. – С.50-52.
5. Гловацкая С.Н. Модель процесса стратегического управления международной деятельностью университета на базе ССП [Текст] / С.Н.Гловацкая, С.В.Руденко // *Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць*. – № 36. – Одеса: ОНМУ, 2012. – С.155-166.
6. Glovatska S. A model of university international activity strategic management on the basis of the BSC // *Journal of the Thirteenth Wuhan International Conference on E-Business for VIP. Wuhan, P.R. China, May 31-June 1. – 2013. – P.36-39.*
7. Гловацкая С.Н. Ключевые показатели для оценки международной деятельности университета [Текст]/С.Н. Гловацкая // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – X.: Технологический центр, 2013. – № 1/10 (61). – Ч. 2. – С. 101-105.
8. Гловацкая С.Н. Оценка степени достижимости стратегических целей в ССП / С.Н. Гловацкая, Т.М. Олех, С.В. Руденко / *Тези доповідей X міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». Тема «Управління проектами в умовах глобалізації світової економіки»* // Відп. за випуск С.Д. Бушуєв. – К.: КНУБА, 2013. – С.51-53.
9. Белощицкий А.А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами [Текст] / А.А. Белощицкий // *Управління розвитком складних систем*. – № 9. – 2012. – С. 104-107.
10. Олех Т.М. Оценка эффективности экологических проектов / Т.М. Олех, С.В. Руденко, В.Д. Гогунский [Текст] // *Вост.-Европ. журнал передовых технологий*. – № 1/10 (61). – Харьков: Технолог. центр, 2013. – С. 79-82.
11. Колесникова К.В. Матричная диаграмма и «сильная связность» индикаторов ценности в проектах [Текст] / К.В. Колесникова, Т.М. Олех // *Электротехнические и компьютерные системы*. – Вып. 7(83). – К.: Техніка, 2012. – С. 148-153.



12. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA»: Учебно-метод. материал по программе повышения квалификации «Применение программ-ных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

*Стаття надійшла до редакції 20.10.2013*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління системами безпеки життєдіяльності» Одеського національного політехнічного університету **В.Д. Гогунський**

УДК 656.06

Е.В. Кириллова

**ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ФОРМАЛИЗАЦИИ  
ЛОГИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ПОНЯТИЯМИ «ТРАНСПОРТНАЯ»,  
«ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ» И «ЛОГИСТИЧЕСКАЯ» СИСТЕМЫ**

*В статье обоснованы и формализованы логические отношения между понятиями «транспортная», «транспортно-технологическая» и «логистическая» системы.*

**Ключевые слова:** транспортная, транспортно-технологическая, логистическая системы.

*У статті обґрунтовані та формалізовані логічні відношення між поняттями «транспортна», «транспортно-технологічна» і «логістична» системи.*

**Ключові слова:** транспортна, транспортно-технологічна, логістична системи.

*The article justified and formalized logical relationships between the concepts of "transport", "transport-technology" and "logistics" systems.*

**Keywords:** transport, transport-technology, logistics system.

**Постановка проблемы в общем виде.** Существующая и широко применяемая транспортная терминология является результатом сложного и длительного пути развития. В настоящее время она представляет собой высокоразвитую и гибкую систему языковых единиц, способную к выработке новых терминов. Это в значительной мере связано с существованием международной транспортной терминологии и обусловлено непрерывным развитием транспортных систем [1].

Функционирование транспортных систем различных уровней и масштабов сегодня все больше ориентируется на применение логистической концепции. Ее развитие в Украине осуществляется в направлении объединения локальных задач и методов их решения из различных самостоятельных областей в единую систему [2].

Взаимопроникновение между теорией и практикой транспортных процессов и систем, а также логистикой становится настолько очевидным, что принятие решений в одной из этих сфер оказывает серьезное влияние на другую. В целом интеграция научных знаний осуществляется разнообразными путями и проявляется в различных формах: унификация понятийного аппарата; взаимопроникновение методов и используемых средств; взаимодействие по объектам исследования; образование синтетических наук [3].

Все эти процессы влекут за собой «миграцию» терминов, семантические границы которых в результате интеграции наук могут уточнять-

ся, расширяться, сужаться или, даже, искажаться. В связи с этим, в процессе подобной междисциплинарной интеграции, важным является: согласование терминологии; четкость и осмысленность в применении отдельных категорий; однозначность в понимании и толковании используемых терминов [2, 3].

Таким образом, под влиянием создавшихся объективно обусловленных причин существующий в отечественной транспортной науке и практике понятийный аппарат активно пополняет и обогащает развивающуюся терминосистему логистики. Результаты исследований, локализованные в [4] демонстрируют, что главным источником терминов логистики является межсистемное заимствование и, как следствие, 97 % ее основных понятий взято из других областей знаний. При этом «... новые термины логистики составляют около 3 % ее терминологического аппарата» [4]. В связи с этим весьма актуальной является проблема вторичной номинации<sup>1</sup>, которая представляет собой результат семантического переосмысления общеупотребительной лексики соответствующей профессиональной сферы. Однако скоропалительно придуманные и не всегда обоснованно вводимые в оборот термины негативно сказываются на эффективности применения знаний, накопленных зарубежной логистикой и отечественной теорией транспортных процессов и систем. Например, при проведении исследований, связанных с логистическими системами (ЛС), многие авторы изменяют традиционное для отечественной транспортной науки и практики содержание понятия «транспортно-технологическая система» (ТТС), интерпретируя его в соответствии с интересами своих работ [5-14]. Подобная подмена понятий недопустима. Она является некорректной по отношению к истокам отечественной транспортной науки, тем более, что в практике обслуживания международной торговли соответствующие ТТС (контейнерная, паромная, ролкерная и т. д.) продолжают эффективно функционировать, а, следовательно, одноименные термины не могут быть отнесены ни к категории историзмов, ни к категории архаизмов [1, 2, 3, 15, 16]. В связи с этим понятие «ТТС» имеет право на дальнейшее существование, возможно, с последующим уточнением (но не изменением) адекватным современным условиям. Таким образом, проблема разграничения таких понятий как «транспортная», «транспортно-технологическая» и «логистическая» системы является актуальной.

**Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы.** Неожиданность понятий, обозначаемых одним и тем же термином, обуславливает возникновение спорных ситуаций в кругах научной общественности. Так, согласно традиционному для отечественной транспортной науки и практики определению, сформулированному в работе д.т.н., проф. С.Н. Кочетова [17], под ТТС понимается «... комплекс согласованных и взаимоувязанных технических,

---

1. Номинация (лат. «nominatio» – название, именование) – результат процесса наименования.

технологических, экономических, организационных и коммерческо-правовых решений (мероприятий), позволяющих с максимальным эффектом и наименьшими трудовыми затратами обеспечить перевозку грузов на конкретных направлениях от отправителя до получателя». Однако, как отмечается в работе [15], с точки зрения системного подхода, очевидно, что «... *ТТС* представляет собой не столько «... комплекс решений (мероприятий) ...», сколько совокупность отдельных предприятий (подсистем), в рамках которых реализуются определенные функции, направленные на принятие и реализацию согласованных и взаимосвязанных в пространстве и времени решений, позволяющих с максимальным эффектом и наименьшими затратами обеспечить доставку грузов на конкретном направлении от отправителя до получателя».

Несмотря на существование вполне конкретного общеизвестного и традиционно принятого в теории и практике транспортных процессов и систем определения понятию «*ТТС*» [17, 18], многие авторы, как указывалось выше, изменяют его содержание, интерпретируя в пользу своих гипотез и адаптируя к положениям, сформулированным в своих работах [5-14]. Так, наряду с общеизвестным определением понятия «*ТТС*» [17, 18], в ряде исследований [5-14] встречаются весьма противоречивые индивидуальные трактовки:

- «*ТТС* – это комплекс операций, сопутствующих одному или нескольким видам транспорта, которые доставляют грузы между звеньями логистической цепи» [5];

- «*ТТС* как часть транспортной системы (*ТС*) является такой формой организации транспортного процесса, которая особым образом объединяет локальные физические объекты, входящие в систему» [6, 7];

- «Под *ТТС* понимается форма организации независимого логистического транспортного процесса, которая объединяет комплекс технических устройств, как правило, одного вида транспорта и набор необходимых операций, включая операции в начально-конечных и транзитных пунктах при переработке и хранении грузов» [8];

- «*ТТС* – это комплекс наземных и водных транспортных магистралей, с соответствующей инфраструктурой на определенном направлении, включающей дополнительные сооружения, подъездные пути, приграничные переходы, сервисные пункты, грузовые и пассажирские терминалы, которые обеспечивают перевозку грузов и пассажиров от отправителя до получателя разными видами транспорта на уровне, который соответствует требованиям Европейского Союза» [10];

- «*ТТС* доставки грузов – это совокупность материальных элементов на всём пути продвижения продукции (транспортных и погрузочно-разгрузочных средств, транспортного оборудования, объектов инфраструктуры, складов и т. п.), а также способов взаимодействия между ними (технологических операций), обеспечивающих доставку грузов от производителей до потребителей» [11];

- «*ТТС* – это форма организации транспортного процесса, которая объединяет комплекс технических устройств одного или нескольких видов транспорта и набор необходимых операций, включая в начально-конечных и транзитных пунктах, при взаимодействии, переработке и хранении, для дешевой, своевременной и сохранной доставки грузов, а также необходимые структурные подразделения для управления материальными (грузовыми), транспортными, финансовыми и информационными (документальными) потоками» [12];

- «*ТТС* – адаптивная система с обратной связью, обеспечивающая управление логистическими потоками при их перемещении в логистической схеме доставки с целью изменения ее количественных параметров в соответствии с потребностями звеньев логистической цепи движения ресурсов в части величин отправок и срочности доставки грузов в соответствии с верхним пределом провозных платежей и объема перевозимого груза, определяемых потребностями в материальных ресурсах или готовой (конечной готовой) продукции и их ценами на потребляющем элементе» [13];

- «Логистическая *ТТС* – адаптивная система с обратной связью, обеспечивающая управление логистическими потоками при их перемещении в логистической цепи движения ресурсов с целью изменения ее количественных параметров в соответствии с производственными потребностями потребителя горизонтальной производственно-транспортной системы в части величин отправок и срочности доставки грузов в соответствии с верхним пределом провозных платежей (транспортно-логистических издержек) и объема перевозок, определяемых потребностями в материальных ресурсах и их ценами на потребляющем элементе (звене)» [13];

- «Простая логистическая *ТТС* – адаптивная система с обратной связью, обеспечивающая управление логистическими потоками при их перемещении в логистической сети движения ресурсов с целью изменения ее количественных параметров в соответствии с производственными потребностями элементов вертикальной производственно-транспортной системы в части величин отправок и срочности доставки грузов в соответствии с верхним пределом провозных платежей (транспортно-логистических издержек) и объема перевозимого груза, определяемых потребностями в материальных ресурсах и их ценами в этой системе» [13];

- «Сложная логистическая *ТТС* – адаптивная система с обратной связью, обеспечивающая управление логистическими потоками при их перемещении в сети движения ресурсов с целью изменения ее количественных параметров в соответствии с производственными потребностями вертикально-горизонтальной производственно-транспортной системы в части величин отправок и срочности доставки грузов в соответствии с верхними пределами провозных платежей (транспортно-логистических издержек) и объемов перевозок, задаваемых спросом на материальные ресурсы в этой системе и их ценами» [13];

- «В последнее десятилетие в мире большое распространение получили *ТТС*, объединяющие океанское судоходство (*Deep Sea Shipping*) и фидерные перевозки (*Short Sea Shipping*), с помощью которых осуществляется доставка сравнительно небольших партий груза по водным путям в пункты, удаленные от крупного порта, принимающего океанские суда» [14].

Приведенный перечень авторских определений и утверждений, ориентированных на цели конкретных работ, демонстрирует явные противоречия между различными точками зрения относительно содержания понятия «*ТТС*» и его связи с понятиями «*ТС*», «*ЛС*». Это обуславливает необходимость дальнейшей детальной проработки вопросов, связанных с дискуссионными аспектами терминологии логистики и теории транспортных процессов и систем.

Таким образом, не вызывает сомнений необходимость решения такой научно-теоретической задачи, как разграничение понятий «транспортная», «транспортно-технологическая» и «логистическая» системы, что также подтверждается и рядом авторитетных ученых. Например, в исследованиях [19, 20] сказано, что: «существенно усложняет практическое применение логистического подхода то, что до сих пор не разработана адекватная теоретическая база, позволяющая определить взаимосвязь транспортных и логистических систем различных типов и масштабов». Наряду с этим в работе [20] рассмотрена проблема согласования *ТС* и *ЛС*. Определенная в этой статье взаимосвязь между ними выявила необходимость постановки частных типовых задач и разработки методов их решения, в том числе и с применением оптимизационных моделей. В работе [1] с целью разграничения понятий «*ТТС*» и «*ЛС*», авторы обратились к истокам возникновения одноименных систем и проследили хронологию развития теории и практики их функционирования. Несмотря на это, многие вопросы терминологического характера применительно к понятиям «*ТТС*» и «*ЛС*» остаются открытыми, требуют разрешения и уточнения, особенно в части использования понятия «*ТТС*» заимствованного и, часто, без должного обоснования, используемого в современном лексиконе логистики.

Многие проблемы, которые сегодня возникают при функционировании *ЛС* и *ТТС*, не могут быть решены. Более того, они не могут быть даже сформулированы, пока не будут установлены и формализованы отношения между соответствующими системами и обозначаемыми их терминами. Следовательно, исследования по выявлению различий между понятиям «*ТТС*» и «*ЛС*» следует продолжать в направлении обоснования и формализации логических отношений между ними и соответствующими системами.

**Формулировка цели статьи.** Целью исследования является согласование такого базового понятия теории транспортных процессов и систем, как «транспортно-технологическая система», с одноименной категорией логистики (заимствованной и без должного обоснования вводи-

мой в обращение) путем обоснования и формализации логических отношений между понятиями «транспортная», «транспортно-технологическая» и «логистическая» системы.

**Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных результатов.** На основании вышеизложенного, очевидным является то, что рассматривать сегодня *ТТС* и особенности их функционирования необходимо с двух позиций [1-3, 21]:

- с точки зрения традиционной транспортной науки и практики;
- с точки зрения современного логистического подхода.

Так, в отечественной транспортной науке и практике существующие *ТТС* традиционно рассматриваются как структурообразующие элементы единой *ТС*, её подсистемы (рис. 1) [17, 18].



Рис. 1. *ТТС* как элементы (подсистемы) единой *ТС*

В свою очередь, «... с позиции логистического подхода наличие материального потока и необходимость его перемещения обуславливает существование определенной материалопроводящей (товаропроводящей [22]) системы. В качестве таковой, а соответственно и в качестве составной части логистической системы (макрологистической системы), может быть рассмотрена *ТТС*» (рис. 2) [21].



Рис. 2. *ТТС* как элементы (подсистемы) логистической системы

Таким образом, сегодня *ТТС* в зависимости от целей исследования могут рассматриваться в качестве структурообразующих элементов как *ТС* (рис. 1), так и *ЛС* (рис. 2) [2, 3, 21].

Независимо от области научных знаний, для выработки адекватного категориального аппарата необходимо учитывать, что в соответствии с базовыми положениями логики каждое понятие имеет название – термин и две основные логические характеристики – интенциональную (содержание) и экстенциональную (объём) [23]. Содержание понятия – это совокупность всех существенных свойств и отношений, с помощью которых производится выделение и обобщение объектов из универсума [23]. Логическая операция, при которой раскрывается содержание поня-

тия, называется его определением. Объем понятия – это класс объектов, выделяемых из универсума и обобщаемых в данном понятии. Класс (или множество) состоит из отдельных объектов, которые называются его элементами [23, 24].

Объем и содержание понятия «ТС» подробно освещены в специальной литературе. В связи с этим, его детальное рассмотрение в контексте данной работы представляется нецелесообразным. Логическая характеристика понятий «ТТС» и «ЛС», в свою очередь, является необходимым и достаточным условием для последующей формализации отношений между этими понятиями. На основании вышесказанного совокупность всех взаимосвязанных существенных свойств понятий «ТТС» и «ЛС» представляют собой содержания соответствующих понятий, т.е. их интенциональную характеристику.

Обобщим и систематизируем известные [17, 18] существенные свойства ТТС (табл. 1). Так, одним из основных структурообразующих элементов всех ТТС является специализированный флот, поскольку именно его появление обусловило интеграцию водного и сухопутного видов транспорта и создало предпосылки к появлению различных типов ТТС [17, 18]. В связи с этим, понятие «ТТС» обозначает вполне конкретные системы доставки генеральных грузов «от двери до двери» в прямом и/или смешанном сообщениях с участием специализированных судов. В рамках ТТС осуществляется доставка грузов от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях в грузовых единицах (ГЕ), которые позволяют использовать комплексную механизацию в пунктах перевалки и отвечают международным стандартам. Таким образом, технология перевозок укрупненных грузовых единиц (УГЕ) транспортными средствами соответствующих ТТС базируется на стандартизации габаритов ГЕ на основе единого модуля. Это обеспечивает в пунктах перевалки возможность передачи груза на смежный вид транспорта вместе с грузовой емкостью, в которую он был первоначально помещен в пункте отправления. В рамках ТТС также осуществляется перевозка различных транспортных средств с грузом или без него (грузовые автомобили, вагоны и т. п.), а также транспортных средств (легковые, грузовые автомобили, сельхоз техника и т. п.), выступающих в качестве грузов. На основании вышесказанного, в качестве объектов управления в рамках ТТС целесообразно обозначить:

– процесс доставки транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий;

– процесс работы узкоспециализированных судов и др. технических средств транспорта, обеспечивающих доставку транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий.



В свою очередь, продукцией *ТТС* является транспортная услуга по доставке транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий и участием соответствующих узкоспециализированных судов. В ходе производства и потребления соответствующей продукции (транспортной услуги): создание нового вещественного продукта не происходит, ГЕ в пунктах перевалки не видоизменяются, не принимают иную форму и не меняют свои свойства, изменяется только пространственно-временная дислокация перевозимых ГЕ и средств их транспортировки. В связи с вышесказанным, целью *ТТС* является организация доставки транспортных средств и/или ГЕ в прямом или смешанном сообщениях, и управление работой узкоспециализированных судов и др. технических средств транспорта, обеспечивающих такую доставку.

Обобщим и систематизируем известные [22, 25] существенные свойства *ЛС* (табл. 2). Объектом управления в рамках *ЛС* являются процессы продвижения сквозного материального потока [22] и связанных с ним информационного и финансового потоков [25], идущих от поставщиков сырья до потребителей готовой продукции. Продукцией, производимой в рамках *ЛС*, является логистическая услуга по продвижению материального потока и связанных с ним информационного и финансового потоков. В ходе производства и потребления соответствующей продукции (логистической услуги) при продвижении материального потока, он в различных звеньях логистической цепи подвергается воздействию труда, в результате чего видоизменяется, принимая иную форму и/или свойства. Цель *ЛС* в различных источниках формулируют как «сквозное управление материальным потоком» [22] или «координацию физического распределения и управление материальными ресурсами для снижения затрат или улучшения обслуживания потребителя» [25]. Логистическую миссию также трактуют, как правило «семи R» [25].

Все объекты, обозначаемые одним и тем же термином, как было обозначено выше, являются элементами объёма понятия – его экстенсией (характеристикой) (табл. 1, 2). В связи с этим, объёмы понятий «*ТС*», «*ТТС*» и «*ЛС*» включают множество систем, к которым применимы одноименные термины и присущи содержания соответствующих понятий. Так, объём понятия «*ТС*» можно представить либо путём перечисления элементов соответствующего множества  $ТС: TC = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , где  $x$  – переменная (или кортеж переменных) по объектам из универсума [26];  $P(x)$  – запись признака, на основе которого производится обобщение объектов

$$TC = \{TC_1, TC_2, \dots, TC_n\}, \quad (1)$$

Таблиця 1

*Логическая характеристика понятия «ТТС»*

<b>Понятие «транспортно-технологическая система»</b>	
<b>Термин</b>	<b>«транспортно-технологическая система»</b>
<b>Содержание понятия</b>	<p><b>Существенные свойства:</b></p> <p><b>1. Предмет труда.</b> Транспортные средства и/или единицы транспортного оборудования с грузом и/или без него (далее «грузовые единицы» (ГЕ)).</p> <p><b>2. Цель</b> – организация доставки транспортных средств и/или ГЕ в прямом или смешанном сообщениях и управление работой узкоспециализированных судов и др. технических средств транспорта, обеспечивающих такую доставку.</p> <p><b>3. Объекты управления:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– процесс доставки транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий;</li> <li>– процесс работы узкоспециализированных судов и др. технических средств транспорта, обеспечивающих доставку транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий.</li> </ul> <p><b>4. Продукция</b> – транспортная услуга по доставке транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий и участием соответствующих узкоспециализированных судов. В ходе производства и потребления соответствующей продукции (транспортной услуги): создание нового вещественного продукта не происходит, ГЕ в пунктах перевалки не видоизменяются, не принимают иную форму и не меняют свои свойства, изменяется только пространственно-временная дислокация перевозимых ГЕ и средств их транспортировки.</p> <p><b>Основное существенное свойство:</b> доставка транспортных средств и/или ГЕ с грузом и/или без него от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий и при участии узкоспециализированных судов.</p>
<b>Объём понятия</b>	<p>Контейнерная ТТС. Паромная ТТС. Ролкерная ТТС. Лихтерная ТТС. Баржебуксирная ТТС.</p>

*Логическая характеристика понятия «ЛС»*

<b>Понятие «логистическая система»</b>	
<b>Термин</b>	<b>«логистическая система»</b>
<b>Содержание понятия</b>	<p><b>Существенные свойства:</b></p> <p><b>1. Предмет труда.</b> Материальный поток и связанные с ним информационный и финансовый потоки.</p> <p><b>2. Цель</b> – сквозное управление материальным потоком [22]. Координация физического распределения и управления материальными ресурсами для снижения затрат или улучшения обслуживания потребителя [25]. Логистическую миссию также трактуют, как правило «семи R» [25].</p> <p><b>3. Объект управления</b> – процессы продвижения сквозного материального потока [22] и связанных с ним информационного и финансового потоков [25], идущих от поставщиков сырья до потребителей готовой продукции.</p> <p><b>4. Продукция</b> – логистическая услуга по продвижению материального потока и связанных с ним информационного и финансового потоков. В ходе производства и потребления соответствующей продукции (логистической услуги) при продвижении материального потока, он в различных звеньях логистической цепи подвергается воздействию труда, в результате чего видоизменяется, принимая иную форму и/или свойства.</p> <p><b>Основное существенное свойство:</b> продвижение сквозного материального потока и связанных с ним информационного и финансового потоков.</p>
<b>Объём понятия</b>	<p>Макрологистические систем.</p> <p>Микрологистические системы [22, 25]</p>

либо путём его описания, т. е. указания характеристического свойства, которым обладают все его элементы:  $TC = \{ x | P(x) \}$

$$TC = \{ TC | P(TC) \}. \quad (2)$$

Объём понятия «TTC», т. е. соответствующее множество TTC задается путем перечисления его элементов ( $TTC = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ ) или описания ( $TTC = \{ x | P(x) \}$ ) аналогично (1) и (2)

$$TTC = \{ TTC_1, TTC_2, \dots, TTC_n \}; \quad (3)$$

$$TTC = \{ TTC | P(TTC) \}. \quad (4)$$

Аналогічно (1)-(4) здійснюється формалізація об'єму поняття «ЛС» ( $ЛС = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ;  $ЛС = \{x | P(x)\}$ )

$$ЛС = \{ ЛС_1, ЛС_2, \dots, ЛС_n \}; \quad (5)$$

$$ЛС = \{ ЛС | P(ЛС) \}. \quad (6)$$

Таким образом, какие именно элементы входят в объемы понятий «ТС» и «ЛС» (1), (5), рассмотрено в работах различных авторов. Объем понятия «TTC» (3) включает множество систем доставки грузов, к которым применим одноименный термин и присуще содержание соответствующего понятия (табл. 1).

Известно, что с точки зрения формальной логики<sup>2</sup>: «если в суждении верно отражено то, что имеет место в действительности, то оно истинно, в противном случае, оно ложно» [24]. История развития TTC [1, 3] и их структурно-функциональный анализ [15, 16] показывают, что структурообразующие элементы (подсистемы) TTC в действительности являются элементами ТС. В связи с этим не вызывает сомнений тот факт, что TTC является частью ТС (рис. 3). Следовательно, аксиоматичным является то, что объем понятия «ТС» шире, чем объем понятия «TTC», т. е. множество TTC принадлежит множеству ТС, а соответствующие понятия находятся в отношении логического подчинения или включения:  $TTC \subseteq ТС$ .

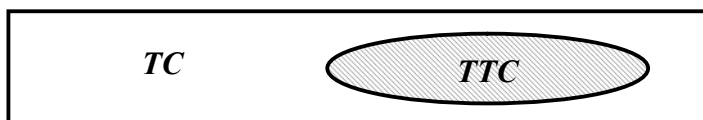


Рис. 3. Визуалізація відношення логічного підчинення між об'ємами понять «TTC» і «ТС»

Тогда, справедливым является следующее утверждение: если множество TTC является подмножеством множества ТС ( $TTC \subseteq ТС$ ), то все элементы  $x$  множества TTC одновременно являются элементами множе-

<sup>2</sup>Формальная логика – наука о законах и формах правильного мышления. «... Предметом науки логики являются рассуждения, а сама она есть наука о рассуждениях. Задачей логики как науки является установление законов и правил, которым подчиняются рассуждения» [24]. Рассуждения облачаются в логическую форму и строятся в соответствии с логическими законами. Основными формально логическими законами обычно считаются: 1) закон тождества; 2) закон не противоречия; 3) закон исключенного третьего; 4) закон достаточного основания. Эти законы (принципы) выражают определенность, непротиворечивость, доказательность мышления.

ства  $TC$ . Данное положение в терминах математической (символической) логики<sup>3</sup> формализуется следующим образом:

$$TTC \subseteq TC \perp \forall x (x \in TTC \rightarrow x \in TC). \quad (7)$$

Верно и обратное утверждение: если все элементы  $x$  множества  $TTC$  одновременно являются элементами множества  $TC$ , то  $TTC \subseteq TC$

$$\forall x (x \in TTC \rightarrow x \in TC) \perp TTC \subseteq TC. \quad (8)$$

Сформулированные выше положения, представленные в виде (7) и (8) являются эквивалентными, что посредством символов математической логики формализуется так:

$$TTC \subseteq TC \Leftrightarrow \forall x (x \in TTC \rightarrow x \in TC), \quad (9)$$

где « $\subseteq$ » – знак включения (« $A$  включается в  $B$ », « $A$  подмножество  $B$ »); « $\perp$ » – символ казуальной импликации («если  $A$ , то  $B$ »); « $\forall$ » – символ квантора общности («для всех»); « $\in$ » – знак принадлежности; « $\rightarrow$ » – знак импликации (« $A$  влечет  $B$ », «если  $A$ , то  $B$ », «из  $A$  следует  $B$ », « $A$  имплицирует  $B$ »); « $\Leftrightarrow$ » – знак эквивалентности (равнозначности) (« $A$  эквивалентно  $B$ », « $A$  равнозначно  $B$ »).

Таким образом, если первое утверждение, формализованное в (7) равносильно второму, представленному в виде (8), то выражение (9) в терминах дискретной математики является тождественно-истинным.

На основании обоснованного и формализованного выше отношения логического подчинения между понятиями « $TTC$ » и « $TC$ » можно сформулировать следующие аксиоматические положения:

если элементы принадлежат множеству  $TTC$  и множеству  $TC$ , то эти элементы принадлежат пересечению множеств  $TTC$  и  $TC$ :  $x \in TTC \wedge x \in TC \rightarrow x \in (TTC \cap TC)$ . Однако, в этом случае пересечение множеств  $TTC$  и  $TC$  равно самому множеству  $TTC$  (рис. 3), т. е. элементами, принадлежащими множеству  $TTC$  и  $TC$ , будут все элементы множества  $TTC$

$$x \in TTC \wedge x \in TC \perp x \in (TTC \cap TC) = TTC, \quad (10)$$

---

<sup>3</sup>Математическая (или символическая) логика изучает логические связи и отношения, лежащие в основе дедуктивного (логического) вывода. При этом в математической логике для выявления структуры вывода строятся различные логические исчисления, прежде всего исчисление высказываний и исчисление предикатов в их различных модификациях. Можно сказать, что математическая логика разрабатывает применение математических методов к анализу форм и законов доказательного рассуждения.

если  $TTC \subseteq TC$ , то все элементы  $x$  принадлежат пересечению множеств  $TTC$  и  $TC$ . Причем, в этом случае пересечение множеств  $TTC$  и  $TC$  также равно самому множеству  $TTC$

$$TTC \subseteq TC \perp x \in (TTC \cap TC) = TTC, \quad (11)$$

если  $TTC \subseteq TC$ , то все элементы  $x$  принадлежат объединению множеств  $TTC$  и  $TC$ . Причем, в этом случае объединение множеств  $TTC$  и  $TC$  равно множеству  $TC$

$$TTC \subseteq TC \perp x \in (TTC \cup TC) = TC. \quad (12)$$

Базируясь на теоретических положениях алгебры множеств [26], и на основании обобщения (10)-(12) можно формализовать основные свойства операций над рассматриваемыми множествами следующим образом:

$$TTC \subseteq TC \Leftrightarrow x \in (TTC \cap TC) = TTC \Leftrightarrow x \in (TTC \cup TC) = TC. \quad (13)$$

Понятие « $TC$ » называется подчиняющим, а « $TTC$ » – подчиненным. Отношение логического подчинения иначе характеризуют как родовое [23]. Таким образом, понятие « $TC$ » является родовым по отношению к понятию « $TTC$ ».

Каким бы ни было определение понятия, оно не может охватить признаки предмета всесторонне и с исчерпывающей полнотой. Поэтому для того, чтобы определить понятие «...достаточно лишь указать на отличительные существенные признаки предметов, отображаемых в данном понятии» [23]. В связи с этим одним из основных приёмов определения понятия, является его определение через ближайший род и видовое отличие.

На основании вышесказанного понятие « $TTC$ » можно определить через родовое понятие « $TC$ » и соответствующее видовое отличие (табл. 1) следующим образом:  $TTC$  - это часть (подсистема)  $TC$  (рис. 1), в рамках которой осуществляется доставка ГЕ (транспортных средств и/или единиц транспортного оборудования с грузом и/или без него) от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий и при участии соответствующих судов (рис. 4). Таким образом, элементы  $TTC$  в рамках  $TC$  объединены по признаку единой технологии производства, т. е. единой (бесперегрузочной) технологии работы всех технических средств, задействованных в доставке ГЕ от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях и с обязательным участием соответствующих узкоспециализированных судов.



*Рис. 4. Логическая схема определения понятия «ТТС»  
через родовое понятие «ТС» и видовое отличие*

С точки зрения теоретико-множественных позиций «равнозначные понятия – это понятия, которые имеют одинаковый объем, т. е. отображают один и тот же объект» [23]. На основании этого утверждения понятия «ТС» и «ЛС» нельзя считать тождественными:  $ТС \neq ЛС$ . Однако, очевидно, что они имеют некоторую общую часть (рис. 5), которая представляет собой пересечение множеств  $ТС$  и  $ЛС$ :  $ТС \cap ЛС$ .



*Рис. 5. Схема отношений между понятиями «ТС» и «ЛС»*

Выше было рассмотрено отношение между понятиями «ТС» и «ТТС». Однако, очевидно, что независимо от интересующего нас понятия («ТС» или «ЛС»), перевозка грузов или перемещение материальных потоков, соответственно, осуществляются с использованием транспортных средств и с применением определенных технологий. Таким образом, с позиции логистического подхода наличие материального потока и необходимость его перемещения обуславливает существование определенной материалопроводящей (транспортирующей) подсистемы ( $ТП_{ЛС}$ ) логистической системы  $ЛС$ :  $ТП_{ЛС} \subseteq ЛС$ . В качестве таковой может быть рассмотрена ТТС:  $ТТС \subseteq ТП_{ЛС}$ .

На основании вышесказанного, используя правило транзитивности ( $\frac{A \rightarrow B, B \rightarrow C}{A \rightarrow C}$ ), отношение «часть-целое» между понятиями «ТТС», « $ТП_{ЛС}$ » и «ЛС» в общем виде формализуется следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{TTC \subseteq TP_{лс}, TP_{лс} \subseteq LC}{TTC \subseteq LC} \\ \text{или} \\ (TTC \subseteq TP_{лс}) \wedge (TP_{лс} \subseteq LC) \rightarrow TTC \subseteq LC, \end{array} \right\} (14)$$

где « $\wedge$ » – знак конъюнкции, соответствующий союзу «и».

Таким образом, в соответствии с вышесказанным можно сформулировать следующее аксиоматичное положение, вытекающее из отношения транзитивности (14) между рассмотренными понятиями. Если  $TTC$  рассматривается в качестве транспортирующей подсистемы логистической системы  $TP_{лс}$  ( $TTC \subseteq TP_{лс}$ ) и транспортирующая подсистема ( $TP_{лс}$ ) является частью  $LC$  ( $TP_{лс} \subseteq LC$ ), то  $TTC$  рассматривается как подсистема  $LC$ :  $TTC \subseteq LC$  (рис. 6).

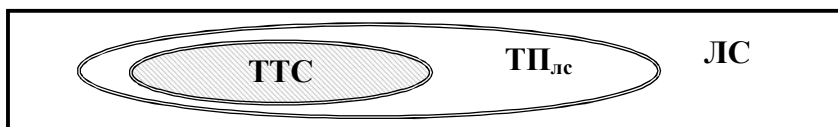


Рис. 6. Визуализация отношения транзитивности (14) между понятиями « $TTC$ », « $TP_{лс}$ » и « $LC$ »

Таким образом, в случае если  $TTC$  рассматривается в качестве материалопроводящей (транспортирующей) подсистемы  $LC$ , то понятия « $TTC$ » и « $LC$ » находятся в отношении логического подчинения, поскольку объём первого понятия включается в объём второго:  $TTC \subseteq LC$  (рис. 6). В связи с этим, понятие « $TTC$ » можно определить не только через универсум « $TC$ » (рис. 4), но и через универсум « $LC$ » (рис. 7).



Рис. 7. Логическая схема определения понятия « $TTC$ » через родовое понятие « $LC$ » и видовое отличие



Таким образом, с точки зрения логистического подхода понятие «ТТС» можно определить через родовое понятие «ЛС» и соответствующее видовое отличие (табл. 1) следующим образом: ТТС – это материалопроводящая часть (подсистема) ЛС (табл. 2), в рамках которой перемещение материального потока между звеньями логистической цепи в прямом или смешанном сообщениях осуществляется с применением бесперегрузочных технологий и при участии соответствующих узкоспециализированных судов (рис. 7). Таким образом, элементы ТТС в рамках ЛС также объединены по признаку единой (бесперегрузочной) технологии перемещения материального потока между звеньями логистической цепи в прямом или смешанном сообщениях и при обязательном участии узкоспециализированных судов.

Поскольку ТТС принадлежит множеству ТС (рис. 1) и множеству ЛС (рис. 2), то можно сделать вывод о том, что множество ТТС принадлежит пересечению соответствующих множеств (рис. 5, 8), что выражается следующей формулой:

$$TTC \in TC \wedge (TTC = TP_{LC}) \in LC \Leftrightarrow TTC \in TC \cap LC. \quad (15)$$



Рис. 8. Визуализация отношений между понятиями «ТС», «ЛС» и «ТТС»

Подход к исследуемым понятиям и их объёмам с точки зрения формальной логики и дискретной математики даёт возможность наглядно проиллюстрировать отношения между этими понятиями с помощью общепринятой символики теории множеств, математической логики и принятого в ней способа графического моделирования подобных отношений посредством диаграмм (кругов) Венна Эйлера (табл. 3).

**Выводы.** Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на существование вполне конкретного общеизвестного и традиционно принятого в теории и практике транспортных процессов и систем определения понятию «ТТС» [17, 18], многие авторы, проводя исследования в области ЛС, изменяют его содержание, интерпретируя в соответствии с интересами своих работ. Подобная подмена понятий является некорректной, тем более, что ТТС продолжают эффективно функционировать, а, следовательно, одноимённые термины не могут быть отнесены ни к категории историзмов, ни к категории архаизмов.

Таблиця 3

Схеми отношений между объёмами понятий «ТС», «ПТС» и «ЛС»

Понятия	«Транспортная система»	«Транспортно-технологическая система»	«Логистическая система»
	$ТС = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ $ТС = \{ТС_1, ТС_2, \dots, ТС_n\}$ $ТС = \{x   P(x)\}$ $ТС = \{ТС   P(ТС)\}$	$ПТС = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ $ПТС = \{ПТС_1, ПТС_2, \dots, ПТС_n\}$ $ПТС = \{x   P(x)\}$ $ПТС = \{ПТС   P(ПТС)\}$	$ЛС = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ $ЛС = \{ЛС_1, ЛС_2, \dots, ЛС_n\}$ $ЛС = \{x   P(x)\}$ $ЛС = \{ЛС   P(ЛС)\}$
ТС			
ПТС	$ТС \supseteq ПТС$	$ПТС = ПТС$	$ПТС \subseteq ЛС$
ЛС	$ЛС \cap ПТС$		
	$ЛС \cap ПТС$	$ЛС \supseteq ПТС$	$ЛС = ЛС$

2. Многие проблемы, возникающие сегодня в сферах функционирования *ТТС* и *ЛС* не могут быть не только решены, но даже сформулированы, пока не будут установлены и формализованы отношения между соответствующими системами и обозначаемыми их терминами. Следовательно, исследования по выявлению точек соприкосновения между понятием «*ТТС*» и «*ЛС*» следует продолжать в направлении обоснования логических отношений между ними и соответствующими системами.

3. Актуальным является согласование такого базового понятия теории транспортных процессов и систем, как «транспортно-технологическая система», с одноименной категорией логистики (заимствованной и без должного обоснования вводимой в обращение) путем установления и формализации логических отношений между понятиями «*ТС*», «*ТТС*» и «*ЛС*».

4. В результате исследования сформулированы и формализованы следующие положения:

- рассматривать *ТТС* и особенности их функционирования необходимо с двух позиций: с точки зрения традиционной транспортной науки и практики; с точки зрения современного логистического подхода;

- *ТТС* в зависимости от целей исследования могут рассматриваться в качестве структурообразующих элементов как *ТС* (рис. 1), так и *ЛС* (рис. 2);

- понятия «*ТТС*» и «*ЛС*» отличаются не только терминами их обозначающими, но и своими характеристиками (интенциональной и экстенциональной);

- разграничение понятий «*ТТС*» и «*ЛС*» происходит по следующим существенным свойствам: предмет труда, цель, объект управления, продукция, производимая в результате функционирования системы (табл. 1, 2);

- существенные свойства понятий «*ТТС*» (табл. 1) и «*ЛС*» (табл. 2) определяют их содержание (интенциональную характеристику) и обуславливают включение той или иной системы в объемы этих понятий;

- объем понятия «*ТС*» шире, чем объем понятия «*ТТС*», т. е. множество *ТТС* принадлежит множеству *ТС*, а соответствующие понятия находятся в отношении логического подчинения:  $TTC \subseteq TC$ ;

- если множество *ТТС* является подмножеством множества *ТС* ( $TTC \subseteq TC$ ), то все элементы  $x$  множества *ТТС* одновременно являются элементами множества *ТС*:  $TTC \subseteq TC \perp \forall x (x \in TTC \rightarrow x \in TC)$ .

Верно и обратное: если все элементы  $x$  множества *ТТС* одновременно являются элементами множества *ТС*, то  $TTC \subseteq TC \perp \forall x (x \in TTC \rightarrow x \in TC) \perp TTC \subseteq TC$ . Данные положения, являются эквивалентными, а выражение  $TTC \subseteq TC \Leftrightarrow \forall x (x \in TTC \rightarrow x \in TC)$  – тождественно-истинным;

- если  $TTC \subseteq TC$ , то все элементы  $x$  принадлежат пересечению множеств *ТТС* и *ТС*. Причем, в этом случае пересечение множеств

$TTC$  и  $TC$  также равно самому множеству  $TTC$ :  
 $TTC \subseteq TC \perp x \in (TTC \cap TC) = TTC$  (рис. 3);

– если  $TTC \subseteq TC$ , то все элементы  $x$  принадлежат объединению множеств  $TTC$  и  $TC$ . При этом объединение множеств  $TTC$  и  $TC$  равно множеству  $TC$ :  $TTC \subseteq TC \perp x \in (TTC \cup TC) = TC$  (рис. 3);

– на основании обобщения формализованных выше положений основные свойства операций над множествами  $TTC$  и  $TC$  представляются так:

$$TTC \subseteq TC \Leftrightarrow x \in (TTC \cap TC) = TTC \Leftrightarrow x \in (TTC \cup TC) = TC;$$

– понятие « $TTC$ » можно определить через родовое понятие « $TC$ » и соответствующее видовое отличие (табл. 1) следующим образом:  $TTC$  - это часть (подсистема)  $TC$  (рис. 1), в рамках которой осуществляется доставка ГЕ (транспортных средств и/или единиц транспортного оборудования с грузом и/или без него) от отправителей до получателей в прямом или смешанном сообщениях с применением бесперегрузочных технологий и при участии соответствующих судов (рис. 4);

– понятия « $TC$ » и « $LC$ » нельзя считать тождественными:  $TC \neq LC$ . Однако, очевидно, что они имеют некоторую общую часть (рис. 5), которая представляет собой пересечение множеств  $TC$  и  $LC$ :  $TC \cap LC$ ;

– с позиции логистического подхода наличие материального потока и необходимость его перемещения обуславливает существование определенной материалопроводящей (транспортирующей) подсистемы ( $ТП_{LC}$ ) логистической системы  $LC$ :  $ТП_{LC} \subseteq LC$ . В качестве таковой может быть рассмотрена  $TTC$ :  $TTC \subseteq ТП_{LC}$ ;

– если  $TTC$  рассматривается как подсистема  $ТП_{LC}$  ( $TTC \subseteq ТП_{LC}$ ), то отношение «часть-целое» между понятиями « $TTC$ », « $ТП_{LC}$ » и « $LC$ » в общем виде подчиняется правилу транзитивности и формализуется так:  $(TTC \subseteq ТП_{LC}) \wedge (ТП_{LC} \subseteq LC) \rightarrow TTC \subseteq LC$ ;

– на основании отношения транзитивности между понятиями « $TTC$ », « $ТП_{LC}$ » и « $LC$ » аксиоматично следующее: если  $TTC$  рассматривается в качестве транспортирующей подсистемы логистической системы  $ТП_{LC}$  ( $TTC \subseteq ТП_{LC}$ ) и транспортирующая подсистема ( $ТП_{LC}$ ) является частью  $LC$  ( $ТП_{LC} \subseteq LC$ ), то  $TTC$  рассматривается как подсистема  $LC$ :  $TTC \subseteq LC$  (рис. 6).

– если  $TTC$  рассматривается в качестве материалопроводящей (транспортирующей) подсистемы  $LC$ , то понятия « $TTC$ » и « $LC$ » находятся в отношении логического подчинения, поскольку объем первого понятия включается в объем второго:  $TTC \subseteq LC$  (рис. 6). В связи с этим, понятие « $TTC$ » можно определить не только через универсум « $TC$ » (рис. 4), но и через универсум « $LC$ » (рис. 7).

– с точки зрения логистического подхода понятие «ТТС» можно определить через родовое понятие «ЛС» и соответствующее видовое отличие (табл. 2) следующим образом: ТТС - это материалопроводящая часть (подсистема) ЛС (рис. 7), в рамках которой перемещение материального потока между звеньями логистической цепи в прямом или смешанном сообщениях осуществляется с применением бесперегрузочных технологий и при участии соответствующих узкоспециализированных судов;

– поскольку ТТС принадлежит множеству ТС (рис. 1) и множеству ЛС (рис. 2), то множество ТТС принадлежит пересечению этих множеств (рис. 5, 8):  $TTC \in TC \wedge (TTC = TP_{LC}) \in LC \Leftrightarrow TTC \in TC \cap LC$ .

5. Терминологический аппарат и символика дискретной математики, а также принятые в ней способы графического моделирования позволяют не только формализовать, но и наглядно проиллюстрировать отношения между объемами понятий «ТС», «ТТС» и «ЛС» (табл. 3).

Проведенное исследование не исчерпывает всей глубины рассмотренной тематики. В связи с этим перспективы дальнейшего исследования в заданном направлении заключаются в разработке научно-теоретических положений, связанных с:

- идентификацией ТТС;
- совершенствованием методического обеспечения работы транспортных средств в рамках соответствующих ТТС.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шибаяев А.Г. Исторические аспекты развития транспортно-технологических систем / А.Г. Шибаяев, Е.В. Кириллова // Удосконалення управління експлуатаційною роботою: Зб. наук. праць. – Харків: УДАЗТ, 2009. – Вип. 102. – С. 174-191.
2. Кириллова Е.В. Транспортно-технологические и логистические системы: дискуссионные вопросы терминологии и исторические аспекты развития теории и практики / Е.В. Кириллова // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2011. – Вип. 18. – С. 134-153.
3. Кириллова Е.В. Сравнительный анализ исторических аспектов развития теории и практики транспортно-технологических и логистических систем / Е.В. Кириллова // Современные направления теоретических и прикладных исследований 2010: Сб. научн. тр. по материалам междунар. научно-практ. конф., 15-26 марта 2010 г. Одесса. Т.1. Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2010. – С. 50-56.

4. Купцова А.К. Проблемы формирования терминологий новых наук (на примере логистики): Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. филол. наук: спец. 10.02.04 «Германские языки» / Купцова Анна Константиновна. Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М., 2007. – 17 с.
5. Еловой И.А. Основные цели и задачи логистических транспортно-технологических систем / И.А. Еловой // Вестник транспорта. – 2002. – № 2. – С. 15-16.
6. Заборский Л.А. Организация функционального цикла в транспортно-технологической системе / Л.А. Заборский // Современные направления теоретических и прикладных исследований: Сб. научн. тр. по материалам междунар. научно-практ. конф. Т. 1. Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2006. – С. 49-52.
7. Заборский Л.А. Управление издержками в транспортно-технологической системе на базе логистических принципов / Л.А. Заборский // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2008. – Вип. 13. – С. 199-216.
8. Нгуен Тху Хыонг. Методы оценки экономической эффективности международных перевозок в транспортно-технологических системах: Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. экон. наук: спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» / Нгуен Тху Хыонг. Московский гос. ун-т путей сообщения. – М., 2006. – 24 с.
9. Кириченко С. Ролкерная транспортно-технологическая система в коридоре «Север-Юг» / С. Кириченко // Логистика, 2005. – № 7. – С. 10.
10. Кухарчик В.Г. Стратегические приоритеты развития транспортного комплекса автономной республики Крым / В.Г. Ку-харчик // Економічні інновації. Організація, економіка й управління основною експлуатаційною діяльністю транспортного комплексу: Зб. наук праць. – Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2011. – Вип 46. – С. 106-117.
11. Ларин О.Н. Организация грузовых перевозок / О.Н. Ларин. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – 99 с.
12. Еловой И.А. Оценка конкурентоспособности логистических транспортно-технологических систем / И.А. Еловой. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 43 с.
13. Еловой И.А. Формирование транспортно-логистической системы Республики Беларусь / И.А. Еловой, А.А. Евсюк, В.В. Ясинский. – Гомель: УО «БелГУТ», 2007. – 155 с.

14. Курлянд А.М. Метод оптимизации параметров судов, обеспечивающих океанско-фидерную систему доставки груза / А.М. Курлянд, М.Я. Постан, И.В. Савельева // Методы та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2010. – Вип. 16. – С. 7-17.
15. Кириллова Е. В. Организация и управление работой судов в ролкерной транспортно-технологической системе: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Елена Викторовна Кириллова. – Одесса, 2005. – 229 с.
16. Кириллов Ю.И. Организация и управление работой судов в контейнерной транспортно-технологической системе: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Юрий Иванович Кириллов. – Одесса, 2013. – 312 с.
17. Кочетов С.Н. Прогрессивные транспортно-технологические системы на морском транспорте: Монография / С.Н. Кочетов. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
18. Сыч Е.Н. Транспортно-производственные системы: развитие и функционирование : монография / Е.Н. Сыч. – К.: Наукова думка, 1986. – 166 с.
19. Ляшенко Н.И. О взаимосвязи транспортной и логистической систем / Н.И. Ляшенко // Современные направления теоретических и прикладных исследований: Сб. научн. тр. по материалам междуна. научно-практ. конф. Т. 1. Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2006. – С. 53-57.
20. Морозова И.В. Оптимизация функционирования составных частей взаимосвязанных транспортной и логистической систем / И.В. Морозова, Н.И. Ляшенко, Л.П. Суворова // Методы та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2005. – Вип. 10. – С. 6-23.
21. Кириллова Е.В. Отношения между понятиями «транспортная», «транспортно-технологическая» и «логистическая» системы / Е.В. Кириллова // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: Сб. научн. тр. по материалам научно-практ. конф., 15-25 декабря 2005 г., Одесса. Т. 1. Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2005. – С. 35-41.
22. Гаджинский А.М. Логистика / А.М. Гаджинский. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000. – 375 с.
23. Войшовилло Е.К. Понятие как форма мышления: логико-гносеологический анализ / Е.К. Войшовилло. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 239 с.
24. Гетьманова А.Д. Локика / А.Д. Гетьманова. – М.: ВЛАДОС, 1995. – 303 с.

25. Миротин Л.Б. Основы логистики / Л.Б. Миротин, В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА, 2000. – 200 с.
26. Бардачов Ю.М. Дискретна математика / Ю.М. Бардачов, Н.П. Соколова, В.Є. Ходакова; за ред. В.Є. Ходакової. – К.: Вища шк., 2002. – 287 с.

*Стаття надійшла до редакції 21.10.2013*

**Рецензент** – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Організація таможенного контролю на транспорті» Одеського національного морського університету **С.П. Онищенко**



UDC 656.614.3: 656.072.5

V. Piterskaya

**METHOD OF TRANSPORTATION SYSTEM CAPACITY  
DETERMINATION CONSIDERING CARGO FLOW FORECASTING**

*The method of cargo flow capacity forecasting considering the influence of state regulation mechanism of the cargo transportation process is working out in the article. The proposed method based on situational approach ensures a high level of the forecasts adequacy required for the analysis and solution of the tasks of the transportation system development.*

**Keywords:** state regulation, transportation system, cargo flow forecasting.

*У статті розроблено методику прогнозування обсягів вантажо- потоку, враховуючу вплив механізму державного регулювання на процес перевезення вантажів. Запропонована методика заснована на ситуацій- ному підході, що забезпечує високий ступінь адекватності прогнозів, необхідних для аналізу і вирішення завдань розвитку транспортної системи.*

**Ключові слова:** державне регулювання, транспортна система, прогнозування вантажопотоку.

*В статье разработана методика прогнозирования объемов грузо- потока, учитывающая влияние механизма государственного регулирова- ния на процесс перевозки грузов. Предложенная методика основана на ситуационном подходе, что обеспечивает высокую степень адекватно- сти прогнозов, необходимых для анализа и решения задач развития транспортной системы.*

**Ключевые слова:** государственное регулирование, транспортная система, прогнозирование грузопотока.

**Introduction.** In the situation of active development of interstate integration processes, international trade globalization, as well as the need for ensuring the protection of economic interests, there arises the necessity to transform the role of state institutions and the essence of their tasks when performing control procedures.

The state development level depends on many factors, one of the most important places among them being occupied by the state of the transportation system. The process of international relations globalization leads to quantitative and qualitative increase of commodity, informational and financial flows worldwide.

Such methods as theories of transport processes and systems, mass servicing, investigation of operations, project management subject to their adapta- tion to contemporary conditions of authority control service functioning as

the structure which ensures the protection of economical safety of the country allow effective management of temporal, cost-based and qualitative parameters, this is why it is appropriate to use them when carrying out reorganizational measures in the control authority sphere and can serve as the basis for solving the questions connected with working out optimal technology of performing control formalities.

**Review of publications on the program.** The forecasting problem has become particularly complex during the last decade as the result of rapid changes of the environment [1].

The prospects of further development of marine transportation complex of a country in modern situation are in the first place determined by the state of sea trade ports and the activity of control bodies [2].

The research in the sphere of state regulation of foreign trade activity has shifted from the determination of effective strategies of control authority development based on scientifically grounded instruments to the consideration of technological processes [3].

All methods assume the invariance of conditions during the period of prognostication, which does not conform to reality, are grounded on the paradigm “the past determines the future”; that is they suggest that the previous state of the system uniquely defines its next state.

Uncertainty, indistinctness of information used in such object domain as prognostication of cargo transportations are not taken into account [4].

In addition to obtaining possible future estimations of the parameters being studied, forecasting suggests the motivation to speculations on the suggestions of what may occur in the environment and what results may follow.

The majority of mathematical methods of forecasting based on the models of cargo transportations can be conditionally divided into the following classes: probabilistic, differential calculus, expert, etc.

All of them have multiple limitations and drawbacks which make their use for the prognostication of cargo transportations unproductive or inefficient at all.

From the mathematical point of view, the following should be marked: it is not always that adequate formalization of object domain is provided for when creating a forecast.

**The aim of the study** – working out the methods of forecasting of the transportation complex capacity subject to the influence of state control over the process of cargo transportations.

**Main material of the study.** Forecasting cargo flows is an example of a complex prognostication task which cannot be solved with the use of any single method. One of the main tasks of control bodies is the protection of economical interests of the state by way of tariff regulation of import and export duties rates, which influence the quantity of the cargo being transported and, consequently, on the workload of the cargo transportation process.

It is important to take into account connections in the system “traffic center-environment”, as well as the availability of multiphase structural scheme of cargo flows passage. It is expedient to elaborate the method which allows forecasting the volumes of cargo flows – the fundamental basis for designing the development of transportation system.

Expert estimations formulated by specialist are based on the information collected at the stage of preliminary analysis and they take into account statistical data of the volumes of cargo flows of various goods, the capacity of potential market, the prospects of development of a certain sphere of economics inside the country, general demand, shares of goods of various brands on the market, level of accessibility of sales networks.

The effect of external factors in the model of forecasting cargo flows reveals itself through the influence on the current estimation of input characteristics of the model, which are formalized by membership functions of the corresponding fuzzy sets.

Active development of international transportation system demands taking new effective managerial solutions aimed at the formation of the system of control and transportation servicing of physical distribution able to make provisions for increasing cargo flows subject to maximal protection of the state interests.

The level of transportation system development is defined by its capacity to handle all available cargo flows.

It should be noted that the transportation system development is determined by the directions and the quantity of cargo flows.

This calls for the necessity of performing proper procedures of state control of the process of moving goods across the border, namely the realization of effective state control and registration of goods and transport means.

The system of transportation complex management should assist in reaching maximal effectiveness when using geopolitical position of the state, its participation in international transportation process, as well as in satisfying the needs of the economics in transportation service provided the influence of state control of the cargoes delivery.

The necessity of the transportation system integration in the international system of cargoes delivery is aimed at attracting additional volumes of carriages and currency inflows, lowering transportation expenses, approaching to the world standards of cargoes and passenger carriages, to ecological characteristics of the work, as well as to increasing the share of export potential on the international market of transportation services by way of competitive recovery of national carriers.

In its turn, this necessitates the use of rational technologies for prognosticating cargo flows with the purpose of effective use of existing transportation networks infrastructure, as well as for its prospective development.

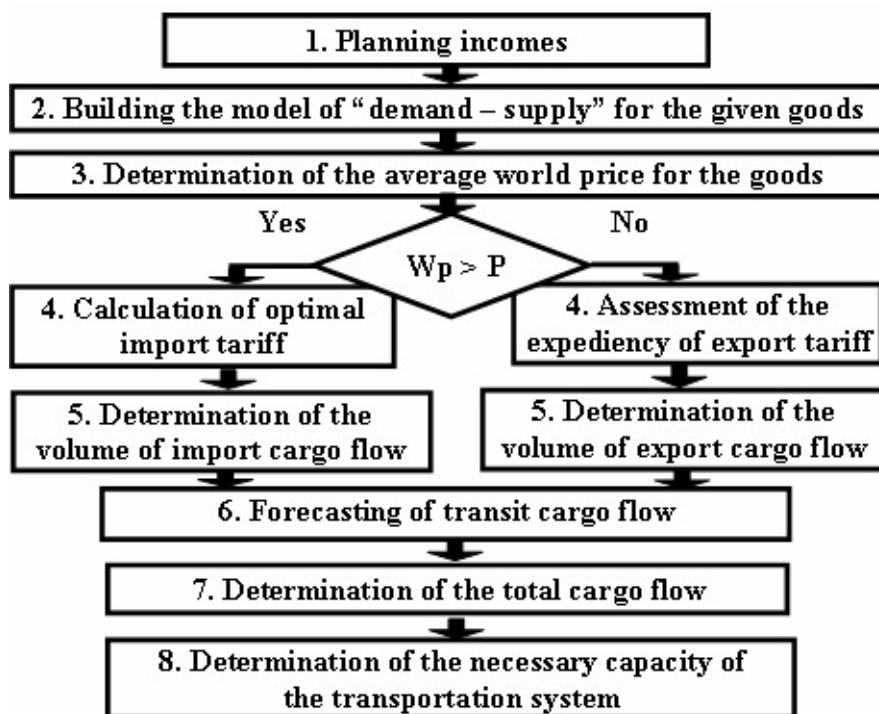
The most often used regimes of moving cargo are: import, export and transit. The existence of other additional regimes, such as, for example, handling cargoes beyond the limits of state territory, re-export, re-import, should not

go unnoticed though their share in the total volume of moving cargoes is insignificant.

The following factors influence the formation of cargo flows: for import carriages: purchase requirement of population, the level of the national economic integration in the world economy, state tariff; for export carriages; competitive ability of enterprises in the world market, domestic demand, state tariffs; for transit carriages: the rate of handling cargoes, safety of transportation, control registration.

In all three cases, the state of authority regulations and control system influences the formation of cargo flow.

The methods of determining the capacity of transportation system required for the processing of the cargo flow includes the following stages (figure).



*Fig. Method of determination of transportation system capacity*

For the elaboration of the model of forecasting import cargo flow we shall introduce the following designations:

$P_i$  – average world price of an  $i$  – goods unit, conventional units;

$W_{Pi}$  – price of an  $i$  – goods unit on domestic market, c.u.;

$C_i$  – duty rate for  $i$  – goods;

$Q_{Si}'$  – total supply of  $i$  – goods in the absence of import tariff, units;  
 $Q_{Si}''$  – total supply of  $i$  – goods at the introduction of import duty, units;  
 $Q_{Di}'$  – total demand for  $i$  – goods at the introduction of import duty, units;  
 $Q_{Di}''$  – total demand for  $i$  – goods in the absence of import tariffs, units;  
 $Q_{D_{MAX}}$  – maximal total demand for  $i$  – goods, units;  
 $Z_i$  – prime cost of production of an  $i$  – goods unit, c.u.;  
 $t$  – tax rate on the profit of enterprise;  
 $K_i'$  – factor accounting for the dynamics of changing total demand for  $i$  – goods;  
 $K_i''$  – factor accounting for the dynamics of changing total supply of  $i$  – goods.

There is secured the maximum income of the state budget (1)

$$R_i = \sum_{i=1}^n \left( \begin{array}{l} \left( Q_{D_{MAX}} - K_i' P_i - K_i' P_i C_i \right) P_i C_i + \\ \left( -K_i'' P_i - K_i'' P_i C_i + K_i'' Z_i \right) \\ + \left( K_i'' P_i + K_i'' P_i C_i - K_i'' Z_i \right) P_i t \end{array} \right) \rightarrow \max. \quad (1)$$

The optimal rate of import duty  $C_{OPT}$ , ensuring the maximal level of the national economic welfare must meet the structural limit of

$$0 \leq C_i \leq C_i^{GATT},$$

where  $C_i^{GATT}$  marginal tax rate for  $i$  – goods, specified by General agreement on tariffs and trade.

The volume of supply of  $i$  – goods shall be determined in the following way (2):

$$Q_{Si}'' = \begin{cases} 0, & \text{if } 0 \leq W_i \leq Z_i; \\ K_i'' (W_i - Z_i), & \text{if } Z_i \leq W_i \leq W_{Pi}; \\ Q_{Di}', & \text{if } W_i \geq W_{Pi}. \end{cases} \quad (2)$$

The value of the forecasting import cargo flow subject to state tariffs control of the process of moving cargoes across the border shall be calculated using the formula (3).

The forecast of transit cargo flows is realized in the form of interconnected modules, the interaction whereof suggesting logical realization of the results in the context of qualitative and quantitative characteristics subject to possible spectrum of events. Forecasting transit cargo flows assumes the interaction of two components: economic and transport.

$$\begin{aligned} Q_{IM_i} &= \sum_{i=1}^n (Q_{Di}' - Q_{Si}'') = \sum_{i=1}^n \left( (Q_{D_{MAX}} - K_i' W_i) - Q_{Si}'' \right) = \\ &= \sum_{i=1}^n \left( (Q_{D_{MAX}} - K_i' P_i (1 + C_i)) - Q_{Si}'' \right) = \\ &= \sum_{i=1}^n \left( Q_{D_{MAX}} - K_i' P_i - K_i' P_i C_{OPT} - K_i'' P_i - K_i'' P_i C_{OPT} + K_i'' Z_i \right). \end{aligned} \quad (3)$$

Economic component provides for forming the possibility of cargo flows emerging in the aspect of foreign economic activity of the country.

Transport component provides for the assessment of transit cargo flows possibility in the transportation network subject to its throughput.

To determine the traffic center facilities as the element of transportation system required for processing the cargo flow, the following actions should be performed:

- to determine the volume of import cargo flow subject to the calculation of optimal import tariff – while importing cargo;
- to estimate the expediency of export tariff and to determine the volume of export cargo flow – while exporting cargo;
- to forecast transit cargo flow – in case of transit cargo.

From the point of view of technology the following characteristics should be also taken into account:

- macroeconomic potential capacities of the countries in connection with import-export of goods;
- estimated cargo flow between the countries according to groups of goods in the aspect of transportation network;
- possibilities of transiting goods by international transport corridors;
- throughput of infrastructure of international transport corridors.

After obtaining the corresponding values of the above-mentioned characteristics the total cargo flow to be used for forecasting the necessary capacities of transportation system shall be calculated, including the number of units of transportation, transshipment means, as well as the warehouse areas required for processing the cargoes being moved.

### Conclusions

1. Based on the study by the method of forecasting in the terms of the analysis of gross domestic product, as well as the forecasted model of demand and supply, the model of forecasting the volume of cargo flow subject to the influence of state control of the process of cargoes transportation was elaborated.

2. The workload of the transportation system depends on the volume of the existing cargo flow, which is influenced to a insignificant extent by the level of the duty rate depending on the direction of moving cargoes across the border.

3. The use of the above-mentioned complex of actions taking into account situational approach to prognostication shall ensure the high degree of the forecasts adequacy, which is necessary for the analysis and solution of the tasks of the state transportation system development.

### REFERENCES

1. *Golz G.A. Main-line cargo carriages and gross domestic product: historiometric research for forecasting purposes [Text] / G.A. Golz // Problems of forecasting. – 2005. – № 2. – P.151-157.*
2. *Shakhov A.V., Piterskaya V.M. Methods of transportation-customs support of ports development in Ukraine / V.M. Piterskaya, A.V. Shakhov // Bulletin of ONMU: Collection of scientific works. Issue 26. – Odessa: ONMU, 2009. – P. 172-179.*
3. *Piterskaya V.M. Optimization of technological processes in the customs bodies activity / V.M. Piterskaya // Problems of technology: Scientific-industrial magazine. Issue 3. – Khmelnytskyi: Kh. N. U., 2007. – P.72-78.*
4. *Bocharnikov V.P. Fuzzy-technology: Mathematical principles. Modelin practice in economics: Monoigraph [Text] / V.P. Bocharnikov. – S.Pb.: Science, 2001. – 328 p.*

*Стаття надійшла до редакції 26.03.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету **А.В. Шахов**

УДК 656.615.078.111 / 117: 656.07

В.О. Сударєв, А.О. Мурад'ян

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ФОРМУВАННЯ  
ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ  
У ЗМІШАНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

*Формування транспортних логістичних ланцюгів на основі календарного планування навантаження та підведення вагонів до транспортного вузла під морські судна є однією з основних задач регіонального транспортно-логістичного центру [1-3]. Необхідність розробки методики календарного планування для цієї мети диктується недосконалістю існуючих підходів до взаємодії залізничного транспорту з морським, які базуються на стереотипі, що для виключення простою вагонів на підходах до порту необхідно забезпечити їх рівномірне підведення залізницею в кількості, яка не перевищує можливості навантажувально-розвантажувальних машин та механізмів порту.*

**Ключові слова:** транспортний вузол, календарний план, транспортно-логістичний центр, взаємодія, транспортно-логістичні ланцюги.

*Формирование транспортных логистических цепей на основе календарного планирования погрузки и подвода вагонов в транспортный узел под морские суда является одной из основных задач регионального транспортно-логистического центра [1-3]. Необходимость разработки методики календарного планирования для этой цели диктуется несовершенством существующих подходов к взаимодействию железнодорожного транспорта с морским, которые основываются на стереотипе, что для исключения простоя вагонов на подходах к порту достаточно обеспечить их равномерный подвод по железной дороге в количестве, не превышающем возможности погрузочно-разгрузочных машин и механизмов порта.*

**Ключевые слова:** транспортный узел, календарный план, транспортно-логистический центр, взаимодействие, транспортно-логистические цепи.

*Formation of transport and logistic chains based on calendar planning of wagons loading and supply of wagons to the transport hub for marine vessels is one of the main tasks of the regional transport and logistics center [1-3]. A need to develop the calendar planning technique for this purpose is conditioned by the imperfection of existing approaches to interaction of rail and marine transport that are based on the stereotype that to exclude the demurrage of the wagons on approach routes to the port it is necessary to provide for their*



© Сударєв В.О., Мурад'ян А.О., 2014

*even supply by the railroad in the amount that shall not exceed the capacity of loading and unloading machines and mechanisms of the port.*

**Keywords:** *transport hub, calendar plan, transport and logistics center, interaction, transport and logistics chains.*

Базовою основою методики календарного планування навантаження пропонуємо прийняти принцип погодженого підведення вантажу залізницею в розмірі суднової партії, що формується на стадії планування навантаження на станціях відправлення під певне судно, що прибуває в порт у попередньо призначений строк [4, 5].

**Опис задачі.** Необхідно розробити календарний план підведення вагонів з конкретним вантажем від станцій навантаження на адресу порту в обсязі суднової партії за часовий інтервал завантаження конкретного судна, що прибуває в конкретний час. Побудова календарного плану здійснюється за умови задоволення вектору техніко-технологічних критеріїв оптимальності  $\overline{K}_2 = \{K_{21}, K_{22}\}$ .

Критерій  $K_{21}$  визначає, що добова кількість вантажу, що прибуває в порт залізничним транспортом за кожний день календарного періоду, не повинна перевищувати максимальну перероблювальну спроможність навантажувально-розвантажувальних машин порту, призначених для перевантаження даного вантажу

$$\sum_{d=1}^s Q_d = q \cdot \sum_{d=1}^s N_d \leq \sum_{j=1}^m \Pi_j \cdot k_j, \quad (1)$$

де  $Q_d$  – кількість вантажу, перевантаженого на судно в  $d$ -й день періоду, т;

$d = 1, s$ ,  $s$  – число днів періоду календарного плану;

$N_d$  – добова кількість вагонів, що прибувають в  $d$ -й день періоду;

$q$  – технічна норма завантаження вагону, т/вагон;

$\Pi_j$  – продуктивність  $j$ -ї вантажно-розвантажувальної машини, т/доба;

$k_j$  – кількість  $j$ -х вантажно-розвантажувальних машин;

$j = 1, m$ ,  $m$  – загальна кількість вантажно-розвантажувальних машин, що здійснюють перевантаження вантажу в дане судно.

У відповідності до критерію  $K_{22}$  сумарна кількість вантажу, що подається за весь період залізничним транспортом, повинна забезпечувати повне завантаження судна та перебувати в межах, що визначаються умовою

$$Q_{\text{подв}}^{\text{с.п.}} \leq Q_{\text{подв}}^{\text{ж.д.}} \leq Q_{\text{судн}}, \quad (2)$$

де  $Q_{\text{подв}}^{\text{с.п.}} = Q_{\text{судн}} - Q_{\text{причал}} - Q_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$  – необхідна кількість вантажу, що подається за весь період залізничним транспортом для забезпечення завантаження судової партії, т;

$Q_{\text{судн}}$  – вантажопідйомність судна, т;

$Q_{\text{причал}}$  – кількість вантажу для даного судна, що перебуває на складських площах порту, т;

$Q_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$  – кількість вантажу у вагонах, що простоюють, чекаючи розвантаження на підходах до порту, т;

$Q_{\text{подв}}^{\text{ж.д.}} = \sum_{d=1}^S Q_d = q \cdot \sum_{d=1}^S N_d$  – сумарна кількість вантажу, що подається за

весь період залізничним транспортом, т.

У загальному випадку значення функції експлуатаційних витрат, пов'язаних з непродуктивним простоем вагонів з вантажем на припортовій станції та на підходах до неї, очікуючих судна, та простоем суден у порту, очікуючих вантажу, повинне бути мінімальним

$$F \left\{ e_{\text{ваг-час}} \sum_{d=1}^S N_d T_{\text{ваг}_d}^{\text{ож}}; e_{\text{судно-час}} \cdot \sum_{d=1}^S T_{\text{судн}_d}^{\text{np}} \right\} \rightarrow \min, \quad (3)$$

де  $\sum_{d=1}^S N_d T_{\text{ваг}_d}^{\text{ож}}$  – сумарні години простою вагонів, очікуючих розвантаження на підходах до порту, вагоно-години;

$e_{\text{ваг-час}}$  – вартість однієї години простою вагона, грн.;

$\sum_{d=1}^S T_{\text{судн}_d}^{\text{np}}$  – сумарні години непродуктивного простою судна в порту,

очікуючого вантажу, судно-години;

$e_{\text{судно-час}}$  – вартість однієї години простою судна, грн.

**Математичні методи рішення задачі.** В залежності від виду вихідних даних та обмежень, що вводяться, задача може вирішуватися різними методами. В цій статті задача формулюється в рамках лінійного програмування та комбінаторної глобальної оптимізації. В першому формулюванні задачі використовуються методи лінійного програмування. Задачі лінійного програмування добре вивчені, для їх вирішення розроблені ефективні методи, зокрема, симплекс-метод.

Разом з тим, часто доводиться мати справу із ситуаціями, коли вартість перевезення вантажів залежить від їх кількості, тоді задача стає нелінійною. В цьому випадку доцільно використовувати метод глобальної комбінаторної оптимізації, а саме, метод прямого перебору. Цей метод може бути використаний при рішенні нескладних задач або за наявності обмежень, що значно скорочують число можливих варіантів вирішення. У задачах із достатньо великою кількістю обмежень можливе тривіальне рішення, що дозволяє одержувати цілочислові значення вихідних

параметрів на основі нескладних алгоритмів. Якщо задача має більшу складність, то можуть застосовуватися наближені методи або сполучення математичних та евристичних методів [6-8].

Нехай  $N_{id}$  – кількість вагонів, що прибули з вантажем від  $i$ -ої станції навантаження;

$i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – загальне число станцій навантаження в  $d$ -й день розвантаження в порту;

$d = \overline{1, s}$ ,  $s$  – число днів розвантаження (календарного плану);

$c_i$  – вартість вантажу, що прибув зі станції з номером  $i$ . Якщо фактор вартості вантажу не враховується, то вона приймається однаковою для всіх станцій. Можливо є якесь число очікуючих навантажених вагонів  $N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$  із різними датами прибуття на станцію призначення. Якщо ця кількість вагонів не може бути перевантажена на морське судно протягом одного дня, тоді  $N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$  розбивається на множину  $N_d^{\text{ож.ваг}}$ ,  $\sum_{d=1}^s N_d^{\text{ож.ваг}} = N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$ .

Варто підкреслити, що деякі або всі  $N_d^{\text{ож.ваг}}$  можуть бути рівними нулю.

Вартості вантажів у очікуючих вагонах  $C_d^{\text{ож.ваг}}$ ,  $d = \overline{1, s}$ , задаються в такий спосіб:  $c_d^{\text{ож.ваг}} < k c_{d+1}^{\text{ож.ваг}}$ ,  $k \approx 10, \forall d = \overline{1, s-1}$ . Ця умова буде сприяти плануванню очікуючих розвантаження вагонів у першу чергу. Крім цього необхідно забезпечити умову узгодження з обсягом суднової партії,

$\sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n N_{id} = N_{\text{судн}} - N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$ . Друга вимога – щодобове прибуття необхідного числа вагонів (в обсязі  $1/s$  від суднової партії) протягом календарного плану на припортову станцію для перевантаження

$$\sum_{i=1}^n N_{id} = \frac{N_{\text{судн}}}{s} - N_d^{\text{ож.ваг}}.$$

Наступна вимога – кожна станція навантаження в будь-який день календарного плану може навантажити деяку кількість вагонів з припустимого (або бажаного за технологічними умовами) інтервалу  $N_{id}^{\text{min}} \leq N_{id} \leq N_{id}^{\text{max}}$ . Сумарно кожна станція навантаження за весь період

відвантажує певне число вагонів  $\sum_{d=1}^s N_{id} = N_i, \forall i = \overline{1, n}$ . Можливий

варіант обов'язкового виконання за обсягом, тоді  $N_{id}^{\text{min}} = N_{id}^{\text{max}} = N_{id}$ .

Таким чином, математичне формулювання задачі полягає в тому, щоб знайти  $N_{id}$  ( $N_i, N_d^{\text{ож.ваг}}$ , залежать від  $N_{id}$ ) які задовольняють

$$\sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n c_i N_{id} + \sum_{d=1}^s c_d^{\text{ож.ваг}} N_d^{\text{ож.ваг}} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n N_{id} = N_{\text{суд}} - N_{\text{вар}}^{\text{ож}}, \sum_{d=1}^s N_d^{\text{ож, вар}} = N_{\text{вар}}^{\text{ож}}, \sum_{i=1}^n N_{id} = \frac{N_{\text{судн}}}{S} - N_d^{\text{ож, вар}} \quad (4)$$

$$\sum_{d=1}^s N_{id} = N_i, N_{id}^{\min} \leq N_{id} \leq N_{id}^{\max},$$

$$\forall i = \overline{1, n} \quad d = \overline{1, s}.$$

Сформульована задача вирішується методом лінійного програмування, для чого використовуються готові пакети програм рішення задач лінійного програмування, включаючи програми знаходження цілочислових рішень.

**Завдання комбінаторної оптимізації складання розкладів.** Математичне формулювання розглянутої тут цілочислової задачі є дискретним варіантом задачі лінійного програмування та у цій постановці відноситься до задач комбінаторної глобальної оптимізації. В загальному ви-падку розглядувана задача відноситься до NP-повних задач та її комбінаторна складність зростає експоненційно.

Регіональний транспортно-логістичний центр в загальному випадку має можливість вибору постачальників та обсягів вантажів кожного дня навантаження.

У розглянутій тут постановці задачі число вагонів, що завантажують на станціях навантаження, допускається різним по дням календарного плану. Можливо є деяка кількість очікуючих вагонів  $N_{\text{вар}}^{\text{ож}}$  з різними датами прибуття до станції призначення.

Перевезення здійснюється вагонами у відповідності до технічної норми завантаження вагона  $q$ , час транспортування враховується в добі, обсяг судової партії (в тоннах) ділиться без залишку на технічне завантаження вагона.

Нехай  $N_d^i$  – кількість вагонів, що прибули з вантажем від  $i$ -ої станції навантаження;

$i = \overline{1, n}$   $n$  – загальне число станцій навантаження в  $d$ -й день вивантаження в порту;

$d = \overline{1, s}$   $s$  – число днів вивантаження;

$c_i$  – вартість вантажу, що прибув з  $i$ -ої станції. Якщо вартість

$c_i$  залежить від обсягу вантажу, що перевозиться  $c_i(N_d^i)$ , то в цьому випадку розглядувана задача є нелінійною, для рішення якої пропонується використовувати метод простого перебору. Якщо фактор вартості вантажу не враховується, то вартість приймається однаковою для всіх станцій. Враховується, що можливо є деяке число очікуючих навантажених вагонів  $N_{\text{вар}}^{\text{ож}}$  з різними датами прибуття на станцію призначення. Якщо ця кількість вагонів не може бути перевантажена на

морське судно протягом одного дня, вона розбивається на множину  $\{N_d^{\text{ож.ваг}}\}$ ,  $\sum_{d=1}^s N_d^{\text{ож.ваг}} = N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$ . Варто підкреслити, що деякі або всі  $N_d^{\text{ож.ваг}}$  можуть бути рівними нулю. Вартості вантажів у очікуючих вагонах  $c_d^{\text{ож.ваг}}$ ,  $d = \overline{1, s}$ , задаються в такий спосіб:

$$c_d^{\text{ож.ваг}} < k c_{d+1}^{\text{ож.ваг}}, \quad k \approx 10, \quad \forall d = \overline{1, s-1}.$$

Ця умова буде сприяти плануванню розвантаження очікуючих вагонів в першу чергу. Окрім цього необхідно забезпечити умову узгодження з обсягом суднової партії  $\sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n N_{id} = N_{\text{судн}} - N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$ . Друга вимога – прибуття необхідного числа вагонів кожного дня навантаження  $\sum_{i=1}^n N_d^i = \frac{N_{\text{судн}}}{S} - N_d^{\text{ож.ваг}}$ . Наступна вимога – кожна станція навантаження може навантажити деяку кількість вагонів із припустимого набору цілих величин  $N_d^i \in N^m$ ,  $N^m = \{N_d^i\}$ , де  $N^m$  – множина можливих або бажаних значень (включаючи нуль) вагонів, що навантажують, для кожного дня на кожній станції навантаження. Величина  $N^m$  може складатися тільки з одного числа, що фіксує кількість відвантажуваних вагонів в певний день (або дні, або всі дні деякої станції). Сумарно кожна станція навантаження за весь період відвантажує певну кількість вагонів

$$\sum_{d=1}^s N_d^i = N_i, \quad \forall i = \overline{1, n}.$$

Таким чином, математичне формулювання задачі полягає в тому, щоб знайти цілочислові значення  $N_d^i$  ( $N_i$ ,  $N_d^{\text{ож.ваг}}$  залежать від  $N_d^i$ ), які задовольняють

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n c_i N_d^i + \sum_{d=1}^s c_d^{\text{ож.ваг}} N_d^{\text{ож.ваг}} \rightarrow \min, \\ \sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n N_d^i = N_{\text{судн}} - N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}, \quad \sum_{d=1}^s N_d^{\text{ож.ваг}} = N_{\text{ваг}}^{\text{ож}}, \quad \sum_{i=1}^n N_d^i = \frac{N_{\text{судн}}}{S} - N_d^{\text{ож.ваг}} \\ \sum_{d=1}^s N_d^i = N_i, \quad N_d^i \in N^m, \\ \forall i = \overline{1, n}, \quad d = \overline{1, s}, \quad N_{\text{судн}}, N_i, N_d^i \in Z \end{array} \right. \quad (5)$$

тут  $Z$  – множина цілих чисел.

Метод перебору підходить для невеликих розмірностей завдань. Обчислювальна складність методу перебору залежить від діапазону можливих перебираємих значень. Якщо таких значень 5, то для 4 днів та 3 станцій перебираємих комбінацій буде  $5^{12} \approx 2.4 \cdot 10^8$ , що дозволить знайти

рішення на сучасному комп'ютері за одну секунду. Для 5 днів та 4 станцій це число буде дорівнювати  $5^{20} \approx 9.5 \cdot 10^{13}$ , що вже приведе до значних обчислювальних витрат. Тому для скорочення кількості розрахунків необхідно задавати обмеження мінімальної кількості вагонів, що розвантажують на станціях відправлення (наприклад, не менше маршрута за добу). В кожному конкретному випадку це обмеження вибирається індивідуально.

**Алгоритм складання календарного плану навантаження.**

Календарний план навантаження представляє собою кінцеву множину добових розкладів навантаження вагонів з даним вантажем з різних навантажувальних станцій із вказівкою кількості вантажу, що розвантажуються, дати його відправлення та прибуття на припортову станцію[9-10]

$$\bar{P} = \left\{ (p_{i1} + p_{i2} + \dots + p_{is} \mid i = \overline{1, n}, p_{i1} \in P_1, p_{i2} \in P_2, \dots, p_{is} \in P_s) \right\}, \quad (6)$$

де  $\bar{P}$  – календарний план навантаження;

$P_1, P_2, \dots, P_s$  – розклади навантаження по дням календарного плану;

$s$  – число днів навантаження (період календарного плану);

$p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{is}$  – добові розклади навантаження  $i$ -ої станції по дням календарного плану;

$n$  – загальне число станцій, що беруть участь у навантаженні вагонів для конкретного судна.

Добовий розклад навантаження  $i$ -ої станції призначенням на  $d$ -й день календарного плану  $p_{id}$  може бути представлений таким чином:

$$p_{id} = f(Q_{id}, t_{id}^{отпр}), \quad (7)$$

де  $Q_{id}$  – добове навантаження  $i$ -ої станції із прибуттям на припортову станцію в  $d$ -й день календарного плану, т;

$t_{id}^{отпр}$  – дата відправлення вагонів з  $i$ -ої станції навантаження із прибуттям в  $d$ -й день календарного плану.

Розробка календарного плану здійснюється поетапно та містить в собі визначення сукупності нормотворчих параметрів

$$T_{кп}, Q_{id}, t_d, t_{id}^{отпр}, t_{id}^{пр},$$

тобто

$$КП = \left\{ T_{кп}, Q_{id}, t_d, t_{id}^{отпр}, t_{id}^{пр} \right\}, \quad (8)$$

де  $T_{кп}$  – період календарного плану, доба;

$Q_{id}$  – добове навантаження  $i$ -ої станції в  $d$ -й день календарного плану, т;  $i = \overline{1, n}, d = \overline{1, s}$ , при цьому  $Q_{id} \in Q_{судн}, \sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n Q_{id} = Q_{пов}^{ж.д.}$  – су-

марне навантаження з усіх станцій відправлення за весь період календарного плану, т;

$t_i$  – час ходу від  $i$ -ої станції навантаження до порту призначення, діб;

$t_{id}^{отпр}$  – численність моментів відправлення вагонів зі станцій навантаження;

$t_{id}^{пр}$  – численність моментів прибуття вагонів в порт призначення в період календарного плану, при цьому  $t_{id}^{пр} \in T_{кп}$ .

Треба відзначити, що недостатня площа складів в портах не дозволяє забезпечувати накопичення вантажів в розмірі судових партій в нормальному режимі зберігання та приводить до того, що при виникненні непередбачених обставин може мати місце непродуктивний простій вагонів, які очікують вивантаження  $T_{ваг}^{ож}$ . Тому запропонована методика розробки календарного плану навантаження з метою забезпечення можливості її використання в практичній діяльності в загальному виді враховує ці витрати.

Потрібно знайти  $Q_{id}$ , які задовольняють

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n Q_{id} = Q_{судн} - Q_{ваг}^{ож}, \\ \sum_{d=1}^s Q_d^{ож.ваг} = Q_{ваг}^{ож}, \\ \sum_{i=1}^n Q_{id} = \frac{Q_{судн}}{S} - Q_d^{ож.ваг}, \\ \sum_{d=1}^s Q_{id} = Q_i, \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad d = \overline{1, s} \end{array} \right. \quad (9)$$

де  $Q_{id}$  – навантаження  $i$ -ої станції в  $d$ -й день розвантаження, т;

$Q_{судн}$  – суднова партія, т;

$Q_{ваг}^{ож}$  – весь вантаж у вагонах, що очікують, т;

$Q_d^{ож.ваг}$  – вантаж у вагонах, що очікують, який розвантажується в  $d$ -й день розвантаження, т;

$Q_i$  – загальна маса вантажу від  $i$ -ої станції, т.

Формування календарного плану навантаження спільного підведення вагонів та судна здійснюється поетапно.

**1 етап.** Визначається період календарного плану. Загальний час навантажування судна визначається за формулою

$$T_{\text{судн}} = \frac{Q_{\text{судн}}}{\sum_{j=1}^m \Pi_j \cdot k_j}, \quad (10)$$

Цей період містить в собі тимчасові витрати, пов'язані з виконанням навантажувально-розвантажувальних операцій з вантажами, що перебувають на причалі; у вагонах, що очікують вивантаження на припортовій станції та на підходах до неї; у вагонах, які прямують для розвантаження в порт

$$T_{\text{судн}} = T_{\text{прич}} + T_{\text{ваг}}^{\text{ож}} + T_{\text{подв}}^{\text{с.п.}}, \quad (11)$$

де  $T_{\text{прич}}$  – тривалість навантаження вантажу, що перебуває на причалах порту.

$$T_{\text{прич}} = \frac{Q_{\text{прич}}}{\sum_{j=1}^m \Pi_j \cdot k_j}, \quad (12)$$

$T_{\text{ваг}}^{\text{ож}}$  – тривалість навантаження вантажу, що перебуває у вагонах, які очікують розвантаження

$$T_{\text{ваг}}^{\text{ож}} = \frac{Q_{\text{ваг}}^{\text{ож}}}{\sum_{j=1}^m \Pi_j \cdot k_j}, \quad (13)$$

$T_{\text{подв}}^{\text{с.п.}}$  – період часу, протягом якого необхідно підвести вагони з вантажем для забезпечення навантаження суднової партії

$$T_{\text{подв}}^{\text{с.п.}} = \frac{Q_{\text{подв}}^{\text{с.п.}}}{\sum_{j=1}^m \Pi_j \cdot k_j} = \frac{Q_{\text{судн}} - (Q_{\text{прич}} + Q_{\text{ваг}}^{\text{ож}})}{\sum_{j=1}^m \Pi_j \cdot k_j}, \quad (14)$$

Період часу, протягом якого може бути здійснене завезення вантажу, визначається технологією роботи порту.

А. Якщо в порту причали спеціалізовані за родами та марками вантажу, то загальна кількість вантажу, який підвозиться залізничним транспортом  $Q_{\text{подв}}^{\text{ж.д.}}$  складає

$$Q_{\text{подв}}^{\text{ж.д.}} = Q_{\text{подв}}^{\text{с.п.}} + Q_{\text{прич}} - Q_{\text{ваг}}^{\text{ож}}, \quad (15)$$

Це пов'язано з тим, що причал вивільнюється повністю і потрібно його заповнити для наявності певного резерву, що реалізується при підході судна за цим вантажем. В цьому випадку період часу  $T_{\text{кп}}$ , протягом якого необхідно підвести вагони з вантажем, визначається за формулою



$$T_{\text{кп}} = T_{\text{подв}}^{\text{с.п.}} + T_{\text{причал}} - T_{\text{ваг}}^{\text{ож}}, \quad (16)$$

Б. Якщо ж причали порту не спеціалізовані, то загальна кількість, яка підвозиться для навантаження судна, становить

$$Q_{\text{подв}}^{\text{ж.д.}} = Q_{\text{судн}} - Q_{\text{ваг}}^{\text{ож}}, \quad (17)$$

В цьому випадку не відбувається попереднього накопичування вантажу на причалі, тому  $T_{\text{причал}} = 0$ . Часовий період  $T_{\text{кп}}$ , протягом якого необхідно підвести вагони з вантажем, визначається за формулою

$$T_{\text{кп}} = T_{\text{судн}} - T_{\text{ваг}}^{\text{ож}}, \quad (18)$$

**2 етап.** Визначається добове навантаження по кожній станції відправлення по дням періоду календарного плану.

Для випадку рівномірного відвантаження за днями календарного плану

$$Q_{\text{id}} = \frac{Q_i}{T_{\text{кп}}}, \quad (19)$$

де  $Q_{\text{id}}$  – навантаження  $i$ -ої станції на  $d$ -й день календарного плану;

$Q_i$  – загальна кількість вантажів, що відвантажуються  $i$ -ою станцією в рамках календарного плану. При цьому повинна виконуватися умова

$$\sum_{d=1}^s \sum_{i=1}^n Q_{\text{id}} = Q_{\text{подв}}^{\text{ж.д.}}, \quad (20)$$

За результатами розрахунку формується сукупність чисельності обсягів навантаження зі станцій відправлення, яка представлена в табл. 1.

*Таблиця 1*

*Таблиця множини обсягів навантаження зі станцій відправлення*

Станція навантаження	Дні періоду календарного плану			
	1	2	...	s
1	$Q_{11}$	$Q_{21}$	...	$Q_{s1}$
2	$Q_{12}$	$Q_{22}$	...	$Q_{s2}$
3	$Q_{13}$	$Q_{23}$	...	$Q_{s3}$
...	...	...	...	...
n	$Q_{1n}$	$Q_{2n}$	...	$Q_{sn}$

**3 етап.** Визначається множина моментів відправлення вагонів із вантажем зі станцій навантаження та їх прибуття в порт призначення. Для виконання умови чіткої взаємодії залізничного та морського транспорту необхідно, щоб перші вагони почали надходити під перевантаження в порт після завершення навантажувально-розвантажувальних операцій з вантажем на причалі, а також з вагонами, що очікують розвантаження на припортовій станції. Дата надходження вагонів на припортову станцію  $D_{\text{ваг}}^{\text{пост}}$  визначається за формулою

$$D_{\text{ваг}}^{\text{пост}} = D_{\text{судн}}^{\text{пр}} + T_{\text{причал}} + T_{\text{ваг}}^{\text{ож}} - t_{\text{техн}}, \quad (21)$$

де  $D_{\text{судн}}^{\text{пр}}$  – дата прибуття судна в порт у відповідності до договору фрахту;

$t_{\text{техн}}$  – тривалість виконання технологічних операцій в процесі передачі вагонів з вантажем на перевантаження в порт (маневрових, комерційних, приймально-здавальних і т. і.).

Для кожної станції відправлення встановлюється час ходу до пункту призначення з урахуванням подачі в порт за формулою

$$t_i = \frac{L_i}{V}, \quad (22)$$

де  $t_i$  – час ходу вагонів з вантажем від  $i$ -ої станції відправлення до порту призначення, діб;

$L_i$  – відстань перевезення від  $i$ -ої станції відправлення до пункту призначення, км;

$V$  – середньодобова швидкість доставки, км/добу.

Таким чином, дата відправлення вагонів  $i$ -ої станції із прибуттям в  $d$ -й день календарного плану навантаження визначається за формулою

$$t_{\text{id}}^{\text{отпр}} = D_{\text{ваг}}^{\text{пост}} - t_i, \quad (23)$$

В результаті формується сукупність множини моментів відправлення вагонів зі станцій навантаження (формування маршрутів).

Відповідні дані необхідні для організації відправлення вагонів зі станцій навантаження (формування маршрутів), тоді для організації просування вагонів з вантажем до порту призначення за принципом «точно в строк», необхідно сформувати сукупність множини моментів календарного прибуття вагонів на припортову станцію (таблиця 2).

Таблиця 2

*Таблиця множини моментів календарного прибуття вагонів  
на припортову станцію*

Станції навантаження	Моментів прибуття вагонів за днями календарного плану			
	1	2	...	s
1	$t_{11}^{np}$	$t_{21}^{np}$	...	$t_{s1}^{np}$
2	$t_{12}^{np}$	$t_{22}^{np}$	...	$t_{s2}^{np}$
3	$t_{13}^{np}$	$t_{23}^{np}$	...	$t_{s3}^{np}$
...	...	...	...	...
n	$t_{1n}^{np}$	$t_{2n}^{np}$	...	$t_{sn}^{np}$

В рамках методики календарного планування використовується суміщений алгоритм складання календарного плану, що сполучає в собі поетапний розрахунок з використанням методу комбінаторної глобальної оптимізації на стадії визначення добового навантаження по кожній станції відправлення та множини моментів відправлення вагонів з вантажем зі станцій навантаження, а також їх прибуття в порт призначення, що представляє собою цілочислову NP-повну задачу, яка реалізується у вигляді прямого перебору. Такий підхід дозволяє варіювати величиною числа вагонів, що відправляються зі станцій навантаження, при цьому в якості обмеження, що значно скорочує обсяг обчислень, приймається продуктивність механізмів, які застосовуються у виконанні навантажувальних робіт.

При цьому повинна виконуватися умова

$$t_{id}^{np} \in T_{кп}, d = \overline{1, s} \quad i = \overline{1, n}.$$

**4 етап.** В загальному вигляді процес побудови календарного плану у вигляді добових розкладів навантаження в межах  $T_{кп}$  може бути здійснений шляхом конструювання графа  $(X, \vec{U})$ , де  $X$  – множина станцій навантаження (вершин), які здійснюють відправлення навантажених вагонів на адресу порту призначення,  $\vec{U}$  – множина дуг. Побудова кожного розкладу припускає заміну в неорієнтованому графі ребер дугами таким чином, щоб не утворювалось контурів. У підсумку кожному розкладу буде відповідати деякий орієнтований безконтурний граф.

Розроблений календарний план навантаження можна представити у вигляді об'ємної матриці, де наведені обсяги навантаження зі станцій відправлення й дати їхнього відправлення, а також дні календарного плану, в які здійснюється перевантаження прибулих вагонів на судно. Перетинання відповідних  $Q_{id}$  і  $t_{id}^{отпр}$  визначає шуканий день календарного плану, в який вантаж з цієї станції буде перевантажуватися на судно.

Контроль за реалізацією календарного плану здійснюється із диспетчерського центра регіонального транспортно-логістичного центра.

**Висновок.** Розроблена та описана методика календарного планування навантаження та підводу вагонів до транспортного вузла під морські судна. Необхідність розробки методики визначається недосконалістю існуючих підходів до взаємодії залізничного транспорту з морським, які ґрунтуються на стереотипі, що для виключення простою вагонів на підходах до порту, достатньо забезпечити їх рівномірне підведення залізницею в кількості, що не перевищує можливості навантажувально-розвантажувальних машин і механізмів порту. Разом з тим розвантаження прибулого вантажу залізницею здійснюється портом не в порядку його надходження, а в першу чергу при наявності (підході) судна під даний вантаж або при необхідності завершення формування суднової партії.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные, терминалы): Учебник для транспортных вузов / Под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 448 с.*
2. *Резер С.М. Логистика экспедирования грузовых перевозок / С.М. Резер. – М.: ВИНТИ РАН, 2002. – 472 с.*
3. *Прокофьева Т.А. Логистика транспортно-распределительных систем: региональный аспект / Т.А. Прокофьева, О.М. Лопатин. – М.: РосКон-сульт, 2003. – 400 с.*
4. *Terminology on combined transport // United Nation and Economic Commission for Europe (UN/ECE). – New York and Geneva, 2001. – 69 p.*
5. *Николашин В.М. Основы логистики: Учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта / В.М. Николашин, А.С. Синицына. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 252 с.*
6. *Елисеев С.Ю. Система логистического управления взаимодействием железных дорог с морскими и речными портами и другими видами транспорта / С.Ю. Елисеев. – М.: ВИНТИ РАН, 2005. – 96 с.*

7. *Елисеев С.Ю. Построение и оптимизация функционирования международных транспортно-логистических систем / С.Ю. Елисеев. – М.: ВИНТИ РАН, 2006. – 242 с.*
8. *Смехов А.А. Основы транспортной логистики / А.А. Смехов. – М.: Транспорт, 1995. –198 с.*
9. *Simchi-Levi David. Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies / David Simchi-Levi, Philip Kaminsky. – New York: McGraw-Hill Companies, 2008. – 496 с.*
10. *Куренков П.В. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление / П.В. Куренков, А.Ф. Котляренко. – Самара: изд-во СамГАПС, 2002. 636 с.*

*Стаття надійшла до редакції 19.02.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, директор Науково-дослідного інституту фундаментальних та прикладних досліджень Одеського національного морського університету **С.В. Руденко**

UDC 008.5

E. Rudenko

**METHOD OF DETERMINING THE RISK OF AN EMERGENCY  
SITUATION AT THE FACILITIES OF PORT INFRASTRUCTURE**

*В статье предлагается методика оценки риска аварийной ситуации на объектах портовой инфраструктуры, основанная на методе экспертных оценок и теории нечетких множеств.*

**Ключевые слова:** *риск, аварийная ситуация, экспертные оценки, нечеткие множества.*

*У статті пропонується методика оцінки ризику аварійної ситуації на об'єктах портової інфраструктури, що ґрунтується на методі експертних оцінок і теорії нечітких множин.*

**Ключові слова:** *ризик, аварійна ситуація, експертні оцінки, нечіткі множини.*

*The article offers a method for the assessment of the risk of an emergency situation at the facilities of port infrastructure, based on the method of expert assessments and fuzzy set theory.*

**Keywords:** *risk, emergency situation, expert assessments, fuzzy sets.*

**Introduction.** Define *the risk of an emergency situation (ES)* at the facilities of port infrastructure as a quantitative characteristic of the probability of such a situation under the influence of hazards.

In the absence of sufficient statistical information on the impact of individual factors on the probability of occurrence of an ES is appropriate to use methods of expert assessments and fuzzy sets.

In [1] have been classified and identified the major risk factors of different nature, occurring during port infrastructure exploitation, namely factors of the technical state of object, technological factors, external factors (environment) and the human factor. In general terms, each risk factor is a function of several parameters that can be measured (quantitative) and not directly measurable (qualitative). Values of quantitative parameters are transformed into a dimensionless quantity that characterizes the degree of deviation from normative value of the parameter. Qualitative parameters are presented as a text description or expert estimates range from 0 to 1.

**The purpose of the article** is the development of method for determining the risk of an ES at the facilities of port infrastructure on the basis of expert assessments and fuzzy set theory.

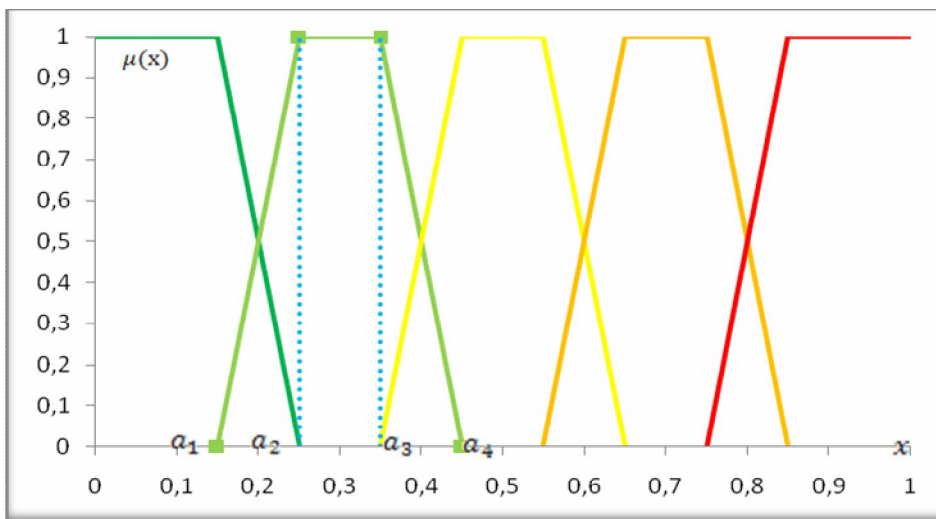
**The basic material.** Fuzzy description of parameter values appear in connection with uncertainty that arises in the course of various types of clas-

sifications [2, 3]. For example, when you cannot clearly distinguish "high" and "very high" probability. Then use fuzzy descriptions means the following:

- introduction of linguistic variable with its term-set values. For example: the variable "factor parameter level" can have a set of values-term "very low, low, medium, high, very high".

- constructive description of linguistic variable by selecting the corresponding quantitative trait – for example, a specially designed indicator of the probability that takes values from 0 to 1.

- comparison of each value of linguistic variable of the membership function to a particular fuzzy subset. Commonly used functions in this case are trapezoidal membership functions (Fig. 1). Upper base of the trapezoid corresponds to the full confidence in the correctness of classification, and the lower – to the full confidence that no other values of the interval (0-1) do not belong to the selected fuzzy subset.



*Fig. 1. Trapezoidal membership function*

To describe subsets of the term-set enter system of the five relevant membership functions of the form

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 0,15 \\ 10(0,25 - x); & 0,15 < x < 0,25 \\ 0; & 0,25 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 0; & 0 \leq x \leq 0.15 \\ 10(x - 0.15); & 0.15 < x < 0.25 \\ 1; & 0.25 \leq x \leq 0.35 \\ 10(0.45 - x); & 0.35 < x < 0.45 \\ 0; & 0.45 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0; & 0 \leq x \leq 0.35 \\ 10(x - 0.35); & 0.35 < x < 0.45 \\ 1; & 0.45 \leq x \leq 0.55 \\ 10(0.65 - x); & 0.55 < x < 0.65 \\ 0; & 0.65 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 0; & 0 \leq x \leq 0.55 \\ 10(x - 0.55); & 0.55 < x < 0.65 \\ 1; & 0.65 \leq x \leq 0.75 \\ 10(0.85 - x); & 0.75 < x < 0.85 \\ 0; & 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 0; & 0 \leq x \leq 0.75 \\ 10(x - 0.75); & 0.75 < x < 0.85 \\ 1; & 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

For a compact description of the trapezoidal membership function  $\mu(x)$  it is convenient to describe them by trapezoidal numbers of the form

$$\beta(a_1, a_2, a_3, a_4),$$

where  $a_1$  and  $a_4$  – abscissa of the lower base of the trapezoid;

$a_2$  and  $a_3$  – abscissa of the upper base of the trapezoid.

This trapeze sets  $\mu(x)$  in area of a non-zero carrier of value  $x$  to corresponding fuzzy subset.

Also the formal introduction of the classifier involves the introduction of a set of nodes. For example, a standard five-level classifier has 5 symmetrically arranged on the 01-carrier nodal points  $\{0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9\}$ , that is, on the one hand, the respective maxima of membership functions abscissas



on the 01-carrier and the other side uniformly are spaced apart on 01-carrier and are symmetric about the node 0.5. Then entered linguistic variable "degree of probability" defined at 01-carrier, together with a set of nodal points, hereinafter will be called the standard five-level classifier. The constructed fuzzy classifier is of great importance for further discussion. The bottom line is that if nothing is known about the factor, except that it can take any value within the 01-carrier (principle of equal priority), and it is necessary to carry out the association between qualitative and quantitative assessment of the factor proposed classifier makes that with maximum reliability. The sum of all the membership functions for each  $x$  is equal to 1, indicating the consistency of the classifier.

Enter the following base sets and subsets:

1. The complete set of values of the linguistic variable  $F$  "level of influence of the integral factor" is divided into five subsets:

- $G_1$  – a subset of "very low"
- $G_2$  – a subset of "low"
- $G_3$  – a subset of the "average"
- $G_4$  – a subset of "high"
- $G_5$  – a subset of the "very high".

2. Corresponding to the set  $G$  the complete set of values of the linguistic variable "level of influence of the factor" is divided into five subsets:

- $E_1$  – a subset of "very low"
- $E_2$  – a subset of "low"
- $E_3$  – a subset of the "average"
- $E_4$  – a subset of "high"
- $E_5$  – a subset of the "very high".

3. For the linguistic variable "parameter level" of a single risk factor parameter the complete set of its values  $B_{ni}$  is divided into five subsets:

- $B_{ni1}$  – a subset of "very low"
- $B_{ni2}$  – a subset of "low"
- $B_{ni3}$  – a subset of the "average"
- $B_{ni4}$  – a subset of "high"
- $B_{ni5}$  – a subset of the "very high".

By default, assume the additional condition matching sets  $B$ ,  $E$  and  $G$ . If, during the classification parameter  $p_{ni}$  refers to the subset  $B_{nik}$ , then the level of the corresponding factor is classified as  $E_k$ , and the level of integral factor – respectively as  $G_k$ .

Building a classifier of current value  $F$  of an ES integral index as a criterion for splitting this set into fuzzy subsets (Table 1). Consider the case when this classifier is a standard five-level classifier on the 01-carrier.

Table 1

*Classification of current value F of an ES integral indicator*

Interval of values F	Classification level of the parameter	Degree of estimated confidence (membership function)
$0 \leq F \leq 0.15$	$G_5$	1
$0.15 < F < 0.25$	$G_5$	$\mu_5 = 10 \times (0.25 - F)$
	$G_4$	$1 - \mu_5 = \mu_4$
$0.25 \leq F \leq 0.35$	$G_4$	1
$0.35 < F < 0.45$	$G_4$	$\mu_4 = 10 \times (0.45 - F)$
	$G_3$	$1 - \mu_4 = \mu_3$
$0.45 \leq F \leq 0.55$	$G_3$	1
$0.55 < F < 0.65$	$G_3$	$\mu_3 = 10 \times (0.65 - F)$
	$G_2$	$1 - \mu_3 = \mu_2$
$0.65 \leq F \leq 0.75$	$G_2$	1
$0.75 < F < 0.85$	$G_2$	$\mu_2 = 10 \times (0.85 - F)$
	$G_1$	$1 - \mu_2 = \mu_1$
$0.85 \leq F \leq 1.0$	$G_1$	1

Table 2

*Compliance with the quantitative value of the qualitative syntactic rule G, by which new terms are generated*

Interval of values F	A subset
$0.8 < F < 1$	$G_1$
$0.6 < F < 0.8$	$G_2$
$0.4 < F < 0.6$	$G_3$
$0.2 < F < 0.4$	$G_4$
$0 < F < 0.2$	$G_5$

If there is additional information about the behavior of the parameter (e.g., histogram), the parameter classification in general will not have a standard form, as the nodal points and respective membership functions will lie asymmetrically on the 01-carrier of the respective factor.

The risk factor indicator characterizes the degree of influence of this factor on the probability of an ES.

Calculation of a particular risk factor indicator is carried out by the matrix method, the essence of which is a double convolution of the data provided in Table 3. Indicator  $F_n$  of  $n$ -th risk factor is determined by the formula

$$F_n = \sum_{j=1}^5 m_j \sum_{i=1}^N w_{ni} \mu_{ij}$$

where  $m_j$  – a set of nodal points;

$w_{ni}$  – the importance of  $i$ -th parameter of  $n$ -th factor;

From the formula becomes clear designation of nodal points in a fuzzy classifier. These points act as weights in aggregating the system parameters at the level of their qualitative states. Thus, the nodal points carries out mixing set of non-standard classifiers (with its asymmetrically located nodal points) into a single classifier standard form, with a simultaneous transition from a set of non-standard carriers of particular parameters to the standard 01-carrier.

The inner summation is performed, taking into account the weights of parameters and the outer summation – on five-level classifier node points of the probability of an ES.

*Table 3*

*The levels of carriers to fuzzy subsets*

Name of a parameter	The current value	The weight	The result of the classification of subsets				
			very low	low	average	high	very high
			Nodal points				
			$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
Parameter $n1$	$p_{n1}$	$w_{n1}$	$\mu_{11}$	$\mu_{12}$	$\mu_{13}$	$\mu_{14}$	$\mu_{15}$
Parameter $n2$	$p_{n2}$	$w_{n2}$	$\mu_{21}$	$\mu_{22}$	$\mu_{23}$	$\mu_{24}$	$\mu_{25}$
Parameter $n3$	$p_{n3}$	$w_{n3}$	$\mu_{31}$	$\mu_{32}$	$\mu_{33}$	$\mu_{34}$	$\mu_{35}$
Parameter $n4$	$p_{n4}$	$w_{n4}$	$\mu_{41}$	$\mu_{42}$	$\mu_{43}$	$\mu_{44}$	$\mu_{45}$
...	...	...	...	...	...	...	...
Parameter $nN$	$p_{nN}$	$w_{nN}$	$\mu_{N1}$	$\mu_{N2}$	$\mu_{N3}$	$\mu_{N4}$	$\mu_{N5}$

The table contains a column with the values of the parameters and a row with the nodal points of five-level classifier and is the result of modeling, sufficient to determine the indicator of a particular factor.

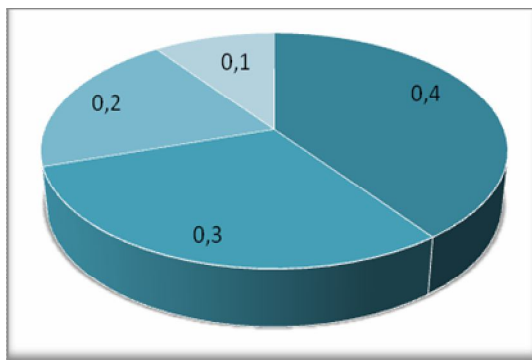
Weights of parameters are typically calculated by using a simple ranking, proportional method or method of pairwise comparison.

If it is possible to rank all parameters of a single factor in descending order of importance ( $w_{n1} > w_{n2} > \dots > w_{nN}$ ), then the weight of  $i$ -th parameter can be determined by Fishburne's rule [4]

$$w_{ni} = \frac{2(N - i + 1)}{N(N + 1)},$$

where  $N$  – number of parameters of a single factor.

For example, in case of 4 parameters the allocation diagram of their weights will be as follows

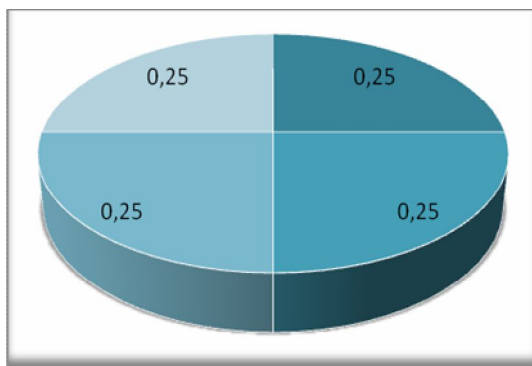


*Fig. 2. Allocation diagram of parameter weights in case of using Fishburne's rule*

If all parameters are of equal importance (or the system of preferences isn't present), the value of each parameter is determined by the formula

$$w_{ni} = \frac{1}{N}.$$

For case with 4 parameters the allocation diagram of their weights will be as follows



*Fig. 3. Allocation diagram of parameter weights in case of equal importance*

Fishburne's rule reflects the fact that if the level of significance of the parameters is nothing but the order of their importance, the resulting score is the maximum entropy of available information uncertainty concerning the object of research, i.e. allows you to make better decisions in a bad information environment.

Integrated indicator characterizes the degree of influence of all risk factors for the occurrence of an ES.

Most probable value of the integral index of the influence of all factors on the occurrence of an ES can be represented as a weighted average value of the indicators analyzed factors of the situation

$$F = \sum_{i=1}^n F_i \cdot w_i,$$

where  $F_i$  – the degree of probability of an ES on the  $i$ -th factor;

$w_i$  – the weight of  $i$ -th parameter;

$n$  – number of factors.

Previously allocated 4 hazards (factors of danger), so the formula becomes

$$F = F_1 \cdot w_1 + F_2 \cdot w_2 + F_3 \cdot w_3 + F_4 \cdot w_4.$$

Risk factors weights  $w_i$  can be determined by any method from among those that are used in calculating parameters weights within a single factor.

Recognize the obtained value of integral indicator of an ES based on the selected classifier. The result of the classification is a linguistic description of the risk of an emergency situation and the degree of certainty the outcome of such recognition.

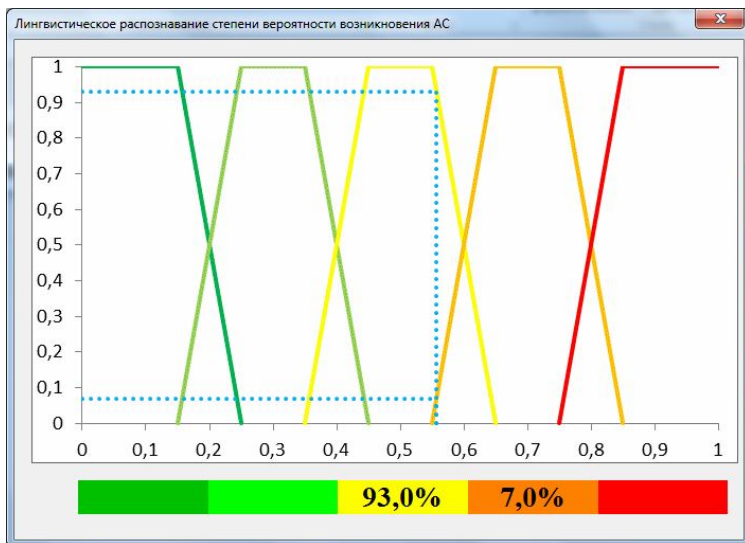
For example, for the value  $F = 0.557$  linguistic recognition with 93.0 % certainty determines the degree of the risk of an ES as "average", and for the value  $F = 0.342$  linguistic recognition with certainty 100.0 % determines the degree of the risk of an ES as "low" (Fig. 4).

*Table 4*

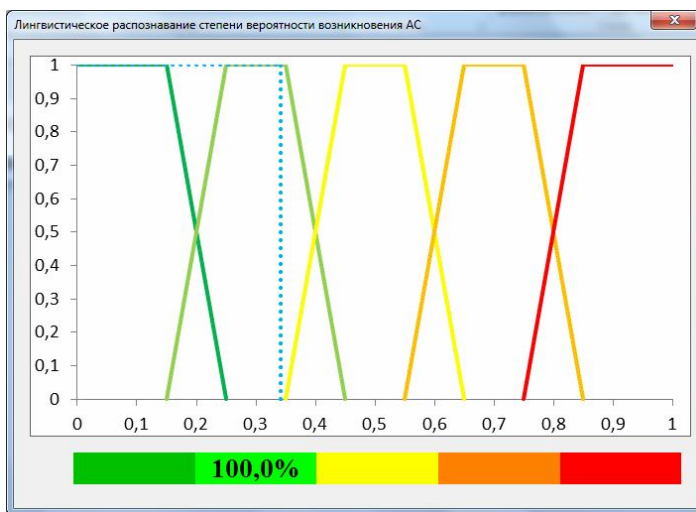
*Linguistic characteristic of risk*

The linguistic characteristic of risk	The value of integral indicator of risk factor, $F$	The probability of occurrence of an emergency situation, $P_i$
very low	0 – 0.2	$< 10^{-6}$
low	0.2 – 0.4	$10^{-5} - 10^{-6}$
average	0.4 – 0.6	$10^{-4} - 10^{-5}$
high	0.6 – 0.8	$10^{-3} - 10^{-4}$
very high	0.8 – 1.0	$10^{-2} - 10^{-3}$

a)



b)



*Fig. 4. Examples of linguistic recognition of the received value of risk degree*

Define from the following table the probability of occurrence of an emergency, depending on the value of the integral indicator of risk factor.

## Conclusion

1. The method of determining the probability of an ES at the facilities of port infrastructure allows us to estimate the influence of individual hazards of different nature and determine the integral indicator of safety of port infrastructure as a whole.

2. Definition of risk of an ES at the facilities of port infrastructure will allow the technician to assess the probability of occurrence of an accident in a complex technical system, whether it a pier, dock equipment, manufacturing process or even a person, under the influence of both internal (violation of the working discipline, low qualifications, etc.) and external (natural phenomena, sabotage, etc.).

This will provide a timely opportunity to make appropriate adjustments in the activities related to improving the safety of port infrastructure and to create an effective portfolio of projects for a specific port in conditions of insufficient volume and uncertainty of source information.

## REFERENCES

1. Руденко Е.С. Идентификация и классификация факторов опасности для объектов портовой инфраструктуры / Е.С. Руденко // Вісник ОНМУ. – № 3(39). – 2013. – С. 233-240.
2. Duncan B.A. Guide to the Project Management Body of Knowledge// PMBOK GUIDE. – PMI, 2004.
3. Zadeh L., Bellman R. Decision-making in a fuzzy environment. Management Science. – Vol.17.– № 4. – 1970.
4. Fishburn P. Utility Theory for Decision-Making. N.Y., Wiley, 1970.

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління системами безпеки життєдіяльності» Одеського національного політехнічного університету **В.Д. Гогунський**

УДК 330.322:658.012

Л.С. Чернова

**ИНВЕСТИЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ  
КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ  
НА НАУКОЕМКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*В статье рассмотрен процесс инвестиционного планирования на наукоемких предприятиях и использование его в качестве метода управления проектами, в том числе и при возникновении на предприятиях кризисных ситуаций. Изучены функции структурных подразделений предприятий, принимающих участие в создании инвестиционных проектов. Проанализированы направления вложения инвестиций в условиях антикризисного управления, рассмотрены принципы формирования инвестиционной политики, определены приоритеты и цели вложения средств.*

**Ключевые слова:** инвестиционное планирование, антикризисное управление, наукоемкие предприятия, инвестиционные проекты.

*У статті розглянуто процес інвестиційного планування на наукомістких підприємствах і використання його як метод управління проектами, у тому числі і при виникненні на підприємствах кризисних ситуацій. Вивчені функції структурних підрозділів підприємств, що беруть участь в створенні інвестиційних проектів. Проаналізовані напрями вкладання інвестицій в умовах антикризового управління, розглянуті принципи формування інвестиційної політики, визначені пріоритети і цілі вкладання коштів.*

**Ключові слова:** інвестиційне планування, антикризове управління, наукомісткі підприємства, інвестиційні проекти.

*The article considers the process of the investment planning at high technology enterprises and use of it as a method of project management, including the case of occurring crisis situations at the enterprises. The functions of structural subdivisions of enterprises taking part in creation of investment projects are studied. The directions of investments under the crisis management conditions are analyzed, the principles of investment policy forming are studied, priorities and aims of capital investment are determined.*

**Keywords:** investment planning, crisis management, high technology enterprises, investment projects.

**Введение.** Инвестиционное планирование – процесс разработки системы планов, плановых заданий и показателей, обеспечивающих развитие предприятия с использованием необходимых инвестиционных ресурсов, способствующих повышению эффективности его инвестиционной деятельности. Целью системы инвестиционного планирования и управле-



ния инвестиционными проектами является обеспечение эффективного развития структурных подразделений наукоемкого предприятия и эффективного использования денежных средств.

Планирование инвестиций является стратегической и одной из наиболее сложных задач управления предприятием [1]. При этом процессе важно учитывать все аспекты экономической деятельности компании, начиная от окружающей среды, показателей инфляции, налоговых условий, состояния и перспектив развития рынка, наличия производственных мощностей, материальных ресурсов и заканчивая стратегией финансирования проекта.

Основными задачами инвестиционного планирования являются:

1. Определение потребности в инвестиционных ресурсах.
2. Определение возможных источников финансирования и рассмотрение связанных с этим вопросов взаимодействия с инвесторами. Оценка платы за этот источник.
3. Подготовка финансового расчета эффективности инвестиций с учетом возврата заемных средств.
4. Разработка подробного бизнес-плана проекта для представления потенциальному инвестору.

**Целью работы** является изучение процесса осуществления инвестиционного планирования на наукоемких предприятиях и использование его при возникновении рисков, а также в качестве метода антикризисного управления проектами.

**Изложение основного материала.** Инвестиционный процесс осуществляется на основе утвержденного стратегического или среднесрочного плана развития каждого структурного подразделения наукоемкого предприятия в целом и выглядит следующим образом.

Все без исключения инвестиции структурного подразделения реализуются в виде инвестиционных проектов. Функция инициации инвестиционных проектов возлагается на руководителей структурного подразделения уровня не ниже руководителей самостоятельных структурных подразделений (производственных цехов и управлений). С целью планирования финансирования инвестиционных проектов ежегодно организуется подготовка годовой и среднесрочной инвестиционных программ.

Структурные подразделения наукоемкого предприятия выносят на рассмотрение отдела инвестиционного планирования окончательные предложения по формированию портфеля инвестиционных проектов на планируемый год и на среднесрочную перспективу. Отдел инвестиционного планирования рассматривает портфель инвестиционных проектов и выносит их на согласование. Предложения формируются из числа согласованных новых проектов, а также из переходящих проектов, внедрение которых уже осуществляется.

Согласованные инвестиционные проекты поступают на утверждение Генеральному директору.

Далее отдел инвестиционного планирования предприятия передает утвержденные инвестиционные проекты уже в виде годовой инвестиционной программы главным специалистам структурных подразделений для планирования капитальных ремонтов, технического перевооружения и капитального строительства.

В конце каждого года производится корректировка пакета инвестиционных проектов, переходящих на очередной календарный год с учетом изменения цен, фактического выполнения работ, поставок необходимого оборудования, комплектующих, запчастей и материалов по проектам. При этом происходит окончательное согласование годовой инвестиционной программы.

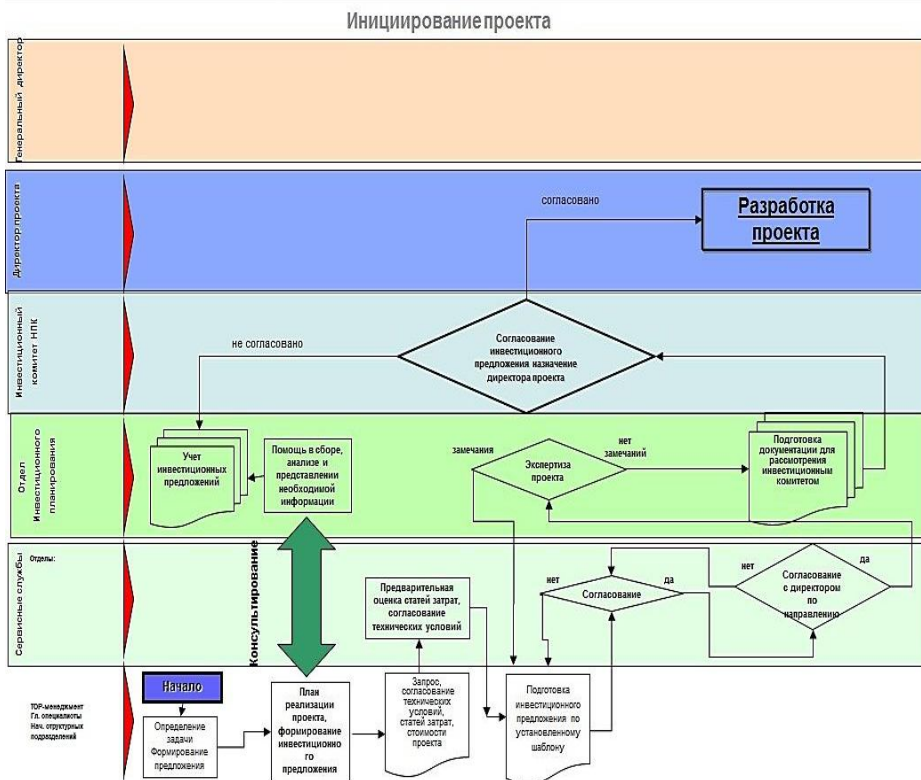
В случае возникновения новых инвестиционных предложений после окончательного утверждения годовой инвестиционной программы, Инвестиционный комитет предприятия выносит бизнес-планы соответствующих проектов, сумма которых превышает установленный лимит, на утверждение Генеральному директору.

При рассмотрении инвестиционных предложений существует определенный порядок, при котором инициаторы проектов обеспечивают:

- ✓ составление инвестиционного предложения в соответствии с требованиями утвержденного Стандарта по разработке и оформлению инвестиционных предложений на наукоемком предприятии;
- ✓ предварительное согласование инвестиционного предложения с профильным главным специалистом (или директором по направлению);
- ✓ подачу инвестиционного запроса в профильную службу для определения перечня и стоимости необходимого оборудования, комплектующих, запчастей, материалов, работ, услуг и составления смет;
- ✓ окончательное согласование инвестиционного предложения с профильным главным специалистом (или директором по направлению);
- ✓ корректировку инвестиционного предложения в случае наличия обоснованных замечаний главного специалиста (директора по направлению) или директора по бюджетному контролю и инвестициям;
- ✓ при необходимости оценку стоимости оборудования, материалов, комплектующих узлов, запасных частей и работ по проекту и предварительное определение поставщиков и подрядчиков для оценки затрат по проекту.

После этого руководители профильных служб и специалисты отдела инвестиционного планирования рассматривают инвестиционные предложения с целью их технико-экономической оценки и выдачи рекомендаций по включению наиболее перспективных из них в инвестиционную программу наукоемкого предприятия. Далее происходят процессы утверждения и исполнения.

То, как происходит инвестиционный процесс на наукоемком предприятии при иницировании проекта, отображено на рисунке.



*Рис. Схема инвестиционного процесса на наукоемком предприятии (инициирование проекта)*

Инвестиционный проект разрабатывается, базирясь на вполне определенных предположениях относительно капитальных и текущих затрат, объемов реализации произведенной продукции, цен на товары, временных рамок проекта [2]. Независимо от качества и обоснованности этих предположений будущее развитие событий, связанных с реализацией проекта, всегда неоднозначно. В этой связи практика инвестиционного проектирования рассматривает в числе прочих аспекты неопределенности, риска, возможности кризисной ситуации.

Под неопределенностью стоит понимать состояние неоднозначности развития определенных событий в будущем, состояние нашего незнания и невозможность точного предсказания основных величин и показателей развития деятельности структурных подразделений предприятия, в том числе реализации инвестиционного проекта. Полное исключение неопределенности, т.е. создание однозначных условий протекания бизнеса, насколько является желаемым, настолько и невозможным.

Необходимым условием любого подхода к принятию инвестиционных решений является количественное описание неопределенности.

При оценке эффективности капитальных вложений большое значение имеет валовой доход, который определяется произведением объема реализации и цены товара [3]. При оценке какого-либо показателя эффективности, например, внутренней нормы доходности, мы прогнозируем объем реализации однозначно, т.е. в виде конкретного числа, скажем, 12 500 изделий в год. В то же время ясно, что фактический объем реализации может быть как меньшим, так и большим. Это и является отражением неопределенности. Поэтому описанием неопределенности состояния инвестиционного проекта по отношению к объему реализации может служить некоторый интервал, например (11 000; 14 000) изделий в год. Такое описание представляется более естественным с позиции будущей реализации проекта.

В состоянии неопределенности интервалы возможных значений по каждому из параметров инвестиционного проекта порождают интервал значений показателя эффективности [4]. Этот интервал, как правило, накрывает стоимость капитала, что не позволяет однозначно принять или отклонить проект. Здесь появляется новый фактор, который является определяющим для принятия решения, – фактор риска.

Допустим, что вследствие задания одной или нескольких величин (например, объема реализации, цены продукции, удельных затрат электроэнергии и т.д.) в виде интервалов соответствующий интервал значений внутренней нормы доходности составит (11,2 %; 18,5 %). Стоимость капитала компании при этом равна 14 %. Какое решение следует принять – отклонить проект или нет? Чтобы принять решение, нужно оценить риск негативных для предприятия последствий.

В общем случае под риском понимается возможность того, что произойдет некое нежелательное событие. В предпринимательской деятельности риск принято отождествлять с возможностью потери предприятием части своих ресурсов, снижения планируемых доходов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой деятельности.

Основными видами риска являются:

- ✓ операционный риск, связанный с возможностью невыполнения предприятием своих обязательств по отношению к заказчику;
- ✓ финансовый риск, связанный с возможностью невыполнения предприятием своих финансовых обязательств перед инвесторами как следствие использования для финансирования деятельности заемных средств;
- ✓ инвестиционный риск, связанный с возможным обесцениванием инвестиционно-финансового портфеля, а также неудачным вложением денег в собственные реальные средства производства (активы);
- ✓ рыночный риск, связанный с возможным колебанием рыночных процентных ставок на фондовом рынке и курсов валют.

Оценка риска инвестиционного проекта по определению не совпадает с инвестиционным риском. Риск инвестиционного проекта связан

с возможностью не получить желаемой отдачи от вложения средств. Такой риск, включает в себя все вышеперечисленные виды риска.

В целом же все участники инвестиционного проекта заинтересованы в том, чтобы исключить возможность полного провала проекта или хотя бы избежать убытка для себя. В условиях нестабильной и быстро меняющейся ситуации субъекты инвестиционной деятельности вынуждены учитывать все факторы, которые могут привести к убыткам. Таким образом, предназначение анализа риска – дать потенциальным инвесторам необходимые данные для принятия решения о целесообразности участия в проекте и предусмотреть меры по защите от возможных финансовых потерь.

В ряде случаев можно ограничиться простыми подходами к анализу риска, не предполагающими использование вероятностных категорий. Указанные методы достаточно эффективны для обоснования целесообразности инвестиционного проекта в целом.

Кризисные предприятия в отличие от других субъектов особенно нуждаются в инвестициях[5]. Новые инвестиции могут сократить время преодоления кризиса. При этом, чем раньше организация начнет инвестиционные проекты, например, на стадии латентного кризиса, тем процесс оздоровления будет происходить быстрее и можно будет провести крупные инвестиционные проекты по завоеванию рынков, выпуску новой продукции и т.д. Например, инвестиции, прежде всего, необходимы на реструктуризацию бизнеса предприятия; в техническое перевооружение или реконструкцию действующих производств; урегулирование ранее накопленных долгов. Таким образом, инвестиционная политика предполагает выбор и реализацию наиболее рациональных направлений расширения и обновления активов для финансового оздоровления бизнеса. Организация определяет формы инвестирования, обеспечивающие достижение целей организации.

Необходимость этого связана с обеспечением устойчивого функционирования предприятия, финансовой стабильности, рентабельности.

Для формирования эффективной инвестиционной политики в условиях кризиса необходимо руководствоваться рядом принципов:

- ✓ учет различной стоимости денег во времени;
- ✓ рассмотрение процесса инвестирования как совокупности денежных потоков;
- ✓ учет темпов инфляции при расчете ставки доходности, т.е. рентабельность инвестиций должна быть выше уровня инфляции;
- ✓ учет внутренних и внешних ограничений финансирования проекта, т.е. рентабельность активов должна быть выше стоимости привлеченного капитала и не ниже предельной ставки доходности проекта;
- ✓ разработка многовариационных прогнозов с учетом уровня рисков и доходности.

**Выводы.** Используя данные принципы, кризисному предприятию необходимо: определить приоритеты и разработать цели инвестирования; выбрать объекты инвестирования; выявить реальные источники инвестиций; подобрать инвестиционные проекты и решения, дающие наиболее быструю отдачу на вложенный капитал.

Важное значение в условиях кризиса имеет выбор приоритетов инвестирования. Цели инвестирования в условиях антикризисного управления подразделяются на ряд групп. Первая группа предполагает обеспечение необходимыми ресурсами проведение мероприятий по финансовому оздоровлению и реструктурированию при неплатежеспособности предприятия. Вторая группа предполагает урегулирование накопленной задолженности.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Афонин И.В. Управление развитием предприятия: стратегический менеджмент, инновации, инвестиции, цены: Учебн. пособие. – М.: Дашков и К, 2002. – 380 с.*
2. *Крылов Э.И., Журавкова И.В. Анализ эффективности инвестиций и инновационной деятельности предприятия: Учебн. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 384 с.*
3. *Антикризисное управление: Учебник / Р.А. Попов. – М.: Высшая школа, 2003.*
4. *Дойл П. Маркетинг, ориентированный на стоимость. – СПб.: Питер, 2001.*
5. *Уткин Э.А. Антикризисное управление. – М.: ЭКМОС, 1997.*

*Стаття надійшла до редакції 26.03.2014*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, директор інституту комп'ютерних наук Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **К.В. Кошкін**

УДК 517.9

Р.В. Меркт, В.М. Челабчі, В.В. Челабчі, І.А. Кукішев

### ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ. ДИНАМІКА СИСТЕМ

*Розглянуто створення методичного й програмного забезпечення для проведення обчислювального експерименту в області суднового устаткування. Об'єкт дослідження – динаміка судових установок і систем. Розробки орієнтовані на дослідження систем із зосередженими параметрами. Описуються ефективні методи рішення наступних задач: згладжування експериментальних залежностей, керована ідентифікація моделей динаміки судових систем, керований проєкційно-сітковий метод рішення диференціальних рівнянь, що описують динамічні процеси у судновому устаткуванні.*

**Ключові слова:** суднова установка, система, динаміка, методичне забезпечення, обчислювальний експеримент.

*Рассмотрено создание методического обеспечения для проведения вычислительного эксперимента в области судового оборудования. Описываются эффективные методы решения задач: сглаживание экспериментальных зависимостей, управляемая идентификация моделей динамических систем, управляемый проекционно-сеточный метод решения дифференциальных уравнений.*

**Ключевые слова:** динамика, судовые установки, методическое обеспечение, вычислительный эксперимент.

*Creation of the methodical providing of computing experiment is considered. An object is the dynamic ship systems. The effective methods of decision of tasks are described: smoothing out of experimental dependences, authentication of models of the dynamic ship systems, projection-net method of decision of differential equalizations.*

**Keywords:** system, ship, computing experiment, methodical providing.

Для оптимізації конструкції й режимів роботи суднового устаткування важливим є надійне прогнозування динамічних процесів у діючих і проєктованих судових установках і системах. Для досягнення застережених цілей потрібні методи й засоби одержання достовірної інформації про процеси в елементах судових установок при їх функціонуванні в різних умовах.

Як правило, натурний експеримент з судовим устаткуванням вимагає значних матеріальних і фінансових витрат, а часто практично неможливий. Фізичне моделювання не завжди дозволяє одержати достовірну інформацію про процеси в достатньому обсязі.

Обчислювальний експеримент на основі математичного моделювання дозволяє провести дослідження швидше й дешевше. Особливо важливо забезпечити достатню вірогідність одержуваних в експерименті результатів при мінімізації витрат [1].

Вірогідність інформації, отриманої в обчислювальному експерименті при дослідженні динаміки суднових систем із зосередженими параметрами, в першу чергу залежить від того, наскільки докладно й адекватно використовувані математичні моделі описують процеси в системі. Подібні моделі найчастіше формуються на основі феноменологічного підходу. Однак, коли дослідженню підлягають уже існуючі суднові системи, що перебувають в експлуатації, використовуються методи ідентифікації на основі обробки експериментальних даних.

Як правило, експериментальні дані зашумлені. Для одержання ясної картини досліджуваного процесу потрібно знизити вплив шуму.

Не менш важливим представляється розробка ефективних чисельних методів для імітації процесів у системі. Використовувані чисельні методи повинні мати абсолютну стійкість або, у всякому разі, стійкість в максимально широкому діапазоні параметрів моделі. Необхідно також забезпечувати максимально низьку методичну погрішність чисельного методу.

**Ціль роботи.** Метою роботи є розробка загальних підходів і алгоритмів до рішення наступних задач:

- кероване згладжування зашумлених експериментальних залежностей;
- керована ідентифікація моделей елементів динамічних систем;
- кероване рішення звичайних диференціальних рівнянь і систем проекційно-сітковим методом.

**Згладжування експериментальних залежностей.** У практиці обробки експериментальних даних апроксимація зашумлених даних не завжди проводиться успішно. Особливо, коли необхідна достовірною інформація про значення першої й особливо другої похідної. Складність підбора виду апроксимуючої функції вимагає досить високої кваліфікації.

При апроксимації рядів експериментальних даних сплайнами так само існують певні сумніви у вірогідності визначення похідних.

Можливий інший шлях, коли в процесі згладжування розраховуються значення не тільки згладженої функції, але і її похідних [2].

У цьому випадку доречно використовувати згладжування зашумлених експериментальних даних  $Y_e(t)$  використовуючи апроксимацію на ковзних відрізках. Схема розташування вузлів (моментів часу) приводиться на рис. 1.

На кожному виділеному відрізку часу використовується локальна в межах кожного відрізка незалежна змінна  $t$ .





*Рис. 1. Схема розбивки області визначення функції на відрізки апроксимації методом ковзних відрізків, де  $\tau$  – глобальний час,  $t$  – локальний час*

Обраний спосіб обробки експериментальних залежностей відрізняється тим, що він не вимагає рівномірного розташування моментів часу на осі  $\tau$ .

Іншою перевагою прийнятого способу є можливість істотного перекриття відрізків часу при апроксимації, що помітно підвищує вірогідність результатів особливо при сильно зашумлених даних.

Залежність  $Y_e(t)$  у межах кожного відрізка апроксимується підходящою функцією (наприклад, поліномом невисокого ступеня). Апроксимація функції  $Y$  на відрізках здійснюється методом найменших квадратів. Обчислюються значення апроксимуючої функції  $Y_a$  і її похідних для кожного значення аргументу відрізка (1)

$$Y_a(t) = \sum_{k=0}^{K_{pol}} a_k \cdot t^k, \quad Y_a'(t) = \sum_{k=1}^{K_{pol}} k \cdot a_k \cdot t^{k-1}, \quad Y_a''(t) = \sum_{k=2}^{K_{pol}} (k-1) \cdot k \cdot a_k \cdot t^{k-2}, \quad (1)$$

де  $K_{pol}$  – порядок апроксимуючого полінома.

Таким чином, значення  $Y$ ,  $Y'$ ,  $Y''$  для кожного  $i$ -го значення аргументу обробляються багаторазово. Згладжені значення  $Y_v$ ,  $Y_v'$ ,  $Y_v''$  для кожного значення  $\tau_i$  розраховуються по формулах (2)

$$Y_v = \frac{1}{km} \cdot \sum_{k=1}^{km} Y_{a_k}, \quad Y_v' = \frac{1}{km} \cdot \sum_{k=1}^{km} Y_{a'_k}, \quad Y_v'' = \frac{1}{km} \cdot \sum_{k=1}^{km} Y_{a''_k}, \quad (2)$$

де  $km$  – кількість обробок значень  $Y_a$ .

Початкова й кінцева частини області визначення функції  $Y_e(\tau)$  у цьому випадку обробляються недостатньо, що веде до зниження якості згладжування в цих районах. Тому обробка зазначених областей проводиться додатково багаторазово (рис. 2).

Управляти згладжуванням можна кількістю значень аргументу  $t$  на кожному відрізку ( $J_m$ ) і ступенем апроксимуючого полінома ( $K_{pol}$ ).



Рис. 2. Схема обробки даних при згладжуванні

Для вибору оптимальних умов згладжування проводиться варіювання значень  $J_m$  і  $K_{pol}$ . Оптимальними вважаються значення  $J_m$  і  $K_{pol}$ , для яких оцінка  $R^2$  максимально близька одиниці

$$R^2 = 1 - \left( \sum_{i=1}^{J_m} (Y_{sh\ i} - Y_{v\ i})^2 \right) / \left( \sum_{i=1}^{J_m} Y_{sh\ i}^2 - \left( \sum_{i=1}^{J_m} Y_{sh\ i} \right)^2 / J_m \right), \quad (3)$$

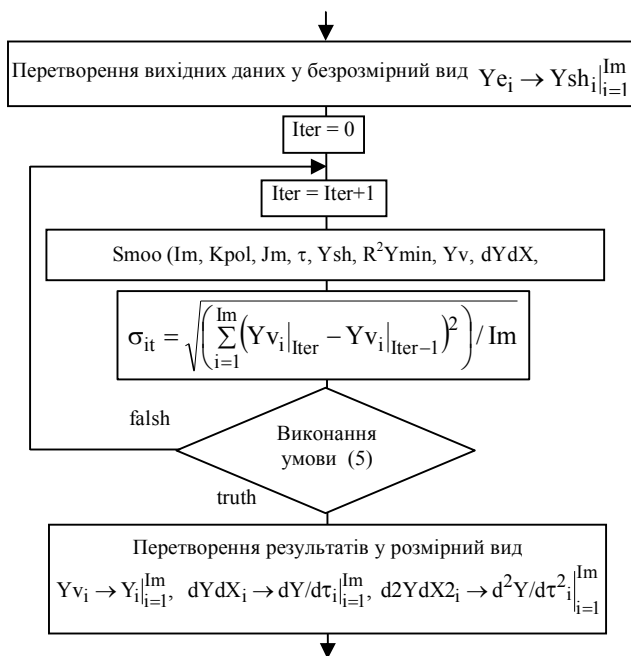
де  $Y_{sh}$ ,  $Y_v$  – відповідно, зашумлене й відновлене безрозмірні значення  $Y$ ;  
 $J_m$  – кількість моментів часу на осі  $\tau$ .

Для підвищення якості згладжування можна проводити повторне згладжування, коли в якості вихідних даних використовуються результати попереднього згладжування. Для оперативного керування ітераційним процесом згладжування поряд з оцінкою (3) використовується середньоквадратична оцінка різниці рішень на двох сусідніх ітераціях (4)

$$\sigma_{it} = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^{J_m} (Y_{v\ i}|_{Iter} - Y_{v\ i}|_{Iter-1})^2 \right) / J_m}, \quad (4)$$

де  $Y_v$  – значення функції отримане шляхом ітераційного згладжування;  
 $Iter$  – номер ітерації.

Алгоритм керованого згладжування представлений на рис. 3.



*Рис. 3. Схема алгоритму керованого згладжування експериментальних залежностей*

Завершення ітераційного процесу здійснюється за умовою (5)

$$1 \geq R^2 > R^2_{\min} \quad \text{та} \quad \sigma_{it} < \text{sigm}, \quad (5)$$

де  $R^2_{\min}$ ,  $\text{sigm}$  – параметри керування;

$R^2$ ,  $\sigma_{it}$  – поточне значення параметрів.

Для розширення діапазону значень величин і підвищення якості згладжування експериментальних залежностей використовується безрозмірне подання даних.

Використовується процедура безпосереднього згладжування Smoo. При виконанні процедури Smoo обробляється вся область представлення  $Y_{sh}$  і додатково ділянки на початку і кінці області. При цьому для кожного відрізка апроксимації визначається оцінка узгодження значень апроксимаційних і заданих змінних ( $R^2Y$ ). Мінімальне значення оцінки по всіх оброблюваних відрізках  $R^2Y_{\min}$  служить додатковим показником спроможності процедури згладжування.

При необхідності додається алгоритм розрахунку значень  $Y$ ,  $dY/d\tau$ ,  $d^2Y/d\tau^2$  для нового заданого набору значень  $\tau$ .

Описаний алгоритм використовувався для згладжування часових рядів і для згладжування експериментальних залежностей вигляду  $Y = f(X)$ . Призначення параметрів, що управляють ( $K_{pol}$  і  $J_m$ ), можна формалізувати, але неможливо врахувати всі виникаючі ситуації. Тому вибір параметрів керування надається дослідникові.

Таблиця 1

*Керуючі параметри й змінні*

Вид	Ім'я	Назва
Параметри керування	Kpol	Ступінь апроксимуючого полінома на відрізку
	Jm	Кількість вузлів на відрізку апроксимації
	R <sup>2</sup> min	Мінімальне припустиме значення оцінки R <sup>2</sup>
	sigm	Мінімальне припустиме значення середньоквадратичної оцінки різниці рішень на двох сусідніх ітераціях
Вихідні дані й результати	Im	Кількість моментів часу на осі $\tau$
	$\tau$	Значення моменту часу
	Ye	Вихідне (експериментальне) значення Y
	Ysh	Безрозмірне Ye
	Yv	Безрозмірне відновлене значення Y
	dYdX	Відновлене безрозмірне значення першої похідної
	D2YdX2	Відновлене безрозмірне значення другої похідної
	Y	Відновлене (згладжене) значення Y
	dY/dt	Відновлене значення першої похідної
d <sup>2</sup> Y/dt <sup>2</sup>	Відновлене значення другої похідної	

**Керована ідентифікація моделей динамічних систем.** При дослідженні перехідних процесів у детермінованих динамічних системах із зосередженими параметрами використовуються математичні моделі у вигляді систем звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР), одержуваних на основі феноменологічного підходу або шляхом ідентифікації елементів діючих систем на базі експериментальних даних.

Звичайно, вид рівняння математичної моделі, що описує динаміку об'єкта, більш-менш відомий, і в цьому випадку вирішується задача параметричної ідентифікації [3]. У протилежному випадку доводиться проводити параметричну ідентифікацію при варіюванні виду математичної моделі й вибирати модель із умови найкращої відповідності відновленого по отриманій моделі рішення результатам експерименту.

Як правило, експериментальні дані (вплив на об'єкт  $X_e$  і реакція об'єкта  $Y_e$ ) зашумлені. Для одержання ясної картини досліджуваного процесу потрібно знизити вплив шуму. У цьому випадку доречно використовувати згладжування зашумлених експериментальних даних з апроксимацією на ковзних відрізках.

Для рішення задачі ідентифікації використовується простий і надійний метод найменших квадратів [3], [4], що включає наступні етапи.

– Вся область зміни величин  $X_e(\tau)$ ,  $Y_e(\tau)$  розбивається на відрізки часу  $\tau$ , що перекривають один одного. Використовується метод ковзних відрізків (рис.1). На кожному виділеному відрізку використовується локальна в межах кожного відрізка незалежна змінна  $t$ .

– Проводиться апроксимація залежностей  $X_e = f(t)$  і  $Y_e = f(t)$  на відрізках осі часу гладкими нерозривними функціями. На вибір виду апроксимуючих функцій істотних обмежень немає. Автори використовують апроксимацію поліномом порядку  $k_{pol}$ .

– Значення функцій і похідних підставляються в рівняння, що ідентифікується, й визначається сума квадратів нев'язань лівої й правої частин рівняння (функціонал  $\delta$ ) для всіх розглянутих моментів часу.

– Значення коефіцієнтів рівняння, що ідентифікується, визначаються шляхом мінімізації функціонала  $\delta$ . Можна використовувати методи спуска, але при поліноміальній апроксимації отриману систему лінійних алгебраїчних рівнянь зручно вирішувати одним із прямих методів.

Якість результатів ідентифікації математичної моделі об'єкта оцінюється порівнянням значень  $Y_e$  і відновлених значень  $Y_p$ , отриманих шляхом рішення ідентифікованого рівняння керованим проекційним методом.

Загальний алгоритм керованої параметричної ідентифікації звичайних диференціальних рівнянь показаний на блок-схемі рис. 4.

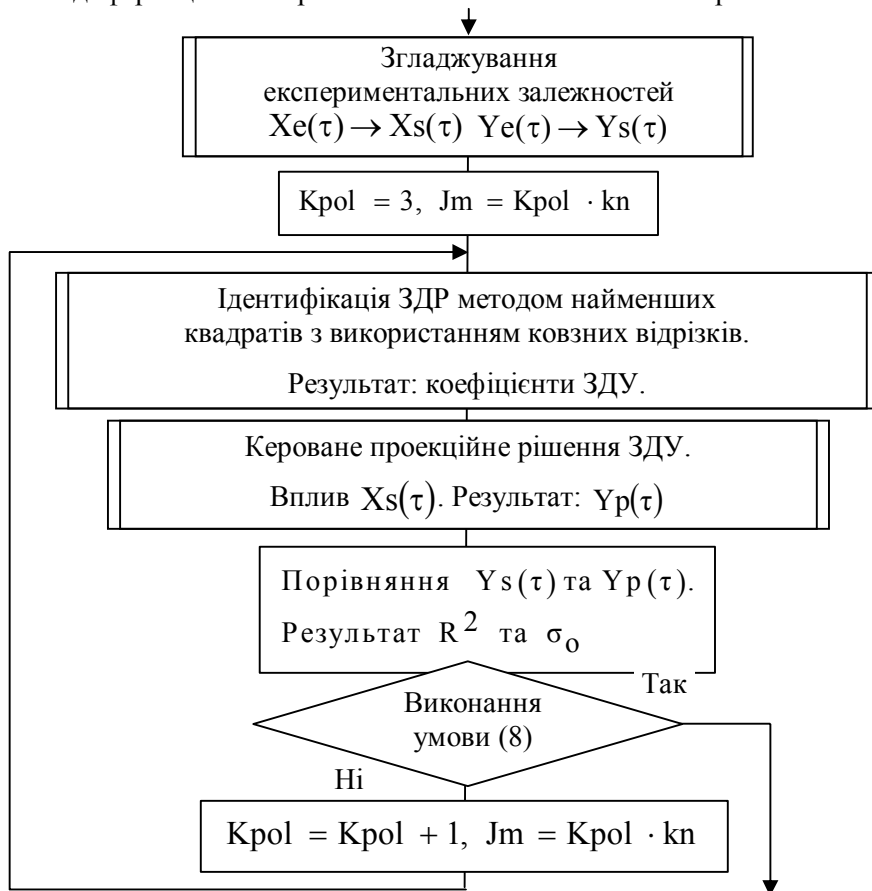


Рис. 4. Схема алгоритму керованої ідентифікації ЗДР

Якість результатів ідентифікації математичної моделі об'єкта оцінюється порівнянням значень  $Y_s$  і відновлених значень  $Y_p$ , отриманих шляхом рішення ідентифікованого рівняння керованим проекційним методом. При цьому використовуються оцінки (6) або (7).

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^{Im} (Y_{s_i} - Y_{p_i})^2}{\sum_{i=1}^{Im} Y_{s_i}^2 - \left( \sum_{i=1}^{Im} Y_{s_i} \right)^2 / Im} \right), \quad (6)$$

$$\sigma_o = \sqrt{\left( \frac{\sum_{i=1}^{im} ((Y_{s_i} - Y_{p_i}) / (\max Y_{s_i} - \min Y_{s_i}))^2}{Im} \right)}, \quad (7)$$

де  $Y_s, Y_p$  – відповідно, згладжене й відновлене значення функцій;

$Im$  – кількість значень моментів часу.

Сам процес керованої ідентифікації виконується ітераційно при варіації порядку апроксимуючого полінома  $K_{pol}$  і кількості моментів часу вхідних у відрізок  $Jm$ .

Закінчення ітераційного процесу ідентифікації здійснюється [4] при виконанні умови (8)

$$1 \geq R^2 > R^2_{min} \quad \text{è} \quad \sigma_o < \sigma_o_{max}. \quad (8)$$

Результати досліджень дозволяють рекомендувати

$$0,05 < \sigma_o_{max} < 0,08, \quad 3 < kn < 7.$$

**Керований проекційно-сітковий метод рішення звичайних диференціальних рівнянь і систем.** Основна ідея методу полягає в тім, що на відрізках  $z$  осі незалежної змінної  $\tau$  (рис. 5), як рішення  $Y$ , приймається функція певного типу, але з невідомими поки параметрами (коефіцієнтами). Апроксимуюча функція і її похідні не повинні мати розривів.

Вирази для функції і її похідних підставляються в розв'язуване рівняння. Записується вираження для функціонала  $S$ , що являє собою суму квадратів нев'язань (різниць значень правої й лівої частин рівняння) для ряду значень незалежної змінної. Коефіцієнти апроксимуючої функції знаходять із умов мінімізації функціонала  $S$ . Можна використовувати або методи безумовної оптимізації, або прямі методи.

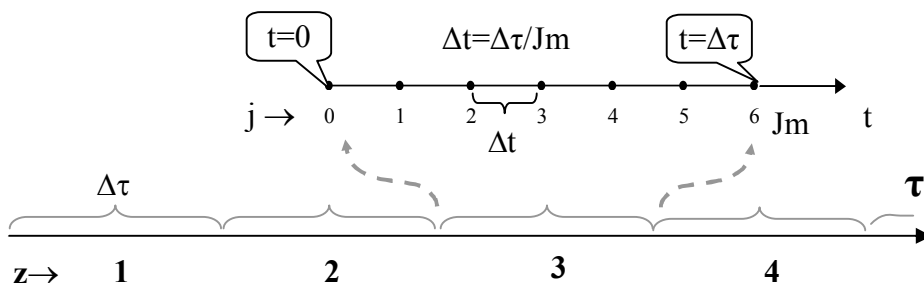


Рис. 5. Схема індексації вузлів сітки при проекційному рішенні

У межах кожного відрізка  $\Delta\tau$  використовується локальна незалежна змінна  $t$ . Таким чином, створюється послідовність відрізків  $z$ , кожний з яких включає достатню кількість внутрішніх вузлів  $j$ .

Основи методики розглядаються на прикладі рішення звичайного диференціального рівняння 1-го порядку (9)

$$A \cdot \frac{dY}{d\tau} + Y = D \cdot X \quad \tau = 0, \quad Y = Y_0, \quad (9)$$

де  $A, D$  – задані коефіцієнти рівняння;

$X$  – вплив.

У якості функції апроксимації рішення  $Y$  на кожному відрізку інтегрування зручно прийняти поліном ступеня  $K_{pol}$  (10)

$$Y = \sum_{k=0}^{K_{pol}} a_k \cdot t^k. \quad (10)$$

Відповідно вираз для першої похідної має вигляд (11)

$$Y' = \sum_{k=1}^{K_{pol}} k \cdot a_k \cdot t^{k-1}, \quad (11)$$

де  $a_1$ - $a_{kn}$  – коефіцієнти полінома, що підлягають визначенню.

Значення коефіцієнта  $a_0$  визначається із задоволення початкової умови або рішення, отриманому на попередньому відрізку інтегрування.

$$a_0 = Y_0. \quad (12)$$

Підставляючи вираження для  $Y, Y'$  у рівняння (9), одержимо (13)

$$\sum_{k=1}^{kn} \left[ a_k \cdot \left( A \cdot k \cdot t^{k-1} + t^k \right) \right] = D \cdot X - a_0. \quad (13)$$

Сума квадратів нев'язок (різниць значень правої й лівої частин рівняння) по всіх вузлах розглянутого відрізка інтегрування має вигляд (14)

$$S = \sum_{j=0}^m \left\{ \sum_{k=1}^{kn} \left[ a_k \cdot \left( A \cdot k \cdot t_j^{k-1} + t_j^k \right) \right] - D \cdot X_j + a_0 \right\}^2. \quad (14)$$

Значення функціонала  $S$  буде мінімальним при виконанні умов (15)

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial a_2} = 0, \quad \dots \quad \frac{\partial S}{\partial a_k} = 0, \quad \dots \quad \frac{\partial S}{\partial a_{kn}} = 0. \quad (15)$$

Задовольняючи кожен наведену умову, можна записати систему лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Коефіцієнти матриці (МА) і елементи вектора правої частини (МВ) визначаються по залежностях (16)

$$MA_{L,C} = \sum_{j=0}^m (A \cdot C \cdot t_j^{C-1} + t_j^C) \cdot (A \cdot L \cdot t_j^{L-1} + t_j^L), \quad (16)$$

$$MB_L = \sum_{j=0}^m (D \cdot X_j - a_0) \cdot (A \cdot L \cdot t_j^{L-1} + t_j^L).$$

де L – індекс рядка матриці (line);

C – індекс стовпця (column).

Якщо вплив X задається не аналітичним вираженням (а, наприклад, експериментальними даними в табличному виді), проводиться попередня апроксимація експериментальних значень X підходящою функцією. При цьому рекомендується використовувати процедуру згладжування.

Алгоритм керованого проекційно-сіткового рішення звичайного диференціального рівняння представлений на рис. 6.

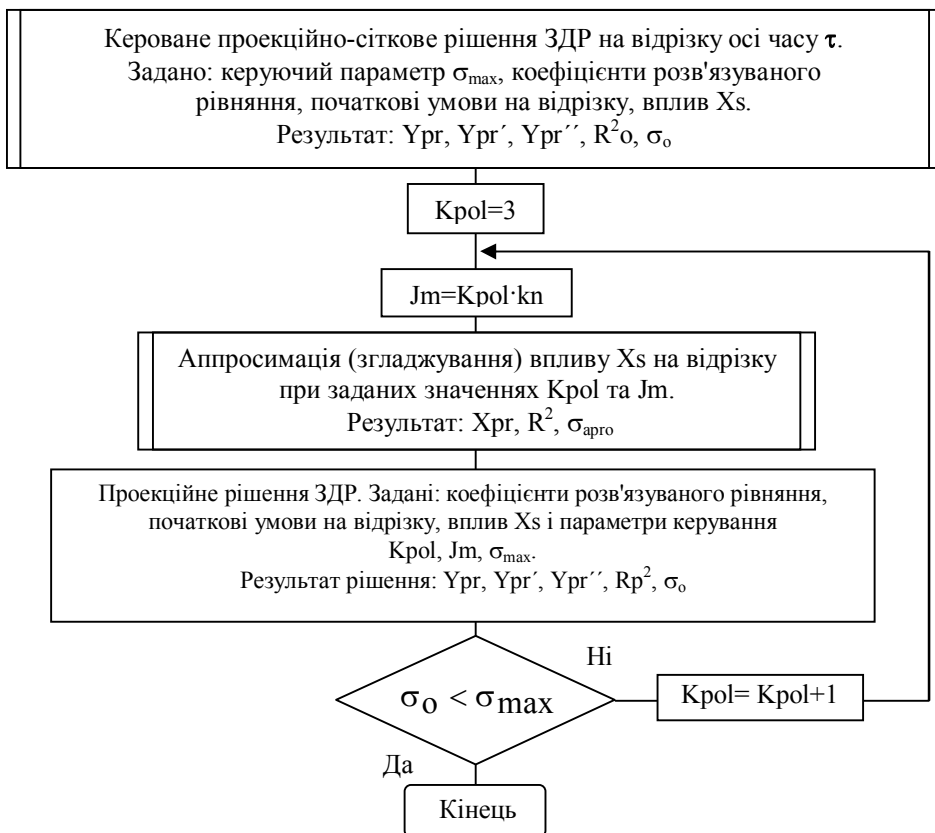


Рис. 6. Алгоритм керованого проекційно-сіткового рішення ЗДР



Якість рішення можна оцінювати згідно [5] за значенням  $Rp^2$  (17)

$$Rp^2 = 1 - \frac{\sum_{j=0}^m (Y_j - K \cdot X_j + A \cdot Y'_j)^2}{\left( \sum_{j=0}^m Y_i^2 - \left( \sum_{j=0}^m Y_i \right)^2 / (m+1) \right)}, \quad (17)$$

де  $Y_i$  – значення функції (отримане рішення);

$Jm$  – кількість вузлів на відрізку інтегрування (допоміжна вісь  $t$ ).

При настроюванні рішення на кожному відрізку  $\Delta\tau$  здійснюється керований підбір значень  $Krol$ ,  $Jm$  з метою забезпечення бажаного рівня погрішності рішення.

Автори [6] пропонують для оцінки ефективності проекційного рішення використовувати середньоквадратичне значення відносного нев'язання  $\sigma_o$  (18).

$$\sigma_o = \sqrt{\sum_{j=0}^m \left( \frac{A \cdot Y'_j + Y_j - K \cdot X_j}{G_j} \right)^2 / (m+1)}, \quad (18)$$

де  $G_j = \max(|A \cdot Y'_j|, |Y_j|, |K \cdot X_j|)$ .

Для виявлення кореляції між максимальними ( $\delta Y_{max}$ ) і середніми ( $\delta Y_{sr}$ ) значеннями відносної погрішності рішення й оцінкою  $\sigma_o$  проводилося проекційно-сіткове чисельне рішення рівняння (1) при різних видах впливу й при варіації параметрів настроювання  $\Delta\tau$ ,  $Krol$ ,  $Jm$ . Чисельне рішення порівнювалося з точним аналітичним рішенням. Відносна по-грішність нормувалася по максимальній зміні значення  $Y$  у межах усього перехідного процесу.

Результати досліджень представлені на рис. 7.

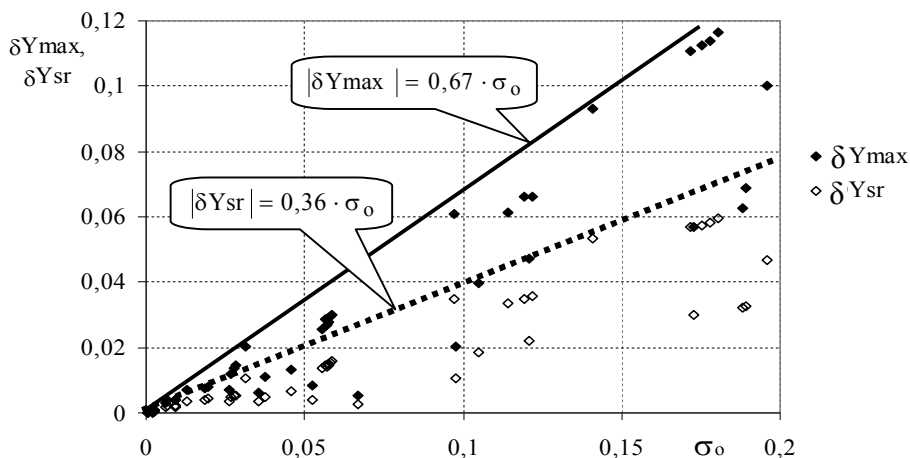


Рис. 7. Залежність рівня відносних погрішностей рішення від  $\sigma_o$

На рис. 7 суцільними лініями виділені області, у яких забезпечується заданий рівень відносної погрішності проекційно-сіткового рішення.

При настроюванні вибирається бажаний рівень відносної погрішності рішення  $\delta Y_{\max}$  або  $\delta Y_{\text{sr}}$ .

Для забезпечення заданого рівня відносної погрішності рішення необхідне виконання умов (19)

$$\sigma_o \leq 2,78 \cdot \delta Y_{\text{sr}} \quad \text{или} \quad \sigma_o \leq 1,49 \cdot \delta Y_{\max}. \quad (19)$$

Для виконання умов (19) ітераційним шляхом підбираються значення  $K_{\text{pol}}$  і  $J_m$ .

У першому наближенні приймаються мінімальні значення, наприклад,  $K_{\text{pol}} = 3$  і  $J_m = a \cdot K_{\text{pol}}$ . Рекомендується  $a = 5 - 7$ . Ітераційне збільшення значень  $K_{\text{pol}}$  і  $J_m$  припиняється при виконанні (19).

Пропонована методика настроювання проекційно-сіткового рішення розроблена й застосовувалася для чисельного рішення лінійних і нелінійних звичайних диференціальних рівнянь і систем.

**Організація розподілених обчислень при дослідженні динаміки суднових систем.** Моделювання проекційно-сітковим методом динаміки суднових систем, що складаються з одного об'єкта не представляє особливих складностей. Якщо система складається з великої кількості взаємодіючих об'єктів, моделювання процесів у системі досягається шляхом ітераційного узгодження (зшивки) рішень для окремих об'єктів. Спрощена блок-схема такого лінійного алгоритму моделювання системи, що складається з безлічі об'єктів, наведена на рис. 8.

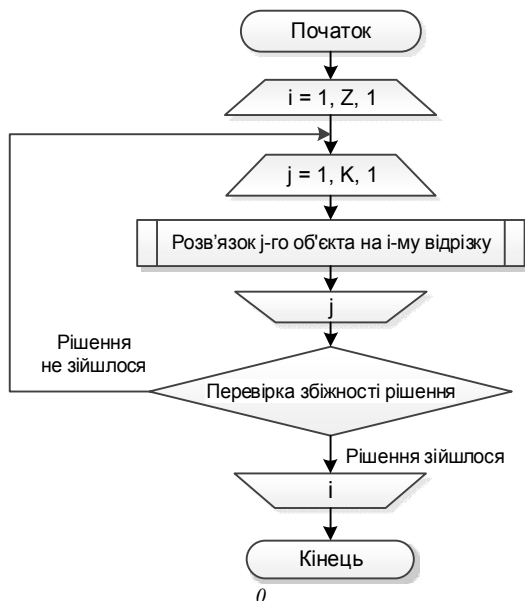


Рис. 8. Лінійний алгоритм,  
де  $Z$  – число відрізків інтегрування;  $K$  – кількість об'єктів системи

Дослідження динаміки складної системи, що включає велику кількість елементів (об'єктів), вимагає багато часу й більших обчислювальних ресурсів. Один зі шляхів рішення проблеми полягає в розподілі обчислень із використанням графічних обчислювальних пристроїв (GPGPU), тому що обчислювальна потужність цих пристроїв у багато разів перевершує потужності центральних процесорів. Приріст продуктивності на GPGPU здійснюється за рахунок величезних масивів обчислювальних ядер, що розміщуються на одному кристалі графічного процесора (близько 1500).

Для моделювання процесів у складних системах необхідно модифікувати алгоритм таким чином, щоб рішення можна було виконувати паралельно в декількох потоках [7]. При цьому проводиться декомпозиція системи на ряд об'єктів, кожний з яких включає обмежене (але досить велике) число елементів системи.

У даному алгоритмі прискорення процесу розрахунку можна здійснити, розподіляючи обчислення кожного об'єкта системи по різних ядрах графічного процесора (див. рис. 9).

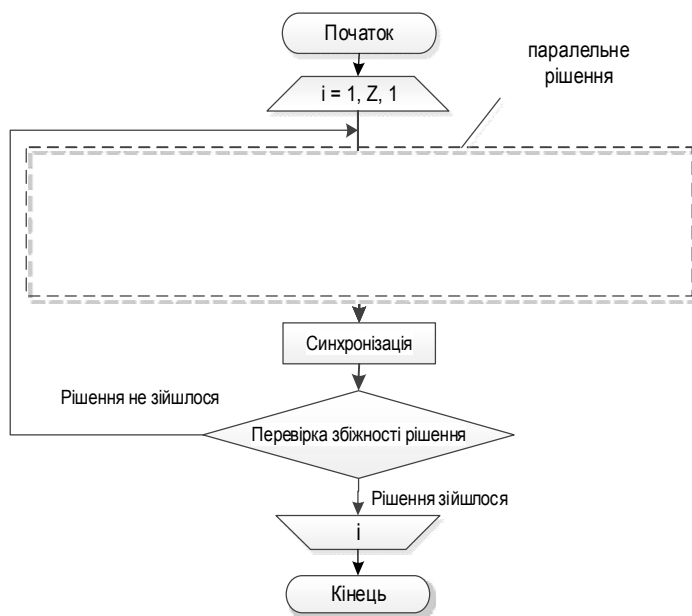


Рис. 9. Паралельний алгоритм рішення задачі

Використовуючи гетерогенні обчислення з GPGPU для скорочення тимчасових витрат на розрахунок моделі, що складається з безлічі підсистем проекційно-сітковим методом, можна одержати істотне скорочення часу рішення.

**Висновки.** Розроблені методики орієнтовані на виконання обчислювального експерименту при дослідженні динамічних процесів в еле-

ментах суднового устаткування. Методики дозволяють надійно оцінювати вірогідність отриманого рішення. Алгоритми проєкційно-сіткового методу дозволяють у процесі рішення проводити настроювання обчислювального процесу для забезпечення заданого рівня погрешності.

Описані розробки дозволять проводити імітацію роботи суднового устаткування з більшою вірогідністю одержуваної інформації.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. – М.: ИММ РАН, 2000. – 409 с.
2. Меркт Р.В., Челабчи В.В., Челабчи В.Н. Особенности сглаживания экспериментальных зависимостей методом скользящих отрезков // Сб. научн. трудов «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2011». Т. 8. Физика и математика. – Одесса: Черноморье, 2011. – С.18-22.
3. Челабчи В.В., Челабчи В.Н. К вопросу идентификации динамических объектов // Сб. научных работ «Спецпроект: анализ научных исследований». Т. 3. – Днепропетровск: НАЦ "ЕРА", 2005. – С. 52-55.
4. Челабчи В.В., Челабчи В.Н. Управляемая идентификация моделей динамических систем // Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami – 2013», Volume 33. Matematyka – Przemysł: Nauka i studia, 2013 – С. 47-51.
5. Челабчи В.В. Оперативное управление проекционно-сеточным методом при решении обыкновенных дифференциальных уравнений // Сб. научн. трудов SWorld. – Вып. 4. –Т. 3. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – С.49-53.
6. Меркт Р.В., Челабчи В.Н., Челабчи В.В. Организация управления решением обыкновенных дифференциальных уравнений проекционно-сеточным методом // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Наука в інформаційному просторі. – Т.7. – Дніпропетровськ: Біла К.О., 2013. – С. 86-90.
7. Кукишев И.А. Использование проекционно-сеточного метода при распределенных вычислениях // Сб. научн. трудов SWord. – Вып. 2. –Т. 6. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. – С. 24-28.

Стаття надійшла до редакції 17.02.2014

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету **В.В. Вичужанін**

УДК 008.5

Е.В. Колесникова

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММАМИ ПРОЕКТОВ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*Построена модель типовой структуры управления программами проектов с применением однородных цепей Маркова с дискретными временем и состояниями. Показано, что область применения закона инициации, сформулированного С.Д. Бушуевым для отдельных проектов, может быть расширена и на программы проектов.*

**Ключевые слова:** управление, программы, проекты, цепи Маркова, результативность, компетентность руководителя.

*Побудовано модель типової структури управління програмами проектів із застосуванням однорідних ланцюгів Маркова з дискретними часом і станами. Показано, що область застосування закону ініціації, сформульованого С.Д. Бушуєвим для окремих проектів, може бути розширена також на програми проектів.*

**Ключові слова:** управління, програми, проекти, ланцюги Маркова, результативність, компетентність керівника.

*A model of the structure of a typical program management projects using homogeneous Markov chains with discrete time and states. It is shown that the scope of the law initiation formulated S.D. Bushuyev for individual projects can be expanded to program projects.*

**Keywords:** management, programs, projects, Markov chains, efficiency, competence of the head.

**Постановка проблемы в общем виде.** Управление программами проектов в слабо структурированных социальных и организационно-технических системах связано с необходимостью учета множества факторов, которые образует сложную "паутину" связей и состояний, изменяющихся во времени. Развитие программ в таких многофакторных системах удастся представить, как правило, только в форме качественных моделей [1]. Преобразование качественных моделей с помощью теории цепей Маркова в феноменологические модели, которые отображают вероятностную сущность процессов проектного управления, позволит перейти к количественным оценкам хода и результатов программ проектов [2]. В такой постановке необходимо решать ряд технических и методологических проблем для отображения особенностей структуры управления программами проектов и их параметров, определяемых в первую очередь уровнем технологической зрелости организаций и компетентностью персонала, а также команд проектов и программ [3].

Успешность программ проектов в конкурентной среде определяют такие составляющие: персонал, технологии, ресурсы, менеджмент, рынок проекты, внешнее и внутреннее окружение [4]. Доступность и потенциальные возможности влияния на эти элементы конкурентной среды существенно различаются. Так, персонал, технологии, ресурсы, рынок и проекты в условиях глобализации экономики доступны в равной степени всем и могут лишь немного улучшить результативность программ проектов. Тогда как совершенствование менеджмента предоставляет потенциальные возможности значительного улучшения результативности программ проектов по сравнению с конкурентами [5].

**Цель статьи.** Разработка модели и исследование структуры управления программами проектов с помощью цепей Маркова.

**Анализ публикаций по применению цепей Маркова в проектном управлении.** Известные примеры применения марковских цепей для определения вероятностей состояний организационно-технических или социальных систем основаны на структурном и параметрическом подобию оригиналов этих систем их отражениям в марковских моделях [2]. Применение марковской модели положено в основу проектно-ориентированного управления станкостроительным предприятием [7]. Показана эффективность использованных марковских моделей для определения изменения состояний пациентов в проектах предоставления медицинских услуг [8]. Вероятностная сущность рекламных проектов отображена с использованием марковской модели [9]. Можно также отметить эффективность цепей Маркова для оценки качества работы учебных заведений [10]. В указанных примерах выполнена декомпозиция исследуемых систем на дискретные состояния и определены схемы переходов между этими состояниями. Вместе с тем, в указанных выше моделях различными способами определялись условные вероятности переходов между дискретными состояниями. Это позволяет сделать вывод о том, что специфика отражения различных объектов однородными цепями Маркова с дискретными состояниями и дискретным временем определяется способами вычисления переходных вероятностей.

**Разработка марковской модели программ проектов.** Как известно модели являются компактным отображением множества свойств оригинала на множество исследуемых параметров системы. Моделирование представляет собой процесс создания реальных или виртуальных объектов, которые отображают существенные свойства оригинала, необходимые для замены оригинала в исследованиях. Поэтому актуальным является преобразование известных графических отображений программ проектов в марковские модели, отражающие существенные признаки исследуемых систем [2].

Взаимодействие участников программ проектов часто рассматривается как некоторая зависимость от уровня компетентности руководителя программы и его команды. Для построения марковской модели изменения состояний, соответствующих определенным участникам проектов,

воспользуемся известной схемой взаимодействия его участников, представленной на рис. 1 [11].



Рис. 1. Схема взаимодействия участников программы проектов:  
 $S_1, S_2, \dots, S_7$  – идентификаторы состояний

Примем за основу схему взаимодействия участников программы (рис. 1) для преобразования ее в цепь Маркова [11]. Обозначим через  $S_i \{i = 1, 2, \dots, 7\}$  возможные состояния программы (рис. 2). Для преобразования схемы состояний в цепь Маркова необходимо добавить дополнительные связи, которые определяют возможность “задержки” системы в каждом из состояний  $S_i \{i = 1, 2, \dots, 7\}$ .

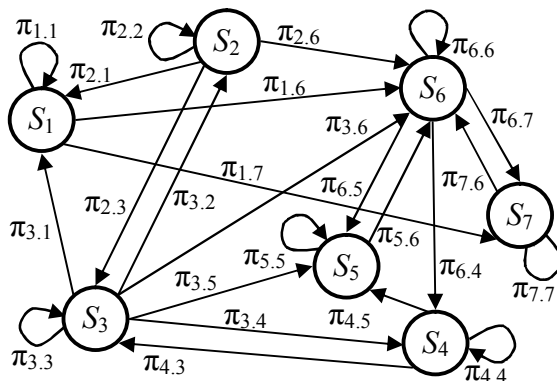


Рис. 2. Размеченный граф состояний цепи Маркова

В марковских моделях отображается зависимость случайного изменения множества состояний  $S_k = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}_k$  во времени  $t[0, T]$ , где  $k$  параметр дискретного времени – номер шага, а  $m$  число состояний. “Марковость” программ проектов подтверждается тем, что в программах

проектов как и в марковских цепях возможны изменения вероятностей состояний системы по шагам  $k$ , имеет место подобие топологической структуры переходов [7-11]. Существуют вероятности переходов  $\pi_{ij}$  в другие состояния, а сумма всех переходных вероятностей из некоторого состояния равна

$$\sum_{j=1}^m \pi_{ij} = 1, \quad \{i = 1, 2, \dots, m\},$$

где  $m = 7$  - число возможных состояний системы.

При этом сумма вероятностей всех состояний  $p_i(k)$ , составляющих полную группу событий, на каждом шаге  $k$  также равна единице [2]

$$\sum_{i=1}^m p_i(k) = 1,$$

где  $p_i(k)$  вероятность состояния  $i$  на шаге  $k$ .

Под шагом понимается некоторое управляющее воздействие, которое переводит систему в новое состояние [7].

Вероятности состояний  $p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)$  однородной цепи Маркова с дискретным временем характеризуют феноменологическое отражение системы, т.е. то, чем объект себя проявляет. Для любого шага  $k$  существуют также “вероятности задержки” системы в данном состоянии  $\pi_{ii}$ , которые дополняют до единицы сумму переходных вероятностей по всем переходам из данного состояния. Имеющиеся условные переходные вероятности  $\pi_{ij}$  между различными состояниями могут быть определены по экспертным оценкам. Если известны переходные вероятности  $\pi_{ij}$  и заданы вероятности состояний  $p_1(k), p_2(k), \dots, p_7(k)$  однородной цепи Маркова, то на следующем  $k+1$  шаге вероятности состояний  $p_1(k+1), p_2(k+1), \dots, p_7(k+1)$  определяются из системы уравнений

$$\begin{pmatrix} p_1(k+1) \\ p_2(k+1) \\ p_3(k+1) \\ p_4(k+1) \\ p_5(k+1) \\ p_6(k+1) \\ p_7(k+1) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(k) \\ p_2(k) \\ p_3(k) \\ p_4(k) \\ p_5(k) \\ p_6(k) \\ p_7(k) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{1,6} & \pi_{1,7} \\ \pi_{2,1} & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{4,3} & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{6,4} & \pi_{6,5} & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,6} & \pi_{7,7} \end{pmatrix}.$$

где  $T$  – признак транспонирования столбца;  $k$  – номер шага.

К свойствам программ проектов, отвечающих марковским цепям, можно отнести следующие: действия команды проекта отвечают шагам проекта; результат хода проектов формирует распределение вероятностей состояний системы, при этом можно указать возможные переходы системы из каждого состояния в другие за один шаг; вероятности переходов зависят от свойств системы; состояния системы отображаются графом, с указанием возможных переходов из одного состояния в другое за один шаг.



Анализ свойств оригинала и модели позволяет сделать вывод об обоснованности применения цепей Маркова для моделирования программ проектов.

По определению модель является виртуальным или реальным объектом, которым можно заменить оригинал при исследовании его свойств. Оценим влияние на результативность программ проектов уровня компетентности руководителя программы с помощью разработанной марковской модели. Изменение вероятностей состояний системы по шагам для базового варианта множества переходных вероятностей показано на рис. 3 - а. Эти результаты отражают определенный уровень технологической зрелости организации и компетентности руководителя программы (состояние  $S_3$ ), который соответствует таким значением переходных вероятностей:  $\pi_{3,1} = 0,05$ ;  $\pi_{3,2} = 0,25$ ;  $\pi_{3,4} = 0,12$ ;  $\pi_{3,5} = 0,1$ ;  $\pi_{3,6} = 0,05$ .

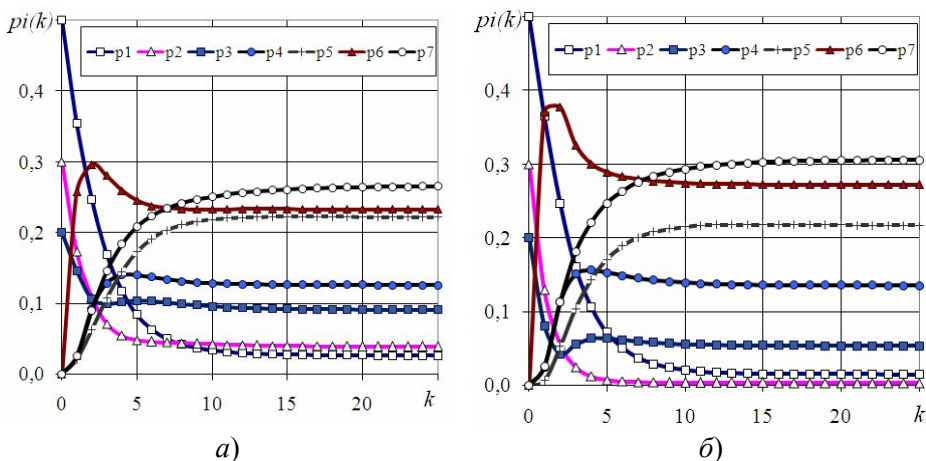


Рис. 3. Изменение вероятностей состояний для разных данных:  
а – базовый вариант; б – новый вариант;  
 $\pi_i(k)$  – вероятности состояний;  $k$  – шаги программы

Матрица переходных вероятностей базового варианта программы (рис. 3-а)

$\pi_{ij} =$	0,6	0	0	0	0	0,35	0,05
	0,15	0,41	0,2	0	0	0,24	0
	0,05	0,25	0,43	0,12	0,1	0,05	0
	0	0	0,35	0,45	0,20	0	0
	0	0	0	0	0,73	0,27	0
	0	0	0	0,25	0,11	0,44	0,20
	0	0	0	0	0	0,18	0,82

Базовый проект в квазистационарном состоянии на шаге  $k = 25$  характеризуется таким распределением вероятностей состояний:

$$p_1(25) = 0,03; p_2(25) = 0,04; p_3(25) = 0,09; p_4(25) = 0,13; \\ p_5(25) = 0,22; p_6(25) = 0,23; p_7(25) = 0,27.$$

Это означает, что на 25 шаге для выполнения работ программы отводится 23 % ресурса времени, руководитель программы тратит 9 % этого же ресурса, а для работ проектов программы отводится 22 % от общего ресурса времени. Эти результаты показывают, что при выполнении данной программы существует определенное противоречие между руководителем программы и остальными участниками программы. Руководитель, очевидно, не достаточно эффективно планирует, контролирует и обеспечивает реализацию программы, что приводит к увеличению времени его работы. Естественно, что более рациональным можно считать такое распределение вероятностей состояний, при котором будет обеспечено максимальное использование ресурса времени в состояниях  $S_5, S_6, S_7$ .

Для устранения этого явления следует изменить параметры работы руководителя программы, что должно повлиять на соответствующие вероятности переходов. Пусть переходные вероятности в работе руководителя программы будут такими:  $\pi_{3,1} = 0,1$ ;  $\pi_{3,2} = 0,03$ ;  $\pi_{3,4} = 0,12$ ;  $\pi_{3,5} = 0,03$ ;  $\pi_{3,6} = 0,62$ . Полученные для новых начальных условий результаты показывают, что в случае только изменения условий работы руководителя программы ход и результативность программы проектов станут отличными от базового варианта (рис. 3-б). На шаге  $k = 25$  новая система характеризуется следующим распределением вероятностей состояний:

$$p_1(25) = 0,01; p_2(25) = 0,003; p_3(25) = 0,05; p_4(25) = 0,14; \\ p_5(25) = 0,22; p_6(25) = 0,27; p_7(25) = 0,31.$$

Время работы руководителя программы уменьшилось почти в два раза. При этом суммарное время, отводимое на производственные цели для выполнения программы, увеличилось с 72 % до 80 %. Полученные результаты показывают, что характеристики работы руководителя программы существенно влияют на ход проекта.

**Выводы.** Создана марковская модель программы проектов, которая позволяет выполнить количественную оценку и степень влияния ее участников на ход проектов. На новой доказательной базе показано, что слабо структурированная система, которая представлена в виде программы проектов, ее окружения и команды, определяет результат проектной деятельности. Данное утверждение не противоречит определению закона С.Д. Бушуева, полученного для отдельных проектов [6].

Дальнейшие исследования следует направить на теоретическое и экспериментальное определение переходных вероятностей, которые позволяют «настроить» марковскую модель на реальные программы.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бушуева Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития [Текст] / Н.С. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2007. – 270 с.
2. Колесникова Е.В. Трансформация когнитивных карт в модели марковских процессов для проектов создания программного обеспечения [Текст] / Е.В. Колесникова, А.А. Негри // Управління розвитком складних систем. – № 15. – 2013. – С. 30-35.
3. Бушуев С.Д. Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / С.Д. Бушуев, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін // Управління розвитком складних систем. – № 12. – 2012. – С. 5-7.
4. Гогунський В.Д. Основные законы проектного менеджмента [Текст] / В.Д. Гогунський, С.В. Руденко // IV міжнар. конф.: «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв: НУК, 2008. – С. 37-40.
5. Гогунський В.Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов [Текст] / В.Д. Гогунський, С.В. Руденко, П.А. Тесленко // Управління розвитком складних систем. – № 8. – 2012. – С. 14-16.
6. Вайсман В.А. Теория проектно-ориентованого управления: обоснование закона Бушуева С.Д. [Текст] / В.А. Вайсман, В.Д. Гогунський, С.В. Руденко // Наук. записки Міжнар. гуманітарного ун-ту: Зб. – Одеса: МГУ, 2009. – С. 9-13.
7. Колеснікова К.В. Розробка марківської моделі станів проектно керованої організації [Текст] / К.В. Колеснікова, В.О. Вайс-ман, С.О. Величко // Сучасні технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Вип. 7. – Харків: НТУ «ХПИ», 2012. – С. 217-222.
8. Розробка марківської моделі зміни станів пацієнтів в проектах надання медичних послуг [Текст] / С.В. Руденко, М.В. Ро-маненко, О.Г. Катуніна, К.В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. – № 12. – 2012. – С. 86-89.
9. Оборская А.Г. Модель эффектов коммуникаций для управления рекламными проектами [Текст] / А.Г. Оборская, В.Д. Гогунський // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 31-34.

10. Яковенко В.Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу [Текст] / В.Д. Яковенко, В.Д. Гогун-ський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – № 2. – С. 50-57.
11. ГОСТ Р 54871- 2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению программой [Текст].– М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.

*Стаття надійшла до редакції 20.10.2013*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління системами безпеки життєдіяльності» Одеського національного політехнічного університету **В.Д. Гогунський**

## АВТОРИ ЗБІРНИКА

**Бурмака И.А.** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Теорія та устрій судна» Одеської національної морської академії

**Гловацька Світлана Миколаївна** – начальник відділу міжнародних зв'язків Одеського національного морського університету

**Варгін Михайло Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

**Гришин Володимир Олександрович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична і прикладна механіка» Одеського національного морського університету

**Гришин Андрій Володимирович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Опір матеріалів», проректор з наукової роботи Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Дідур Людмила Сергіївна** – аспірант кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

**Дубровський Михайло Павлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

**Єгоров Геннадій В'ячеславович** – доктор технічних наук, професор, генеральний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

**Єгоров Олександр Геннадійович** – мол. наук. співпрацівник Морського інженерного бюро, м. Одеса

**Загребнюк Віктор Іванович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автоматизація і управління технологічними процесами» Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова

**Зарицька Олена Ігорівна** – старший викладач кафедри «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету

**Калюжна Валентина Євгенівна** – старший викладач кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

**Кириллова Олена Вікторівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету

**Колеснікова Катерина Вікторівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій проектування в машинобудуванні Одеського національного політехнічного університету

**Кукішев Іван Олексійович** – завідувач лабораторії кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

**Магамадов Олексій Ризаудинович** – кандидат технічних наук, професор кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

**Меркт Ростислав Володимирович** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

**Мурад'ян Арсен Олегович** – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

**Нільва Володимир Олександрович** – магістр, мол. наук. співпрацівник Морського інженерного бюро, м. Одеса, здобувач кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету

**Олех Тетяна Мефодіївна** – старший викладач кафедри вищої математики та моделювання систем Одеського національного політехнічного університету

**Петросян Віктор Миколайович** – доцент кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

**Пітерська Варвара Михайлівна** – кандидат технічних наук, викладач кафедри "Організація митного контролю на транспорті" Одеського національного морського університету

**Рубльов Ілля Сергійович** – старший викладач кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

**Руденко Сергій Васильович** – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, директор Науково-дослідного інституту фундаментальних та прикладних досліджень Одеського національного морського університету

**Руденко Євген Сергійович** – ведучий інженер ЮФ ДП «АМПУ»

**Русанова Світлана Сергіївна** – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

**Сипливець Олександр Олександрович** – аспірант кафедри «Основи та фундаменти» Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Сударев Віктор Олексійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

**Тонюк Валерій Іванович** – технічний директор Морського Інженерного Бюро

**Худенко Н.П.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри математики Одеської національної академії харчових технологій

**Челабчі Віктор Миколайович** – кандидат технічних наук, професор кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

**Челабчі Володимир Вікторович** – в.о. старшого викладача кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

**Чернова Любава Сергіївна** – магістрант кафедри «Управління проектами» Миколаївського Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова

**Яровенко Володимир Олексійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету

*Наукове видання*

**ВІСНИК  
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**Збірник наукових праць**

**Випуск 1 (40)**

Засновник – Одеський національний морський університет

*Українською, російською  
та англійською мовами*

Видається з червня 1997 р.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 4242 від 26.12.2011 р.

---

---

Підписано до друку з оригінал-макету  
Формат 70x108/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк.  
Замовлення №  
Надруковано у Видавництві ОНМУ  
65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.  
Тел. 728 31 14