

ВІСНИК

ОДЕСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

42

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

ВИПУСК 3 (42)

Заснований у червні 1997 року

Одеса – 2014

ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

№ 3(42)
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:
виз «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. <i>Вассерман О.А.</i>	д-р економ. наук, проф. <i>Лапкіна І.О.</i>
д-р техн. наук, проф. <i>Гришин В.О.</i>	д-р фіз.-мат. наук, проф. <i>Андронов І.Л.</i>
д-р техн. наук, проф. <i>Єгоров Г.В.</i>	д-р економ. наук, проф. <i>Постан М.Я.</i>
д-р техн. наук, проф. <i>Євдокімов В.Д.</i>	д-р техн. наук, проф. <i>Івановський В.Г.</i>
д-р техн. наук, проф. <i>Іванченко О.О.</i> (Росія)	д-р техн. наук <i>Дульнев О.І.</i> (Росія)
д-р техн. наук, проф. <i>Руденко С.В.</i>	д-р техн. наук, проф. <i>Козляков В.В.</i>
д-р техн. наук, проф. <i>Дубровський М.П.</i>	д-р техн. наук, проф. <i>Сизов В.Г.</i>
д-р економ. наук, проф. <i>Махуренко Г.С.</i>	д-р техн. наук, проф. <i>Яровенко В.О.</i>

Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеського національного морського університету
(протокол № 4 від 26 листопада 2014 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.

ПРОЕКТУВАННЯ КОРАБЛЯ

Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Черников Д.В. Параметрический ряд черноморских грузовых и грузопассажирских паромов	5
Егоров Г.В., Егоров А.Г. Риск в эксплуатации и надежность корпусов сухогрузных судов проектов 21-88 и 21-89	32
Егоров А.Г. Анализ сцепных устройств для толкания морских и речных составов	54
Канифольский А.О., Ларкин Ю.М. Вместимость малотоннажного судна переходного режима движения	72
Сёмин А.А. Экспресс-оценка рыночной стоимости и эффективности содержания пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания	83

**ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

Yarovenko V.A. Parametric optimization strategy of electric ships' power plants	91
Гончаренко В.Н., Мошнянський А.Ф. Створення алгоритму автоматичного керування оптимальним режимом пуску суднової парової турбіни	102

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Давиденко М.А. Результаты испытаний сталефибробетонных труб и стеновых колец, армированных анкерной фиброй	112
Пизинцали Л.В., Александровская Н.И. Особенности продажи судна на металлолом	119
Коптовец А.Н. Методика анализа фрикционных колебаний в тормозе методом вычислительного эксперимента	128

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Постан М.Я., Савельєва И.В.	
Метод определения вероятности разорения оператора портового терминала	141
Мурад'ян А.О.	
Моделювання та оптимізація процесу перевалки вантажів у загальнотранспортних вузлах	148
Жіжа Б.А.	
Взаємовплив структури та ефективності системи управління агентсько-експедиторського холдингу на контейнерному ринку України	159
Балобанов А.О., Постан М.Я.	
О проблемах правового статуса и безопасной эксплуатации элементов портовой инфраструктуры в свете закона Украины «О морских портах Украины»	165

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Питерская В.М.	
Ценностный подход в управлении развитием проектно-ориентированной организации	172
Крук Ю.Ю.	
Адаптивные структуры управления стивидорной компании ...	181
АВТОРИ ЗБІРНИКА	194
ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ	196

УДК 629.5

Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий, Д.В. Черников

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ РЯД ЧЕРНОМОРСКИХ ГРУЗОВЫХ И ГРУЗОПАССАЖИРСКИХ ПАРОМОВ

Обоснован параметрический ряд железнодорожно-пассажирских и автомобильно-пассажирских паромов для работы на Черном море, базирующихся на существующие и перспективные терминалы России (Кавказ, ТПК¹, Сочи, а также Новороссийск, Геленджик, Туапсе).

Ключевые слова: железнодорожный паром, автомобильный паром, порт Кавказ, порт Сочи, Черное море, ледовая категория, проектирование, внешняя задача проектирования судна.

Обґрунтований параметричний ряд залізнично-пасажирських і автомобільно-пасажирських поромів для роботи на Чорному морі, які базуються на існуючі й перспективні термінали Росії (Кавказ, ТПК, Сочи, а також Новоросійськ, Геленджик, Туапсе).

Ключові слова: залізничний пором, автомобільний пором, порт Кавказ, порт Сочи, Чорне море, льодова категорія, проектування, зовнішнє завдання проектування судна.

Parametric line-up of railway-passenger and car-passenger ferries for Black Sea that should be based at existent or perspective Russian terminals, such as Caucasus, Taman ferry complex (TFC), Sochi, Novorossiysk, Gelendgik, Tuapse is grounded.

Keywords: railway ferry, car ferry, port of the Caucasus, Sochi port, Black sea, ice category, design, external task of vessel's design.

Актуальность. С доисторических времен регион Черного моря играл ключевую роль в торговых связях Европы и Азии. Крупнейшие мировые державы, начиная с Древней Греции и Византии, на протяжении столетий боролись за контроль над коммуникациями, проходившими через этот стратегически важный регион.

Непосредственный выход к побережью Черного моря имеют шесть государств – Российская Федерация, Украина, Болгария, Грузия, Румыния и Турция. К ним следует добавить Армению, значительная часть грузов для которой перемещается через порты Грузии, и Молдову, имеющую порт на реке Дунай.

© Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Черников Д.В., 2014

¹ ТПК – Таманский паромный комплекс

Важную роль в обеспечении критских международных коридоров № 5, 7 и 9, «Север-Юг», ТРАСЕКА и внутрорегиональных экономических связей играет железнодорожный, автомобильный и морской транспорт, причем часто возникает необходимость передачи грузов с одного вида транспорта на другой в тех пунктах, где железная дорога и автодороги прерываются водной акваторией и государственными границами.

Понятно, что перегрузка с одного вида транспорта на другой увеличивает сроки и стоимость доставки, создает угрозу для сохранности груза.

Такой недостаток перевалки грузов обусловил появление в XIX веке первых железнодорожных паромных переправ, в первую очередь как средства продления железнодорожных путей через проливы, каналы и реки, а затем и автомобильно-паромных переправ, когда грузы перевозились судами-паромами без выгрузки из унифицированных грузовых мест в виде вагонов и автопоездов.

К грузам, которые эффективно перевозить на паромах, обычно относят «дорогие» грузы; грузы, требующие особых условий в части сохранности и безопасности перевозки и перевалки; грузы с высокой стоимостью перевалки в обычных портах; грузы со срочной доставкой; грузы малыми партиями.

Целью статьи является обоснование параметрического ряда железнодорожно-пассажирских и автомобильно-пассажирских паромов для работы на Черном море, базирующихся на существующие и перспективные терминалы России (Кавказ, ТПК², Сочи, а также Новороссийск, Геленджик, Туапсе).

Развитие переправ на Черном море. Развитие железнодорожных паромных переправ на Черном море началось в середине XX века.

В 1958 г. в проливе Босфор была открыта паромная переправа между портами Сиркели и Хайдар, расположенными на европейском и азиатском берегах Турции.

В 1978 г. открыта паромная переправа между Ильичевском (Украина) и Варной (Болгария), на которой в 1999-2001 годах были открыты новые направления Ильичевск – Потти (Грузия) и Ильичевск – Деринже (Турция). Кроме того, создается железнодорожный терминал в порту Самсун (Турция).

Но первой на Черном море была паромная переправа Крым-Кавказ. С целью сокращения транспортных расходов и времени на перевозку массовых грузов между различными частями Советского Союза – Кавказом, среднеазиатскими республиками и Украиной в 1955 году были построены и введены в эксплуатацию два портовых комплекса в наиболее узком участке Керченского пролива.

Железнодорожная переправа Керчь-Кавказ успешно эксплуатировалась до 1980-х годов с использованием гидротехнических сооружений,

² ТПК – Таманский паромный комплекс

построенных еще при И.В. Сталине, когда ее объявили устаревшей и убыточной, а после развала СССР просто забыли. В начале 1990-х годов с целью предотвращения разграбления инфраструктуры переправы рельсы были демонтированы [6]. Даже без проведения глубоких экономических исследований было ясно, что регулярное грузовое сообщение на данном участке экономит значительное времени и существенно снижает транспортные издержки, так как путь из Крыма на Кавказ по суше на 1200 км длиннее, чем через пролив.

Рассматривались и рассматриваются до сих пор варианты строительства моста или тоннеля. Однако сложные гидрологические и геологические условия строительства, а также значительный объем капитальных затрат являются заметным препятствием на пути реализации таких проектов, даже несмотря на опыт 1944 года.

В 2002-2003 годах наиболее реальным и технически выполнимым в приемлемые сроки был определен вариант прямого железнодорожного сообщения с использованием паромной переправы. Поэтому в ноябре 2004 г. по инициативе известного российского бизнесмена Александра Анненкова совместными усилиями ОАО «Российские железные дороги», «Укрзалізниця», компаний «Аншип» и «Техинвестсервис» историческая переправа была восстановлена [3].

Постоянно возрастающий грузооборот потребовал увеличения пропускной способности переправы Крым-Кавказ, а также привел к необходимости расширения направлений работы из порта Кавказ на другие порты Чёрного моря. Были организованы железнодорожно-паромные переправы на линиях Кавказ-Поти (май 2007 года) [4], Кавказ-Варна (февраль 2009 года) [8], Кавказ-Самсун (январь 2011 года), а также автомобильно-пассажирская паромная линия Кавказ-Зонгулдак (ноябрь 2011 года).

Из порта Новороссийск были открыты автомобильно-пассажирские паромные переправы на линии Новороссийск-Сочи (ноябрь 2011 года), Новороссийск-Самсун (август 2012 года), а также Новороссийск-Дериндже, Новороссийск-Поти.

Таким образом, сейчас в Черноморском регионе существует несколько видов паромных перевозок [1, 5, 7, 8]. Наибольший удельный вес приходится на перевозки железнодорожных вагонов и контейнеров, автотехники на грузовых парамах.

Следующий по объему вид перевозок – это перевозки большегрузных автомобилей ТИР, легковых автомобилей и небольшого количества пассажиров (порядка 100-200 человек). Как правило, пассажиры таких линий – водители перевозимых автотранспортных средств и сопровождающие груз. Поэтому эти паромы имеют пассажирский класс, но не имеют развитого пассажирского комплекса – только минимальный набор сервиса. Обычно имеется от 40 до 100 стандартных 2-4-местных кают, бар, ресторан самообслуживания, магазин беспошлинной торговли, салон игровых автоматов.

Основные международные паромные линии Черноморского региона (см. рисунок 1) с разделением на судовладельцев приведены в таблице 1.



Рис. 1. Основные международные паромные линии Черноморского региона

Таблица 1

Основные международные паромные линии Черноморского региона с разделением на судовладельцев

Компания	Линия
1	2
Группа компаний «Ан-РуссТранс» (Россия)	порт Кавказ – порт Крым, порт Кавказ – порт Варна, порт Кавказ – порт Зонгулдак, порт Зонгулдак – порт Скадовск, порт Зонгулдак – порт Севастополь (не активна)
ФГУП «Росморпорт» (Россия – оператор, Турция – владелец)	порт Новороссийск – порт Сочи
«БФИ» (Россия)	порт Кавказ – порт Поты, порт Кавказ – порт Самсун, порт Кавказ – порт Варна (не активна)
«Stakonta Enterprises Ltd» (Россия – оператор)	порт Геленджик – порт Самсун
«Укрферри» (Украина)	порт Ильичевск – порт Варна, порт Ильичевск – порт Поты / Батуми, порт Ильичевск – порт Дериндже, порт Варна – порт Батуми, порт Дериндже – порт Поты, порт Керчь – порт Поты, порт Констанца – порт Поты, порт Дериндже – порт Новороссийск
«Керченская паромная переправа» (Украина)	порт Кавказ – порт Крым

Продолжение табл. 1

«Гесс-тур» (Украина)	порт Одесса – порт Стамбул (не активна, судно в ремонте)
«Navibulgar» (Болгария)	порт Варна – порт Батуми – порт Ильичевск, порт Ильичевск – Батуми, порт Ильичевск – порт Потти, порт Варна – порт Кавказ (в перспективе)
«Stena SeaLine» (компания принадлежит датской компании «Stena Line»)	порт Стамбул – порт Ильичевск
«Cenk Lines» (Турция)	порт Дериндже – порт Ильичевск, порт Зонгулдак – порт Евпатория / порт Севастополь, порт Самсун – порт Новороссийск
«Ulusoy SeaLines» / «Karadeniz Ro-Ro» (Турция)	порт Самсун – порт Новороссийск, порт Зонгулдак – порт Евпатория
«Paradise Cruise & Ferry» (Германия), оператор – Россия	порт Батуми – порт Сочи – порт Ялта – порт Одесса (с 2014 года), порт Новороссийск – порт Трабзон – порт Потти (в перспективе)
«Sari Denizcilik» (Турция)	порт Сочи – порт Трабзон

Источник: Морское Инженерное Бюро

В перспективе железнодорожные перевозки по Черному морю будут охватывать все порты стран этого бассейна, включая порты Констанцу (Румыния), Батуми (Грузия), Керчь (Украина) и другие. К 2015 году планировалось создать «Черноморское кольцо», которое объединит железнодорожно-паромные переправы пяти стран региона: порты Варна (Болгария), Ильичевск (Украина), Кавказ (Краснодарский край), Потти (Грузия) и Стамбул (Турция) [5].

Безусловно, при создании новых паромов следует учитывать и новые перспективные терминалы в порту Кавказ (ТПК) и в порту Сочи³.

Действующий флот черноморских паромов. В таблице 2 представлен анализ существующего флота морских паромов, эксплуатирующихся на линиях Черного моря по состоянию на 1 декабря 2013 года. Исходя из него, средний возраст морских паромов, эксплуатирующихся на линиях Черного моря, составляет 28 лет. При этом суда, которые контролируют российские компании и имеют в своем классе нотацию «пассажирское», старше 34 лет.

Расчетный срок эксплуатации судов морских составляет 25 лет при максимально возможном сроке (исходя из мирового опыта) эксплуа-

³ Проект «Создание международного центра морских пассажирских и круизных перевозок в г. Сочи» согласно с Постановлением Правительства РФ № 991 от 29 декабря 2007 года

тации 40 лет. Таким образом, в ближайшие 5-10 лет должны будут списаны практически все из 35 единиц флота морских паромов.

У российских компаний уже есть новые черноморские паромы. Так, группа компаний «АнРуссТранс» построила в 2009 году по проекту Морского Инженерного Бюро CNF06 45-вагонный паром «Авангард», в 2009 году по проекту CNF09 50-вагонный паром «Славянин» [3], в 2013 году – автомобильно-пассажирский паром «Николай Аксененко» на 261 пассажира и 43 легковых автомобиля. До этого были построены 25-вагонные паромы «Петровск» (2002 год) и «Анненков» (2003 год) [2].

Компания «БФИ» – 50-ти вагонные паромы проекта CNF03 «Смат» (2007 год) и «Феруз» (2008 год) [4]. В 2010 году – 45-вагонный паром проекта CNF10 «Ульфат».

Однако, кроме «Николая Аксененко», сделанного для короткой пассажирской переправы Кавказ-Крым, все они являются чисто грузовыми судами.

Сейчас такое решение не достаточно для дальнейшего развития международных транспортных коридоров. Нужна альтернатива перегруженным автомобильным дорогам вдоль побережья Черного моря. Соответственно, следует перейти от чисто железнодорожных паромов к комбинированным – автомобильно-железнодорожно-пассажирским судам, которые позволят «закольцевать» все паромные терминалы России, Турции, Болгарии и Украины и смогут брать на борт автопоезда с водителями, а в перспективе, туристов на легковых автомобилях.

Таблица 2

Анализ существующего флота морских паромов, эксплуатирующихся на линиях Черного моря

Компания	Линия	Кол-во паромов	Средний возраст
1	2	3	4
Группа компаний «АнРуссТранс» (Россия)	порт Кавказ – порт Крым, порт Кавказ – порт Варна, порт Кавказ – порт Зонгулдак, порт Зонгулдак – порт Скадовск, порт Зонгулдак – порт Севастополь (не активна)	8	18
ФГУП «Росморпорт» (оператор – Россия, Турция – владелец)	порт Новороссийск – порт Сочи	1	42
«БФИ» (Россия)	порт Кавказ – порт Потти, порт Кавказ – порт Самсун, порт Кавказ – порт Варна (не активна)	3 (с учётом парома «Ulfat»)	15
«Stakonta Enterprises Ltd» (оператор – Россия)	порт Геленджик – порт Самсун	1	34

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
«Укрферри» (Украина)	порт Ильичевск – порт Варна, порт Ильичевск – порт Потти / Батуми, порт Ильичевск – порт Дериндже, порт Варна – порт Ба- туми, порт Дериндже – порт По- тти, порт Керчь – порт Потти, порт Констанца – порт Потти, порт Де- риндже – порт Новороссийск	5	32
«Керченская па- ромная переправа» (Украина)	порт Кавказ – порт Крым	3	33
«Гесс-тур» (Украина)	порт Одесса – порт Стамбул (не активна, судно в ремонте)	1	22
«Navibulgar» (Болгария)	порт Варна – порт Батуми – порт Ильичевск, порт Ильичевск – Ба- туми, порт Ильичевск – порт По- тти, порт Варна – порт Кавказ (в перспективе)	3 (с учётом парома «Varna»)	30
«Stena SeaLine» (компания принад- лежит датской ком- пании «Stena Line»)	порт Стамбул – порт Ильичевск	1	35
«Cenk Lines» (Турция)	порт Дериндже – порт Ильичевск, порт Зонгулдак – порт Евпатория / порт Севастополь, порт Самсун – порт Новороссийск	4	33
«Ulusoy SeaLines» / «Karadeniz Ro-Ro» (Турция)	порт Самсун – порт Новорос- сийск, порт Зонгулдак – порт Ев- патория	2	33
«Paradise Cruise & Ferry» (Германия), оператор – Россия	порт Батуми – порт Сочи – порт Ялта – порт Одесса (с 2014 года), порт Новороссийск – порт Траб- зон – порт Потти (в перспективе)	2	28
«Sari Denizcilik» (Турция)	порт Сочи – порт Трабзон	1	41
ИТОГО		35	28

Источник: Морское Инженерное Бюро

В этом контексте очень интересна статья [7], где в числе других основными проблемами паромных перевозок Черноморского бассейна были названы:

- неразвитость круизного Ro-Pax сервиса (в отличие от автопассажирских перевозок, где нет требований к развитой пассажирской инфраструктуре, круизный Ro-Pax сервис требует наличие такой инфраструктуры (порты, оборудованные пассажирскими терминалами со всеми удобствами, облегченные пограничные процедуры приёма судна и т.д.);

- небольшое (по сравнению с Балтийским бассейном) количество паромных сервисов (13 против 50 на Балтике), что влияет на конкуренцию перевозок.

Как уже отмечалось в публикациях Морского Инженерного Бюро [3, 4], основные рекомендации по проектированию черноморских паромов следующие:

1. Главные размерения парома ограничиваются глубиной и шириной фарватера, допускаемыми радиусами разворота, а также длиной причала, к которому он будет швартоваться.

Например, по условиям порта Кавказ основные габаритные ограничения для парома выглядят следующим образом: ширина не более 22 м; длина не более 150-151 м; осадка (на разворотном круге) не более 4,9 м; осадка при грузовых операциях (у причала) не более 6,0 м; высота оголовки рельса парома от уровня воды не более 5,1 м.

2. При проектировании железнодорожного парома должны быть учтены особенности береговых аппарелей, с которыми будет работать паром.

Аппарель проекта АК01 порта Кавказ представляет собой трапециевидную в плане конструкцию со следующими размерами: длина – 40 м; ширина узкой части (у береговой опоры) – около 12 м; ширина (широкой части) – около 18 м.

Максимумы изменения положения аппарели составляют: для подъема – 1,6 м; для опускания – 1,69 м.

На стыке с причалом, в узкой части аппарели, на грузовой палубе аппарели, размещаются начала пяти железнодорожных путей, выходящих на широкую часть аппарели и выступающие за морскую оконечность аппарели на 100 мм. Тип железнодорожного рельса Р-50. Ширина колеи 1520 мм.

Подаются составы из вагонов по центральному пути или одновременно по двум симметричным путям.

3. Оптимальная вместимость железнодорожного парома судна составляет не менее одного состава – 50 железнодорожных цистерн габарита 1-Т с расстоянием между автосцепами 12020 мм. Кроме того, такое судно должно быть приспособлено для перевозки прочей колесной техники, включая трейлеры, а также длинномерных крупногабаритных грузов и контейнеров международного образца (TEU и FEU).

По результатам работы судов типа «АНТ», оптимальная вместимость автомобильного парома составляет (для линии Кавказ – порты Турции) около 75 автопоездов.

4. Класс судна должен обеспечивать безопасную и рентабельную эксплуатацию в условиях Черного моря по заданным линиям (линии).

5. Предполагается перевозка вагонов на открытой верхней палубе. Груз должен быть безопасно раскреплён при любых возможных условиях перехода, в том числе и при наличии ошибки прогноза. Рекомендуется установка «развитого» фальшборта.

Погрузка-выгрузка вагонов должна осуществляться, как на всех черноморских паромах, спроектированных Морским Инженерным Бюро, в одной плоскости, что существенно удешевляет постройку судна и береговых терминалов.

6. Общая продольная прочность корпуса должна позволять производить грузовые операции вагонов двумя составами в один проход с минимальными затратами стояночного времени и с выполнением всех условий безопасной сцепки с береговой аппарелью по углу слома рельсов, углу крена и максимальной и минимальной просадки кормы парома.

7. Местная прочность корпуса должна быть обеспечена за счёт набора (рамные балки, переборки, пиллерсы, фермы) при рациональных распределении и схеме передачи нагрузки от вагонов с минимизацией толщины настилов, а также с учётом контакта конструкций кормовой оконечности с береговой аппарелью. Пиллерсы в грузовых помещениях должны быть исключены.

Прочность грузовой палубы железнодорожного парома должна обеспечивать перевозку железнодорожных цистерн и вагонов массой до 98 тонн на всех колеях.

Палубы автомобильного парома должны проектировать на нагрузку от автотехники на ось: 4 колеса на оси – 12 тонн и 2 колеса на оси – 10 тонн.

8. Перевозка автомобильных составов осуществляется как на верхней палубе, так и на втором дне. С целью сокращения потери полезной площади рекомендуется осуществлять перемещения машин в трюм с помощью грузового лифта.

9. Количество пассажиров (водителей и сопровождающих груз) должно быть примерно в два раза больше, чем количество грузовых автомобилей, которое может быть принято на борт. По опыту, для таких судов обязательно наличие бара, ресторана самообслуживания, магазина беспошлинной торговли и салона игровых автоматов.

10. Для пассажирских паромов длиной более 130 м требуется взлетно-посадочная площадка (ВПП) для приема вертолета без постоянного базирования. ВПП должна быть оснащена в соответствии с требованиями ICAO.

В целом, выбор основных элементов паромов **определяется путевыми условиями терминалов** и особенностями линии с целью достижения наиболее эффективной загрузки судна (коэффициента использования вместимости по вагонам или автопоездам), а также пассажировместимости для судов, имеющих возможность перевозки туристов.

Такой выбор, при всей его внешней субъективности, должен быть осуществлен из дискретного числа альтернатив, вполне объективно возникших на рынке как результат компромисса при выборе путей ограничений и количества вагонов (автопоездов).

Анализ подобных альтернатив позволил выстроить параметрический ряд железнодорожных и автомобильных паромов, объективно востребованных отечественными судовладельцами и на его основе разработать в МИБ проекты новых судов.

Версия такой линейки новых проектов дана в таблицах 3 и 4 (таблица 3 – основные типоразмеры, таблица 4 – схемы общих боковых видов параметрического ряда черноморских паромов).

Часть этих концептов уже были описаны в публикациях Бюро [2, 3, 4, 8], поэтому ниже приводятся описания только новых проектов, разработанных в 2013 году.

1. Паромы для линии «короткой» линии Кавказ-Крым

Автомобильно-пассажирский паром «классической» линии порт Кавказ – порт Крым проекта CNF12M предназначен для перевозки в салоне 300 пассажиров и всех видов автомобилей на палубе, включая грузовые автопоезда, различной колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, пассажиров, с кормовой и носовой схемой грузообработки для автомобилей (см. рисунок 2).

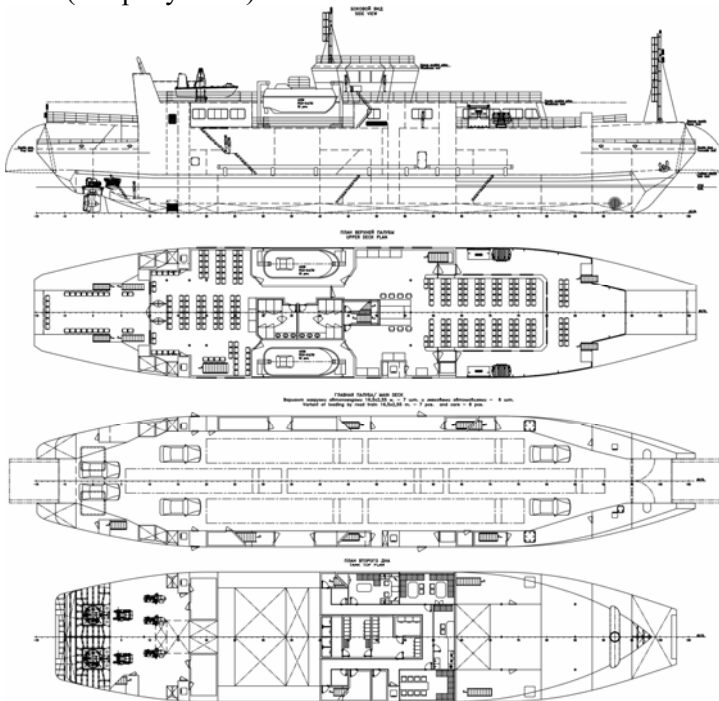


Рис. 2. Общее расположение автомобильно-пассажирского парома проекта CNF12M

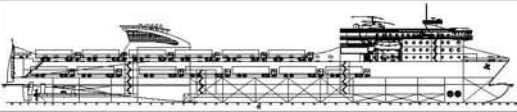
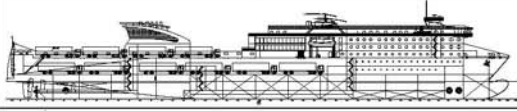

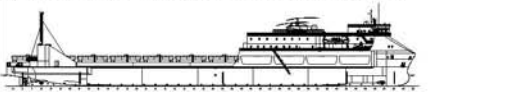
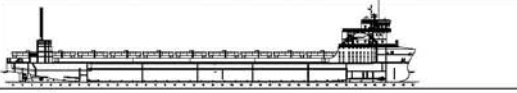

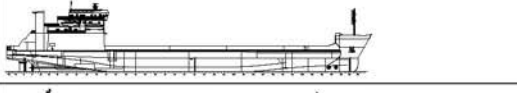
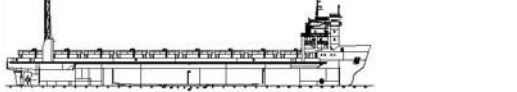
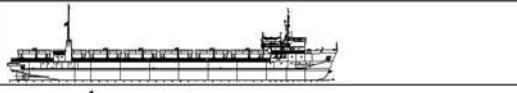


Таблиця 3
Основні типорозміри чорноморських паромов, спроєктованих Морським Інженерним Бюро

Одличительная особенность класса судна, номер проекта Морского Инженерного Бюро	Вид сбоку, номер рисунка (см. табл. 4)	Габаритные длина х ширина х высота борта, м	Осадка по Л.В.Д. м	Вместимость жд шквер / автомобилей / вместимость грузовые (легковые) / пассажировместимость	Протяженность рельсовых путей / линейные метры, м	Мощность главных двигателей, кВт	Скорость, узл.	Класс Регистра
Линия Кавказ-Крым («короткая»)								
CNF01	9	110,50×16,40×6,25	3,40	24-25 / - / 12	355 / -	2×650	10,0	KM ★ L1 □ П СП (вакатное)
CNF11	11	67,75×12,00×3,60	2,695	- / 4 (43) / 261	- / 200	2×588	12,0	★ M-СП 3,5 (диз 40)
CNF12M	10	69,61×14,00×4,00	2,70	- / 7 (40) / 300	- / 200	2×588	11,2	KM ☼ Ice 2 R2 Ro-ro passenger ship
Линия Кавказ-Борзя-Самсун-Поти								
CNF03	3	150,32×22,00×7,15	3,80	50 / - / 12	611 / -	3×900	10,0	KM ★ Icel R2 Ro-Ro ship
CNF06	8	133,67×22,00×8,00	4,80	48 / - / 12	559 / -	2×2200	12,0	KM ★ L1 R1 Ro-Ro ship
CNF09	6	149,95×22,00×8,00	4,50	50 / - / 12	631 / -	1×5500	12,0	KM + Ice 2 R2 Ro-Ro ship INF 2
CNF08	5	149,99×22,00×7,15	3,80	55 / - / 12	673 / -	2×2040	12,6	KM ☼ Icel R1 AUTI-C Ro-ro ship
CNF08P	4	149,99×22,00×7,15	4,00	55 / 52 (312) / 100	673 (главная палуба) / 1298 (без перевозки вагонов)	2×2040	12,6	KM ☼ Icel R1 AUTI-C HELIDECK Ro-ro passenger ship
CNF10	7	133,82×22,00×8,00	5,00	45 / - / 12	565 / -	2×3310	12,0	KM ★ L4 R2-RSN Ro-Ro ship
Линия ТПК-порты Черного моря								
CNF16B	1	184,50×26,40×9,00	6,50	- / 75 (530) / 200	- / 1994 (2682 с учетом съёмной платформы)	4×4640	22,0	KM ☼ AUTI-ICS OMBVO Ro-ro passenger ship
Кружная линия Сочи-ТПК-порты Черного моря («Крым - Кавказ» в предельной пооптанши)								
CNF16A	2	184,50×26,40×9,00	6,50	- / 50 (470) / 700	- / 1555 (2243 с учетом съёмной платформы)	4×6000	24,0	KM ☼ AUTI-ICS OMBVO Ro-ro passenger ship

Источник: Морское Инженерное Бюро

Таблиця 4

Схемы общих боковых видов параметрического ряда
черноморских паромов МИБ

№	Проект	Протяженность рельсовых путей / линейные метры, м	Вид сбоку
1	CNF16B	- / 1994 (2682 с учетом съемной платформы)	
2	CNF16A	- / 1555 (2243 с учетом съемной платформы)	
3	CNF03	611 / -	
4	CNF08P	673 (главная палуба) / 968	
5	CNF08	673 / -	
6	CNF09	631 / -	
7	CNF10	565 / -	
8	CNF06	559 / -	
9	002CNF01	355 / -	
10	CNF12M	- / 200	
11	CNF12	- / 200	

Источник: Морское Инженерное Бюро

Определяющим фактором выбора главных размерений судна является условие перевозки семи грузовых автомобилей с полуприцепами (автопоездов) и характеристики береговых пассажирских причалов портов Крым и Кавказ:

Представляет собой автомобильно-пассажирский паром без седловатости, двухвинтовой, с двойным дном, с кормовым расположением машинного отделения, со средним расположением рубки, с носовым подруливающим устройством.

Судно может совершать короткие международные рейсы. Район плавания – морские районы, соответствующие району плавания R2 (на волнении с высотой волны 3 %-й обеспеченности 7,0 м, с удалением от места убежища не более 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль).

Может перевозить одновременно семь автопоездов с полуприцепами длиной 12-13,5 м и шесть легковых автомобилей или 40 легковых автомобилей без грузовиков.

Пассажировместимость судна обеспечивает размещение водителей и пассажиров легковых автомобилей в количестве 200 человек (40 автомобилей по 5 человек) и пассажиров без автотранспорта в количестве 100 человек.

Для размещения пассажиров общей численностью 300 человек предназначаются сидячие места в двух закрытых салонах и на открытых палубах с тентом.

Для комфортного пребывания пассажиров на пароме предусмотрены:

- бар;
- буфетная;
- система вентиляции и кондиционирования;
- в пассажирский салонах установлены телевизоры и ведется трансляция телевизионных программ, также работает беспроводной интернет;
- комната «матери и ребенка» и детский уголок;
- отдельные санузлы для женщин и мужчин;
- лифт для инвалидов.

В составе экипажа судна 12 человек. При этом предполагается работа бригадным способом, экипаж будет проживать на берегу. Для экипажа обустроены дежурное помещение, помещение для подогрева пищи с возможностью хранения пищи, офис и кают-компания.

Автономность плавания по запасам топлива, моторного масла – 15 суток, по запасам провизии и воды – 5 суток.

Энергетическая установка состоит из:

- главной установки, состоящей из двух дизельных двигателей максимальной длительной мощностью по 588 кВт каждый, работающих на две полноповоротные винторулевые колонки с винтами фиксированного шага в пропульсивных насадках;

- вспомогательной установки в составе трех дизель-генераторов электрической мощностью 184 кВт каждого, аварийного дизель-генератора электрической мощностью 168 кВт.

Движение и управляемость судна обеспечивается двумя кормовыми полноповоротными винто-рулевыми колонками фирмы «Schottel» типа SPR 440FP с винтами фиксированного шага в насадках.

Мощность ГД передается на ВРК через упругий вал и гибкую муфту.

Мощность на входе к каждой ВРК – 588 кВт. Диаметр винта – 1450 мм, дисковое отношение – 0,7, число лопастей – 4, частота вращения 424 об./мин.

Для улучшения управляемости на малых ходах, при проходе узкостей и при швартовках на судне в носу предусматриваются подруливающее устройство типа «винт в трубе» мощностью 200 кВт.

Установлены две морские эвакуационные системы (МЭС) с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (с каждого борта). Пропускная эвакуационная способность до 582 человек за 30 минут. В составе МЭС на судне входят два самовосстанавливающихся спасательных плота (один с каждого борта) вместимостью по 101 человек каждый.

Для буксировки плотов применяется скоростная дежурная шлюпка вместимостью 15 человек, установлена на ПрБ.

В средней части судна по левому и правому бортам имеются две спасательные шлюпки вместимостью 52 человек каждая. Вместимость шлюпок достаточна для размещения не менее 30 % общего числа находящихся на борту людей (как для судна, совершающего короткие международные рейсы). Спуск шлюпок производится при помощи двухшарнирных гравитационных шлюпбалок. Спасательная шлюпка по левому борту может использоваться как дежурная.

На судне предусмотрены также два спасательных самовосстанавливающихся плота (один с каждого борта) вместимостью по 51 человек каждый. На верхней палубе в носовой части судна имеется сбрасываемый плот вместимостью 6 человек.

2. Паромы для линии Кавказ-Варна-Самсун-Поти

Автомобильно-железнодорожно-пассажирский паром проекта CNF08P создан для работы с железнодорожных терминалов порта Кавказ (существующий район порта Кавказ) на направлениях: российские порты Черного моря – порты Турции – порты Болгарии – порт Потти (см. рисунок 3).

Определяющим фактором выбора главных размерений судна являются путевые условия порта Кавказ и необходимость перевозки не менее 50 железнодорожных вагонов.

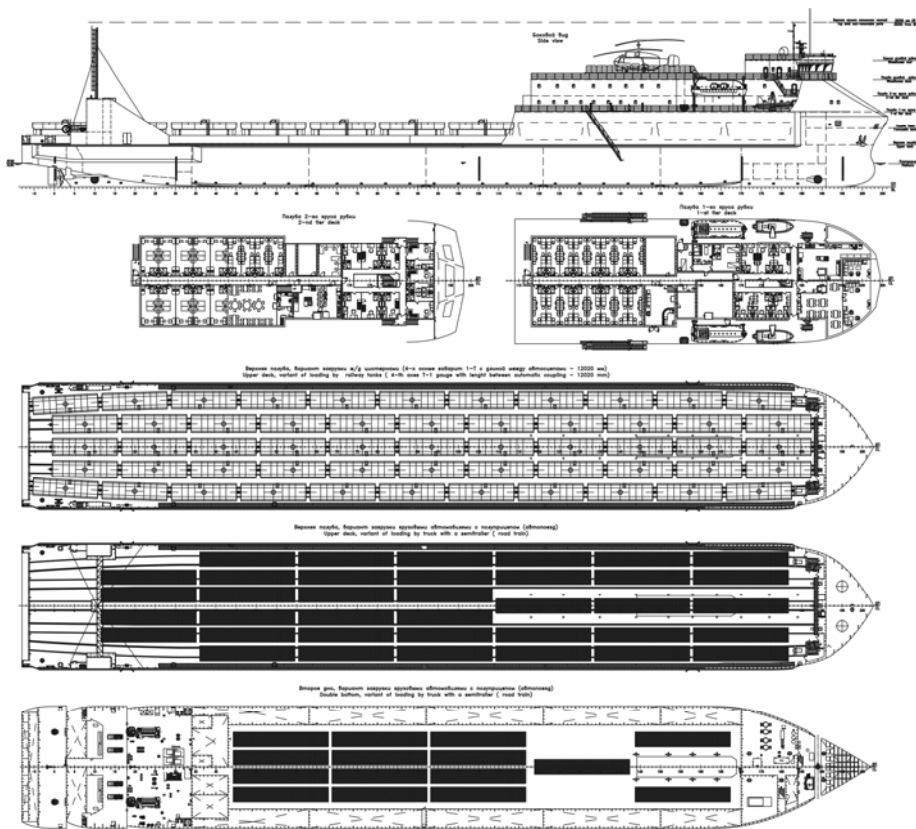


Рис. 3. Общее расположение автомобильно-железнодорожно-пассажирского паром проекта CNF08P

Представляет собой морской однопалубный автомобильно-железнодорожно-пассажирский паром без седловатости, двухвинтовой, с баком, с кормовым расположением машинного отделения и носовым расположением рубки, с двойным дном высотой 1400 мм, двойными бортами шириной 3295 мм, с кормовым и носовым подруливающим устройством, с цилиндрической носовой оконечностью и транцевой кормой.

Предназначен для перевозки железнодорожных составов российского стандарта с шириной колеи 1520 мм и европейского стандарта с шириной колеи 1435 мм, всех видов автомобилей, включая грузовые автосоставы, различной колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, пассажиров, с кормовой схемой грузообработки.

Может перевозить на верхней палубе не менее 55 железнодорожных вагонов массой 81 тонн или 50 железнодорожных вагонов массой 88 тонн, на верхней палубе и втором дне 52 автосостава массой 55 тонн или 312 легковых автомобилей (по 1,5 тонны каждый). Судно также предназначено для перевозки опасных грузов на открытой части верхней палубы.

На судне имеются каютные места с санузелом и душем в каждой каюте для размещения и перевозки до 100 пассажиров (водителей грузовиков): 20 – 2-4-х-местных кают и 10 – 2-х местных кают. Для пассажиров устроены отдельный камбуз с буфетной; ресторан на 50 посадочных мест (организация питания пассажиров в 2 смены); салон для отдыха с баром; интернет-кафе (с игровыми автоматами); магазин беспошлинной торговли (Duty free).

Прочность верхней палубе обеспечивает перевозку железнодорожных цистерн и вагонов массой до 98 т на всех колеях и всех видов автомобилей, включая грузовые автосоставы с 12 (13,5) м полуприцепными фурами и контейнерными платформами. В трюме на втором дне предусматривается перевозка всех видов автомобилей.

Район плавания – морские районы, соответствующие району плавания R1 (на волнении с высотой волны 3 %-й обеспеченности 8,5 м, с удалением от места убежища не более 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 400 миль).

Экипаж и обслуживающий персонал – 28 чел.

Автономность плавания по запасам топлива, моторного масла – 15 суток, по запасам провизии – 10 суток.

На судне устанавливаются 8 главных водонепроницаемых поперечных переборок, разделяющих корпус на 9 непроницаемых отсеков.

В носовой части судна имеются по левому и правому бортам спасательные шлюпки вместимостью 65 человек каждая, скоростная дежурная шлюпка вместимостью 15 человек. Предусмотрены также две современные морские эвакуационные системы (МЭС) с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (по 1 с каждого борта). Теоретическая пропускная эвакуационная способность до 582 чел. за 30 минут. В составе МЭС на судне предусматриваются 2 спасательных плота (один с каждого борта) вместимостью по 101 чел. каждый.

На судне также предусматриваются 2 спасательных самовосстанавливающихся плота (один с каждого борта) вместимостью по 51 чел. каждый. Сбрасываемый плот вместимостью 6 чел. устанавливается на верхней палубе в корме.

Транец судна выполнен с рецессом у верхней палубы для стыковки с береговой аппаратурой паромных комплексов. Для погрузки/выгрузки автотехники с верхней палубы на второе дно предусмотрен грузовой лифт грузоподъемностью 55 т длиной 17,40 м.

Энергетическая установка состоит из:

- главной установки, состоящей из двух дизельных двигателей максимальной номинальной длительной мощностью ок. 2040 кВт при частоте 1000 мин⁻¹, работающих через реверс-редукторы на 2 винта фиксированного шага;

- вспомогательной установки в составе четырех дизель-генераторов электрической мощностью по 300 кВт каждый и аварийного дизель-генератора мощностью около 168 кВт;

- котельной установки состоящей из одного термального котла производительностью около 1000 кВт и инсинератора.

В качестве топлива применяются тяжелое топливо IFO380 вязкостью 380 сСт при 50 °С с температурой вспышки более 60 °С.

В средней части судна на уровне крыши рулевой рубки имеется взлетно-посадочная площадка для приема вертолета.

3. Паромы для перспективной линии ТПК – порты Черного моря

Автомобильно-пассажирский паром проекта CNF16B (см. рисунок 4), который имеет размеры, соответствующие перспективному району порта Кавказ (ТПК – Таманский паромный комплекс) на направлениях порт Кавказ – порты Турции – порты Болгарии) и предназначен для перевозки не менее 75 автосоставов с их водителями и сопровождающими груз, а также туристов с автомобилями (всего до 200 пассажиров).

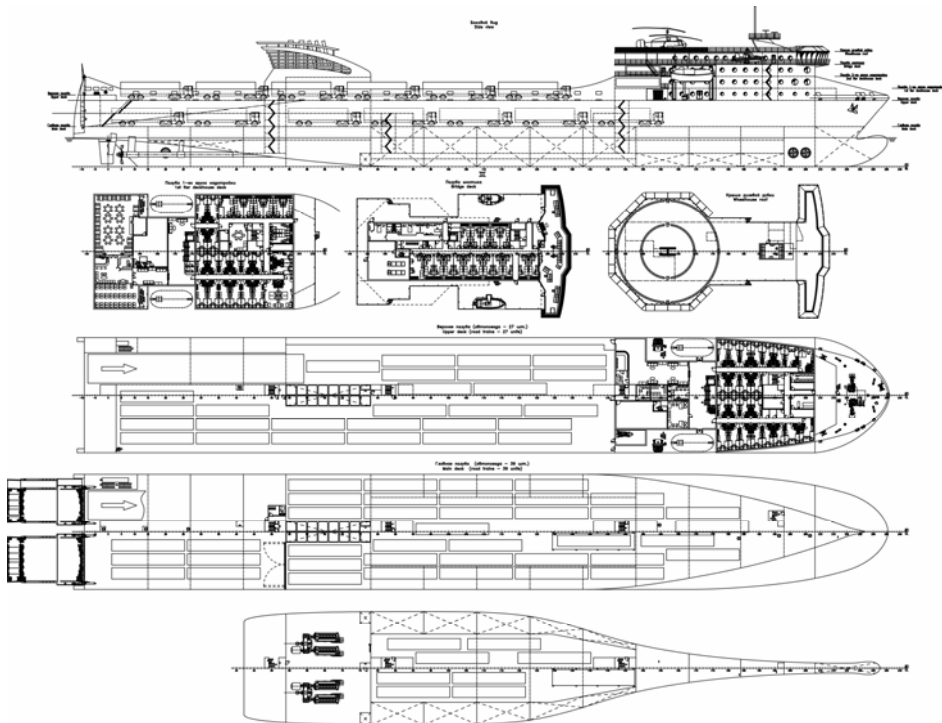


Рис. 4. Общее расположение автомобильно-пассажирского парома проекта CNF16B

Главные размерения судна не превышают максимальных параметров расчетного судна (типа «Герои Шипки») принятого для нового паромного комплекса порта Кавказ (третья очередь строительства порта «Тамань»), но с меньшей осадкой по грузовую марку (6,5 м вместо 7,4 м как у «Героев Шипки»).

Они также позволяют работать парому в основных черноморских портах Турции (Стамбул, Самсон, Трабзон), Болгарии (Бургас, Варна) и строящегося причала для судов ро-ро порта Сочи.

Это трехпалубный паром неограниченного района плавания, с бульбообразной носовой оконечностью и транцевой кормой, с избыточным надводным бортом, с носовым расположением жилой надстройки, машинным отделением, смещенным в корму, с двухвинтовой дизельной пропульсивной установкой, кормовым подруливающим устройством, и двумя носовыми подруливающими устройствами.

Предназначен для перевозки всех видов автомобилей, включая грузовые автосоставы с 12 (13,5) м полуприцепными фурами и контейнерными платформами, различной колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, пассажиров, с кормовой схемой грузообработки. Обеспечивается перевозка не менее 75 автосоставов (55 тонн каждый) на главной, верхней и нижней палубах. Судно может перевозить опасные грузы на открытой части верхней палубы. Имеется возможность установки между верхней и главной палубой подвесных платформ для перевозки легковых автомобилей.

Судно может перевозить:

- автопоезда с полуприцепами длиной 12-13,5 м массой 55 т – 75 единиц;
- легковые автомобили, включая размещение на подвесных платформах – 530 единиц.

Для погрузки / выгрузки автотехники предусмотрены две кормовые аппарели (на главную палубу и на пандус верхней палубы). Конструкция аппарелей (включая пассажирскую) в закрытом положении формирует кормовые закрытия, непроницаемые при воздействии моря. Автомобильные аппарели рассчитаны на нагрузки аналогичные расчётным нагрузкам от автомобилей на главную палубу. Максимальный угол отклонения аппарелей от горизонта в рабочем положении от -10° до 5° .

Пассажировместимость судна обеспечивает размещение водителей автопоездов в количестве до 150 человек (75 автопоездов по 2 водителя) и дополнительных 50 пассажирских мест (сопровождающие груз и другие).

Для размещения пассажиров общей численностью 200 человек предназначаются:

- 2 улучшенные одноместные каюты с санузлом;
- 10 улучшенных двухместных кают с санузлом (включая каюту для людей с ограниченными возможностями);

- 32 двухместные (конвертируемые в четырёхместные) каюты с санузлом;
 - 50 мест для сидения в салоне.
- Для пассажиров предусмотрены:
- камбуз с буфетной;
 - ресторан на 104 посадочных места (организация питания пассажиров в 2 смены);
 - салон для отдыха с баром;
 - интернет-кафе (с игровыми автоматами);
 - магазин беспошлинной торговли (Duty free);
 - багажная кладовая;
 - два общественных туалета;
 - общественный туалет для людей с ограниченными возможностями;
 - туалетная комната с душевыми для пассажиров с местами в салоне.

В составе экипажа судна 8 человек командного состава и 10 человек рядового состава, а также 24 человека обслуживающего персонала.

Дальность плавания – около 2000 миль (2 круговых рейса для самой протяженной линии порт Кавказ – порт Бургас).

Эксплуатационная скорость хода 20 узлов была принята по условию продолжительности рейса менее 24 часов: порт Кавказ – порт Бургас 23 часа (около 450 миль); порт Кавказ – порт Варна 21 час (около 420 миль); порт Кавказ – порт Стамбул 22 часа (около 430 миль); порт Кавказ – порт Самсун 13 часов (около 250 миль); порт Кавказ – порт Трабзон 15 часов (около 300 миль). При этом максимальная скорость хода, исходя из необходимого резерва времени рейса, составляет 22 узла.

Энергетическая установка состоит из:

- главной установки, состоящей из четырех дизельных двигателей максимальной длительной мощностью 4640 кВт каждый, работающих через два редуктора на винты регулируемого шага;
- вспомогательной установки в составе двух основных дизель-генераторов электрической мощностью 1140 кВт каждый, двух валогенераторов электрической мощностью 3500 кВт каждый, и аварийного дизель-генератора электрической мощностью 250 кВт.

В качестве топлива применяется тяжелое топливо IFO380 вязкостью 380 сСт при 50 °С с температурой вспышки более 60 °С.

В кормовой части судна установлены два винта регулируемого шага и два подвесных руля сварной конструкции, обеспечивающие судну спецификационную скорость и управляемость. Для улучшения управляемости на малых ходах, при проходе узкостей и при швартовках на судне предусматривается два носовых и одно кормовое подруливающих устройства типа «винт в трубе» с винтом фиксированного шага мощность по 1000 кВт.

Паром оснащён двумя спасательными шлюпками по 40 человек каждая, скоростной дежурной шлюпкой на 15 человек и дежурная шлюпка на 6 человек, а также двумя морскими эвакуационными системами (МЭС) с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (по 1 с каждого борта) с пропускной эвакуационной способностью до 582 чел. за 30 минут. В составе МЭС входят два самовосстанавливающихся спасательных плота (один с каждого борта) вместимостью по 51 чел. каждый. Кроме того, в корме установлен дополнительный сбрасываемый плот вместимостью 6 чел.

Для приема пассажиров используется кормовая пассажирская аппарель на главной палубе с левого борта. Для подъёма на верхнюю палубу - эскалатор (дублируется трапом).

В средней части судна на уровне крыши рулевой рубки имеется взлетно-посадочная площадка для приема вертолета.

4. Круизные паромы для перспективной линии Сочи - ТПК – порты Черного моря

Автомобильно-пассажирский паром проекта CNF16A (см. рисунок 5) для линии порт Сочи – ТПК – порты Черного моря предназначен для перевозки туристов с легковыми автомобилями, а также 50 автосоставов с их водителями и сопровождающими груз (всего до 700 пассажиров).

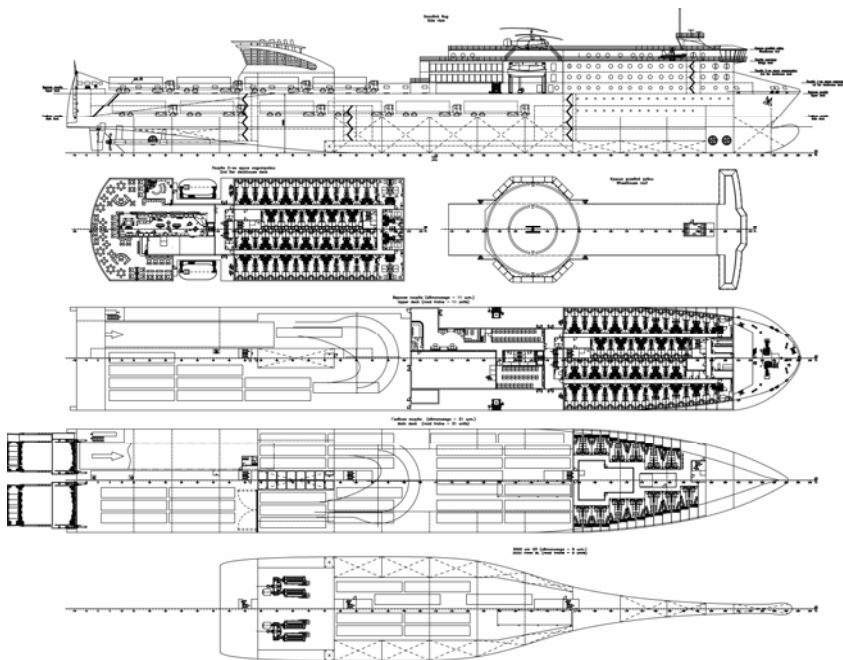


Рис. 5. Общее расположение круизного автомобильно-пассажирского парома проекта CNF16A

Главные размерения судна не превышают максимальных параметров расчетного судна («Color Fantasy») для строящегося причала для судов ро-ро порта Сочи и типа «Герои Шипки» принятого для нового паромного комплекса порта Кавказ (третья очередь строительства порта «Тамань»), но с меньшей осадкой по грузовую марку (6,5 м вместо 7,4 м как у «Героев Шипки»).

Они также позволяют работать парому во всех основных черноморских портах, в том числе в России (Кавказ, Новороссийск), Украины, Турции (Стамбул, Самсон, Трабзон), Болгарии (Бургас, Варна).

Фактически этот проект является, по сути, пассажирско-грузовым, ориентированным на туристов, перемещающихся на своих машинах, поэтому для них предусмотрено 600 мест, а остальные 100 – для водителей грузовиков и сопровождающих груз. Поэтому судно более скоростное, имеет более мощные двигатели, и, конечно, более комфортное.

Кроме того, он спроектирован так, чтобы обеспечить работу не только порта Сочи, но и порта Кавказ, да и в целом Ro-Rax линии Черного моря.

Представляет собой трехпалубный паром неограниченного района плавания, с бульбообразной носовой оконечностью и транцевой кормой, с избыточным надводным бортом, с носовым расположением жилой надстройки, машинным отделением, смещенным в корму, с двухвинтовой дизельной пропульсивной установкой, кормовым подруливающим устройством, и двумя носовыми подруливающими устройствами.

Предназначен для перевозки туристов с автомобилями (до 470 машин), а также грузовые автосоставы с 12 (13,5) м полуприцепными фурами и контейнерными платформами, различной колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, с кормовой схемой грузообработки. Обеспечивается перевозка не менее 50 автосоставов (55 тонн каждый) на главной, верхней и нижней палубах. Судно может перевозить опасные грузы на открытой части верхней палубы.

Для размещения пассажиров общей численностью 700 человек предназначаются:

- 10 улучшенные одноместные каюты;
- 24 улучшенных двухместных кают, включая 2 каюты для людей с ограниченными возможностями;
- 140 двухместных (конвертируемые в четырёхместные) кают;
- 100 мест для сидения в 2-х салонах;
- ресторан на 350 посадочных места (организация питания пассажиров в 2 смены);
- камбуз с буфетной;
- салон для отдыха с баром и игровыми автоматами;
- интернет-кафе;
- магазин беспошлинной торговли (Duty free);
- детская игровая комната;
- конференц зал;

- багажная кладовая;
- 5 общественных туалетов;
- общественный туалет для людей с ограниченными возможностями;
- для пассажиров с местами в салоне 2 туалетных комнаты с душевыми (отдельные для мужчин и женщин), плюс дополнительный туалет и душ.

Судно может перевозить:

- легковые автомобили, включая размещение на подвесных платформах – 470 единиц.
- автопоезда с полуприцепами длиной 12-13,5 м массой 55 т – 50 единиц;

Для погрузки / выгрузки автотехники предусмотрены две кормовые аппарели (на главную палубу и на пандус верхней палубы). Конструкция аппарелей (включая пассажирскую) в закрытом положении формирует кормовые закрытия, непроницаемые при воздействии моря. Автомобильные аппарели рассчитаны на нагрузки аналогичные расчётным нагрузкам от автомобилей на главную палубу. Максимальный угол отклонения аппарелей от горизонта в рабочем положении от -10° до 5° .

Пассажировместимость судна обеспечивает размещение водителей автопоездов в количестве до 100 человек (50 автопоездов по 2 водителя).

В составе экипажа судна 108 человек: 10 человек командного состава; 12 человек рядового состава; 86 человек обслуживающего персонала.

Для размещения экипажа на судне предусматриваются следующие одноместные каюты с естественным освещением:

- 4 одноместные блок-каюты для капитана, старшего помощника капитана, старшего механика и директора обслуживающего персонала; каждая блок-каюта состоит из кабинета-салона, спальни и санузла;
- 6 улучшенных одноместных кают с санузлом для командного состава;
- 12 одноместных кают с санузлом для рядового состава;
- 46 двухместных кают с санузлом для обслуживающего персонала (включая 3 резервные каюты).

Также предусматриваются каюта лоцмана и каюта судовладельца.

Для экипажа и обслуживающего персонала предусмотрены все необходимые помещения:

- камбуз (общий для экипажа и пассажиров);
- салон для отдыха экипажа;
- кают-компания;
- столовая команды;
- провизионные кладовые;
- прачечная;
- сушильная;

- гладильня;
- помещения прозодежды;
- общественный туалет;
- две сауны с душевыми (отдельные для мужчин и женщин);
- внутренний бассейн;
- тренажерный зал;
- четыре судовых офиса;
- амбулатория;
- стационар на два места;
- изолятор на одно место.

Дальность плавания – около 2000 миль (2 круговых рейса для самой протяженной линии порт Сочи – порт Стамбул).

Эксплуатационная скорость хода 21 узел принимается по условию продолжительности рейса менее 24 часов: порт Сочи – порт Стамбул до 24 часов (около 500 миль); порт Сочи – порт Самсун 10 часов (около 200 миль); порт Сочи – порт Трабзон 8 часов (около 160 миль). Максимальная скорость хода, исходя из необходимого резерва времени рейса, должна составлять около 24 узлов.

Энергетическая установка состоит из:

- главной установки, состоящей из четырех дизельных двигателей максимальной длительной мощностью 6000 кВт каждый, работающих через два редуктора на винты регулируемого шага;

- вспомогательной установки в составе двух основных дизель-генераторов электрической мощностью 1500 кВт каждый, двух валогенераторов электрической мощностью 4000 кВт каждый, и аварийного дизель-генератора электрической мощностью 400 кВт;

- вспомогательной котельной установки в составе двух термальных котлов теплопроизводительностью около 2000 кВт каждый, работающих на жидком топливе, четырех термальных утилизационных котлов теплопроизводительностью 1500 кВт каждый и одного инсинератора.

В качестве топлива применяется тяжелое топливо IFO380 вязкостью 380 сСт при 50 °С с температурой вспышки более 60 °С.

В кормовой части судна установлены два винта регулируемого шага и два подвесных руля сварной конструкции, обеспечивающие судну спецификационную скорость и управляемость. Для улучшения управляемости на малых ходах, при проходе узкостей и при швартовках на судне предусматривается два носовых и одно кормовое подруливающих устройства типа «винт в трубе» с винтом фиксированного шага мощность по 1200 кВт.

На судне по каждому борту установлены две спасательные шлюпки по 150 человек каждая вместимостью. Предусмотрена скоростная дежурная шлюпка вместимостью 15 человек с ПрБ и дежурная шлюпка вместимостью 6 человек по ЛБ. Установлены две морские эвакуационные системы (МЭС) с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (по 1 с каждого борта) с пропускной эвакуа-

ционной способностью до 734 чел. за 30 минут. В составе каждой МЭС имеются два самовосстанавливающихся спасательных плота вместимостью по 101 чел. каждый, а также сбрасываемый плот вместимостью 6 чел. в корме. Посадка в шлюпки и плоты (с помощью МЭС) осуществляется с мест сбора на верхней палубе по правому и левому бортам. Дополнительно для посадки в шлюпки и плоты могут быть применены шторм-трапы. Предусмотрено средство подъема людей из воды, обслуживаемое СПУ дежурной шлюпки.

Для приема пассажиров используется кормовая пассажирская аппарель на главной палубе с левого борта. Для подъема на верхнюю палубу-эскалатор (дублируется трапом).

В средней части судна на уровне крыши рулевой рубки имеется взлетно-посадочная площадка для приема вертолета.

Использование новых паромов. С 2004 по 2013 г. судоходная компания «Аншип» на двух 25-ти вагонных паромах проекта 002CNF01 «Петровск» и «Анненков» перевезла на линии Кавказ-Крым 12 млн. тонн груза, при этом за одни сутки судами совершалось до 6 рейсов. Основным родом груза, перевозимого переправой из Украины, является глинозем, а в обратном направлении – нефтепродукты. По оценкам СКЖД, грузооборот может достичь 2,2 млн. тонн грузов в год.

С мая 2007 года на линии Кавказ – Поти работают паромы проекта CNF03, в 2013 году к ним присоединился паром проекта CNF10. Линейное морское паромное сообщение осуществляется с заходом в порты по 4 раза в месяц. Отправление из порта Кавказ – еженедельно по понедельникам; отправление из порта Поти – еженедельно по четвергам. На начальном этапе было перевезено 239 тыс. тонн грузов. Планируемый максимальный годовой объем перевозимых грузов для каждого парома порядка 750 тыс. тонн. Паромная линия Кавказ – Поти представляет стратегический интерес для ОАО «РЖД», которая получила в концессию Армянские железные дороги сроком на 30 лет, с правом пролонгации договора еще на 20 лет.

Соглашение о прямом транспортном сообщении между портами Кавказ и Варна было подписано в ходе официального визита президента России в Болгарию в январе 2008 года и в течение года проект был успешно реализован. На первом этапе планировалось перевозить паромами до 150 тыс. тонн груза в год, в дальнейшем – 500 тыс. тонн в год, максимальные возможности переправы – около 2 млн. тонн. Основные грузы в направлении Болгарии – сжиженный газ, нефтепродукты, масло техническое, стекло и химические продукты, из Болгарии – сборные грузы и товары народного потребления. К февралю 2013 года объем перевозок составил свыше 13 тыс. вагонов и более 270 тыс. тонн различных видов грузов. Периодичность рейсов паромов проектов CNF06 и CNF09 – 2 раза в неделю. Время в пути – от 36 до 40 часов.

С января 2011 года на линии Кавказ – Самсун работают паромы проекта CNF03, в 2013 году к ним присоединился паром проекта CNF10. Линия позволяет осуществлять доставку грузов из Турции в Россию, а также страны Средней Азии и обратно в самые кратчайшие сроки и с наименьшими затратами. За 2011 год выполнено 7 рейсов по линии Самсун – Кавказ и перевезено 11 тыс. тонн грузов. За 2012 год – 18 рейсов и перевезено 65 тыс. тонн грузов. Планируемая мощность линии составит порядка 500 тыс. тонн грузов в год, с перспективой увеличения грузопотока до 3-3,5 млн. тонн в год.

Помимо железнодорожной паромной переправы Кавказ – Крым работает Керченская авто-пассажирская паромная переправа, на которой работают три судна: пассажироместимостью 260 человек «Керченский-1» (1975 года постройки) и «Керченский-2» (1978 год), а также «Ейск» (1988 год) на 120 пассажиров. В декабре 2013 года на линию встал новый паром проекта CNF12 «Николай Аксененко», который сможет обеспечить безопасную и комфортную перевозку 261 пассажира и 43 легковых автомобилей.

Интервал движения паромов не превышает трех часов, а в летнее время за счет увеличения количества рейсов он сокращается до двух часов. Продолжительность парома в пути – 20-30 минут. Приблизительная загруженность одного парома в зимний период – несколько грузовых, порядка 20-ти легковых автомашин, 10 автобусов и до 250-300 пассажиров за один рейс. В период курортного сезона грузо- и пассажиропоток увеличивается в 8 раз. За год на линии перевозятся более 200 тыс. пассажиров и около 700 тонн груза.

В целом конкуренция на черноморском рынке паромных услуг заметно обостряется, только в 2013 году было открыто шесть линий.

Экономическая эффективность новых паромов. ЦНИИ морского флота осуществил анализ экономической эффективности эксплуатации паромов предлагаемой линейки.

При создании расчетной модели предполагалось, что железнодорожно-автомобильно-пассажирский паром CNF08P будет работать на линиях Кавказ – Варна и Кавказ – Самсун (как уже эксплуатируются его предшественники, паромы проектов CNF03, CNF06, CNF09, CNF10).

Автомобильно-пассажирский паром проекта CNF16B – на линиях ТПК – Стамбул, ТПК – Варна (Вариант 1) и ТПК – Самсун, ТПК – Трабзон (Вариант 2).

Автомобильно-пассажирский круизный паром проекта CNF16A – на линиях Сочи – Трабзон – Самсун – Стамбул – Сочи (Вариант 1) и Сочи – Стамбул (Вариант 2).

Автомобильно-пассажирский паром проекта CNF12M – на линии порт Кавказ (Россия) – порт Крым (Украина) – порт Кавказ (Россия).

В результате выполненного моделирования работы железнодорожный паром проекта CNF08P будет еженедельно выполнять 2 рейса, чередуя направления Кавказ – Варна и Кавказ – Самсун. Автопассажир-

ский паром проекта CNF16B в варианте 1 еженедельно выполнять 3 рейса, из которых два на направлении Кавказ – Варна и 1 на направлении Кавказ – Стамбул, а в варианте 2 еженедельно выполнять 4 рейса, из которых два на направлении Кавказ – Самсун и 2 на направлении Кавказ – Трабзон. Автопассажирский круизный паром проекта CNF16A будет в варианте 1 еженедельно выполнять 1 круговой рейс Сочи – Трабзон – Самсун – Стамбул – Сочи (с учетом снижения потребности в круизных рейсах в зимний период); в варианте 2 еженедельно выполнять 2 рейса на направлении Сочи – Стамбул. Автопассажирский паром проекта CNF12M будет выполнять в среднем 3 рейса в сутки на переправе Кавказ – Крым (с учетом меньшей загруженности переправы в зимнее время).

Результаты выполненных ЦНИИМФ эксплуатационно-экономических расчетов при расчетных коэффициентах загрузки судов 0,9, 0,8, и 0,7 следующие:

- железнодорожный паром типа CNF08P при работе на линиях Кавказ – Варна и Кавказ – Самсун имеет срок окупаемости капитальных вложений 4,8, 6,8 и 8,6 года соответственно;

- автопассажирский круизный паром CNF16A при работе на линии Сочи – Трабзон – Самсун – Стамбул – Сочи имеет срок окупаемости капитальных вложений 7,0, 10,6 и 14,2 года соответственно;

- он же при работе на линии Сочи – Стамбул имеет срок окупаемости капитальных вложений 3,2, 4,4 и 5,5 года соответственно;

- автопассажирский паром CNF12M при работе на линии Кавказ – Крым имеет срок окупаемости капитальных вложений 3,3, 5,7 и 8,9 года соответственно.

Выводы. С учетом того, что моделирование осуществлялось на основе фактических данных, полученных от судоходных компаний, и использовались реальные строительные стоимости судов на российских заводах, можно отметить, что предлагаемый параметрический ряд черноморских паромов вполне жизнеспособен, что собственно и подтверждают уже построенные по этой «линейке» в период с 2002 года по 2013 год 8 паромов проектов 002CNF01, CNF03, CNF06, CNF09, CNF10 и CNF12.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волков Ю.П. Железнодорожные паромы // Судостроение. – 1977. – № 9. – С. 15-20.
2. Егоров Г.В. Прочностные проблемы проектирования железнодорожных паромов для Каспия // Труды НТК по СМК памяти акад. Ю.А. Шиманского. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2003. – С. 18-19.
3. Егоров Г.В., Автутов Н.В., Черников Д.В. Железнодорожные паромы проектов CNF06 и CNF09 для линии Кавказ – Варна // Судостроение. – 2012. – № 1. – С. 47-55.

4. Егоров Г.В., Чистяков И.М., Автутов Н.В. Железнодорожный паром вместимостью 50 вагонов для Черного моря // Судостроение и судоремонт. – 2007. – № 4(25). – С. 8-18.
5. Ермакова Е. Паромные переправы «закольцуют» Черное море // Морские порты. – 2010. – № 3(84). – С. 42-45.
6. Иринеев М. Забытая переправа // Морской Флот. – 1989. – № 2. – С. 5-7.
7. Моргенштерн Р. Паромные перевозки Балтики и Черного моря // Порты Украины. – 2013. – № 7 (129). – С. 36-38.
8. «Avangard» объединяет Черное море. Открыта новая судоходная линия порт Кавказ – Варна / И.М. Чистяков, Г.В. Егоров, С.Ю. Добряков, Н.В. Автутов, Д.В. Черников // Судостроение и судоремонт. – 2009. – № 4-5 (30-31). – С. 28-31.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична і прикладна механіка» Одеського національного морського університету
В.О. Гришин

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

УДК 629.12

Г.В. Егоров, А.Г. Егоров

РИСК В ЭКСПЛУАТАЦИИ И НАДЕЖНОСТЬ КОРПУСОВ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ ПРОЕКТОВ 21-88 И 21-89

Выполнен анализ происшедших с 1991 года по настоящее время аварий с сухогрузными судами проектов 21-88, 21-89 (так называемые «Чешки»). Всего было обработано 124 аварийных случая. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 37 лет с пиком аварий для судов возрастом 40-45 лет. Установлено, что главной опасностью является водотечность непроницаемого корпуса.

Ключевые слова: суда внутреннего плавания, суда смешанного река-море плавания, анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность.

Виконаний аналіз аварій, які трапились, починаючи з 1991 року по теперішній час із суховантажними суднами проектів 21-88, 21-89 (так звані «Чешки»). Усього було оброблено 124 аварійних випадків. Виявлені основні небезпеки, які привели до аварій або катастроф. Спостерігається стійкий зріст аварійності для суден віком більше, ніж 37 років з піком аварій для суден віком 40-45 років. Встановлено, що головною небезпекою є водотічність непроникного корпусу.

Ключові слова: судна внутрішнього плавання, судна змішаного ріка-море плавання, аналіз ризику, небезпеки, збиток, проектування, надійність.

The analysis of failures with hulls of vessels of 21-88, 21-89 projects (so-called «Cheshka» type vessels) occurred since 1991 till present time is executed. 124 emergency cases of vessels were analyzed. Basic dangers, resulting both in failures and casualties, are exposed. Steady growth of breakdown is observed for vessels older than 37 years with peak of accidents at 40-45 aged vessels. It is established that the main danger is permeability of hull structures.

Keywords: inland vessels, river-sea vessels, risk analysis, dangers, damage, design, reliability.

Постановка проблемы. К августу 2014 года в эксплуатации находятся уже 78 новых танкеров река-море плавания, построенных с 2002 года по проектам Морского Инженерного Бюро.

Наиболее востребованными были и остаются суда «Волго-Дон макс» класс [3, 11, 12, 15, 16] (максимально соответствующий габаритам шлюзов Волго-Донского судоходного канала – ВДСК) с расширенным спектром возможностей – от первого района Российского морского регистра судоходства (РС) до класса «М-ПР» Российского Речного Регистра (РРР), включая перевозку нефти и нефтепродуктов, растительного масла, других наливных химических грузов, а также на ряде проектов и сухих грузов.

105 сухогрузных судов внутреннего плавания типа «Калининград» проекта 21-88 и типа «Рефрижератор» проекта 21-89 (обычно все такие суда называют «Чешками») габаритными размерами (длиной x шириной x высотой борта x осадкой) 103,62 x 12,20 x 4,90 x 3,00 м класса Речного Регистра «О» с допускаемой высотой волны 2,0 м были построены с 1962 по 1968 год в Чехословакии, на верфи Словенске Лоденице в г. Комарно по проекту, разработанному КБ верфи в 1959-1960 годах. В свое время составляли, как и известные суда типа «Волго-Дон» и «Волго-Балт» ранних серий, основу отечественного сухогрузного речного флота.

На дату подготовки публикации (май 2014 года) в эксплуатации находилось 62 судна проектов 21-88 и 21-89 (одно из судов переоборудовано в стоечное и работает на Днестре). Из них 5 в негодном техническом состоянии. За прошедшие годы 37 судов были переклассифицированы из речных в суда смешанного река-море плавания (М-СП – 4 судна, М-ПР – 12 судов, О-ПР – 15 судов, R3-RSN – 4 судна, R2-RSN – 2 судна). Всего в классе РРР эксплуатируется 50 судов, остальные – под другими классами Классификационных обществ. В последние годы наблюдается тенденция возвращения судов такого типа на реки, что связано с их ограниченным эксплуатационным ресурсом и ограниченной возможностью эксплуатации в морских условиях. Средний возраст находящихся в эксплуатации судов проектов 21-88 и 21-89 составляет 49,3 года.

Безусловно, столь солидный возраст для грузовых судов, активно эксплуатирующихся на внутренних водных путях России, не может не оказать влияние на надежность их корпусов, устройств, систем и соответственно не раз приводил к авариям с гибелью людей и загрязнением окружающей среды. Однако на них до сих пор осуществляются перевозки, в том числе и опасных грузов.

Целью статьи является анализ происшедших с 1991 года по настоящее время аварий с корпусами сухогрузных судов проектов 21-88 и 21-89. Были рассмотрены происшествия, которые связаны с корпусом и устройствами, а также с пожарами и взрывами.

Изложение основного материала. Суда проектов 21-88 и 21-89 стальные, однопалубные, двухвинтовые грузовые, без седловатости, с двойным дном высотой 800 мм, с одинарным бортом, с баком и ютом, с машинным отделением, жилой и рулевой рубками, расположенными в корме, с 4 грузовыми трюмами, предназначены для перевозки угля, концентратов, апатитов, зерна, соли, леса и генеральных грузов.

Мидель-шпангоут судна приведен на рисунке 1. Шпация поперечного набора в средней части составляет классические для судов смешанного плавания 550 мм, в носовом районе 0-23 шп. – 400 мм, в кормовом районе 177-189 шп – 500 мм. Для судового корпуса были использована сталь с пределом текучести 235 МПа¹, для продольного комингса – сталь с пределом текучести 380 МПа. Система набора смешанная – днище (19-180 шп.), второе дно (19-147 шп.), палуба (1-166 шп.) набраны по продольной системе набора; днище (0-19 шп. и 180-189 шп.) и борт – по поперечной системе набора.

Толщины листов обшивки: бортов – 8 мм, днища – 7, 8 мм; палубы – 6, 8, 10 мм; ледовый пояс в носовой части – 10 мм; ледовый пояс в кормовой части – 9 мм. Толщина настила второго дна – 7 мм². Основной набор (шпангоуты, продольные ребра жесткости второго дна, днища, верхней палубы) сделан из полособульбов 10. Толщина стенки флора, днищевого стрингера, рамного шпангоута, бортового стрингера, рамного бимса – 6 мм. Толщина стенки вертикального кила – 8 мм. Рамные шпангоуты в районе грузовых трюмов установлены через три шпации.

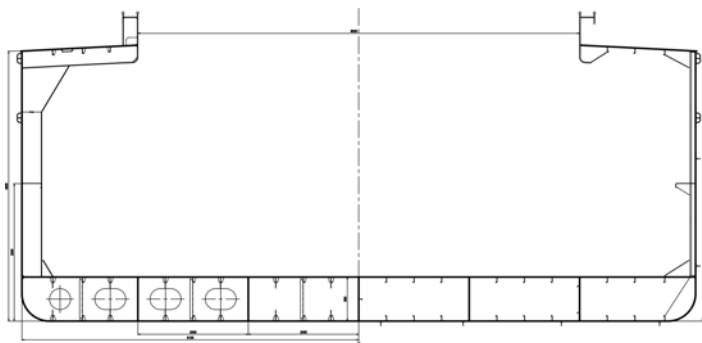


Рис. 1. Мидель-шпангоут судна проекта 21-88

Суда проектировались по требованиям класса «О», соответственно ресурс по износу при условии работы корпуса в этом же классе составляет, как правило, 24 года и более. Эксплуатация в классе «М» (т.е. через Ладогу и Онегу) снизила ресурс всех поясьев наружной обшивки толщиной 7 мм до 13-24 лет. По нисходящей, при обеспечении выхода судов в море в классе «М-ПР» – ресурс составил от 10 лет, в классе «М-СП» – от 5 лет (но не более 20 лет). Понятно, что имея по еще находящимся в работе судам средний возраст около 50 лет, эксплуатацию в классах смешанного река – море плавания и в классе «М» проектов 21-88 и 21-89 можно представить только после существенного ремонта, с заменой до 60-70% конструкций (см. рисунок 2).

¹ Причем на части судов по специальному разрешению была применена кипящая сталь, что для послевоенной практики мирового судостроения является совершенно уникальным (и опасным) явлением

² Для работы грейферами толщина совершенно не достаточна.

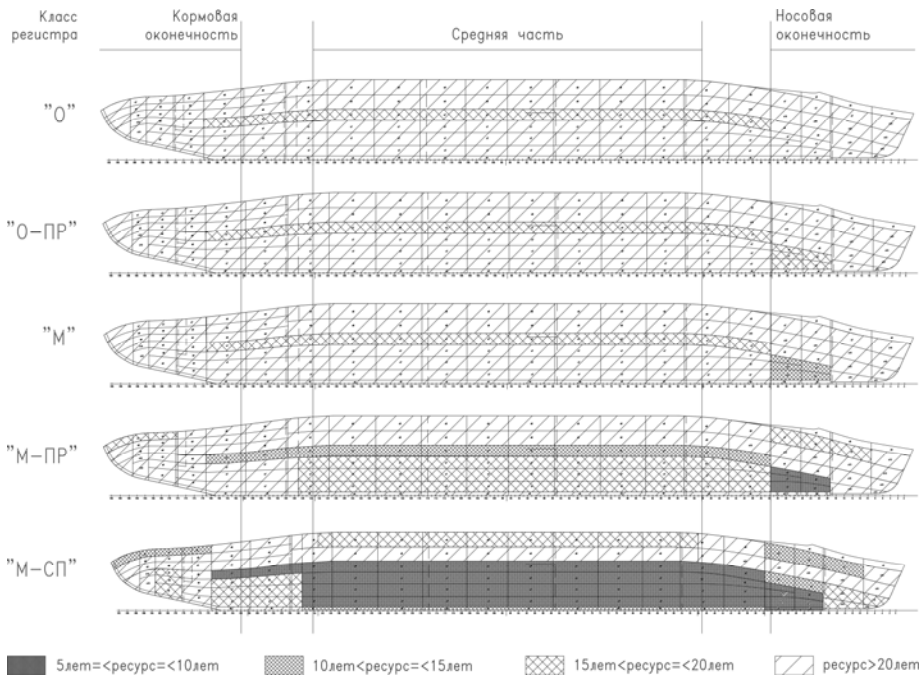


Рис. 2. Изменение ресурса обшивки судна проекта 21-88, в зависимости от района его эксплуатации

Всего авторами было обработано 124 аварии и катастрофы с судами, находившимися под надзором РРР, РС и РУ. Суда имели ограничения по величине высоты волны 1% обеспеченности [$h_{1\%}$] от 1,5 до 2,0 м и 3% обеспеченности [$h_{3\%}$] от 1,5 до 3,5 м.

Согласно [2] 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.

В таблице 2 дана предложенная в [3] и расширенная в [4, 5] краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности судов внутреннего и смешанного река-море плавания.

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.

Таблиця 1

*Классификация последствий аварий
и аварийных ситуаций с судами проектов 21-88/21-89*

Уровень последствий С	Количество рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		Воздействие на людей	Воздействие на окружающую среду	Повреждение технических средств
1 – Light Incident	79	Нет	Нет	Ничтожное
2– Incident	28	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	6	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	0	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	11	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

Таблиця 2

*Идентифицированные опасности для судов внутреннего
и смешанного река-море плавания проектов 21-88/21-89*

№	Опасности	$F_{AB}, \%$	$F_{КАТ}, \%$
1	Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна	100,0	100,0
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	16,9	100,0
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	49,2	100,0
1.3	Нарушение технологии при выполнении построечных, ремонтных и модернизационных работ	82,3	0,0
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	76,6	90,9
1.5	Ошибки проектировщиков	0,8	0,0
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	9,7	0,0
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	8,9	81,8

Продолжение табл. 2

№	Опасности	FAB, %	FKAT, %
1.8	Невыполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	7,3	81,8
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	12,9	0,0
1.10	Неисправности и выход из строя судовых системах	16,1	0,0
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	37,1	0,0
1.12	Неисправности и выход из строя грузового устройства	0,8	0,0
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	37,9	100,0
2.1	Перевозка металлолома	37,1	100,0
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	2,4	18,2
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	32,3	100,0
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	4,0	9,1
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	100,0	100,0
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	0,8	0,0
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	11,3	100,0
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	8,1	18,2
3.4	Навигационные ошибки	25,0	36,4
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	25,8	0,0
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	45,2	0,0
3.7	Ошибка прогноза	8,9	90,9
3.8	Перегруз судна	1,6	9,1
3.9	Смена судовладельца	50,8	100,0
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	4,0	45,6
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	2,4	9,1
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	4,0	0,0
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	37,1	72,7

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

Среди них несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской экс-

плуатации (опасность 1.1) и близкая к ней по сути опасность 1.7 – большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте; водотечность непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкая к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность); опасность 2.1 – перевозка металлолома и опасность 2.3 – применение грейферов.

Отмечается существенная доля в событиях, имеющих последствия $C = 4$ и $C = 5$, человеческого фактора в виде ошибок при проведении дефектации (опасность 1.4), при эксплуатации судна (опасности 3.2, 3.4, 3.7, 3.10, 3.11, 3.13).

Особую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход судов из классических структур пароконств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, опасности 1.2, 1.3, 3.6, 3.10, 3.11, 3.13).

Суда проектов 21-88/21-89 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, 3.3, 3.7, 3.8 – отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус рассматриваемых судов этих опасностей.

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

Например, в мае 1983 года на судне пр. 21-89, не имевшем ледовых усилений, после осенней эксплуатации под проводкой ледоколов в сплошном льду толщиной 40 см, нашугованном до 1,0 м, при температуре до -32 градусов и последующей постановки судна на зимний отстой были обнаружены две трещины в средней части. Отмечено, что борт и палуба во время зимовки были покрыты слоем льда толщиной 100-150 мм.

Одна из трещин – по шп. 68-72 возникла у продольного комингса, пересекла палубу, перешла на борт и на расстоянии 2000 мм от палубы разветвилась на три ветви. В месте разветвления была обнаружена деформация «клина» по наружной обшивке длиной 550 мм и отходом от линии борта на 40 мм наружу. Продольный и поперечный набор был разорван вместе с листами. Общая длина трещины составила почти 4000 мм.

Трещина по наружной обшивке борта в районе шп. 94-95 возникла у палубы и распространилась вниз (практически вертикально) на расстояние 1200 мм с раскрытием до 8 мм и со смещением кромок до 10 мм.

Как было установлено, во время ледовой проводки корпус судна получил повреждение в виде вмятины в районе шп. 65-74 общей площадью 12,0 кв.м со стрелкой прогиба 60 мм. Кроме того, была выявлена

сплошная коррозия на кромках трещин, что указывало на более ранний период их появления. Проведенный анализ материала позволил сделать вывод о том, что для постройки судна была применена сталь кипящей плавки.

Вероятнее всего хрупкие трещины возникли во время перехода в ледовых условиях, как результат сочетания нескольких неблагоприятных факторов – отрицательной температуры, материала (кипящей стали) и ударного ледового воздействия, как инициатора трещины. При этом напряжения от общего изгиба в палубе были невелики и составили 81 МПа при пределе текучести 235 МПа (34%).

Был произведен ремонт корпуса с заменой конструкций борта и палубы. Интересно отметить, что в настоящее время однотипные (пр. 21-88, 21-89) суда после подкреплений работают в море (см. рисунок 3).



Рис. 3. Ледовые усиления на судне пр. 21-89

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).

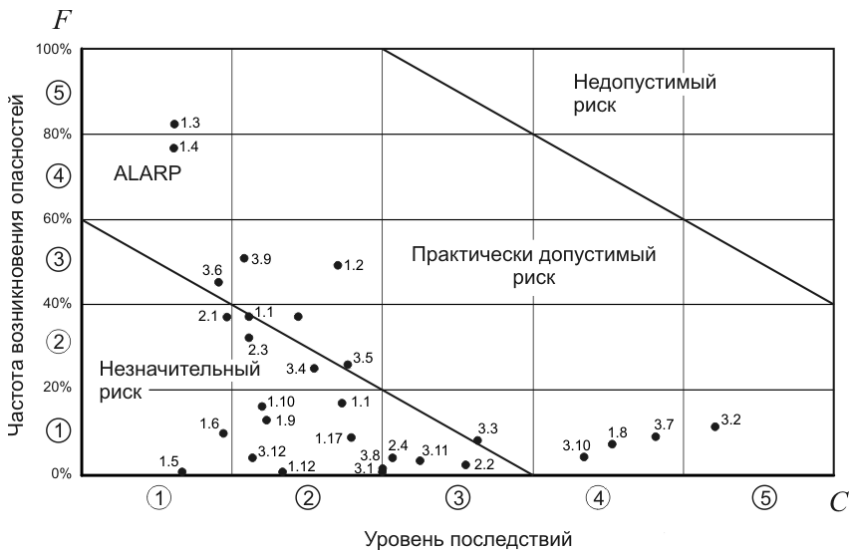
Все из рассмотренных 124 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряжении (начиная с 1991 года), а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий). Полученные здесь выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер.

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 судов 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.

На основе данных таблицы 5 были построены матрицы риска судов проекта 21-88 и 21-89: на рисунке 4 – для всех аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье и на рисунке 5 – для катастроф.



*Рис. 4. Матрица риска судов проектов 21-88/21-89
(для всех исследованных аварий)*

Продолжение табл. 3

№ п/п	Проект, название, дата постройки, возраст на момент аварии, дата аварии, [R ₃₈]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																				Описание последствий	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Формализованный уровень последствий (С)	Описание последствий (С)
7.	Пр. 21-88, Заволжск, 1965, 48 лет, 04.09.2013, [R ₃₈] = 2 м																				1		Посадка на мель (2)
8.	Пр. 21-88, Косино, 1963, 51 год, 21.06.1994, [R ₃₈] = 2 м		2	1																			Проблемы с сохранением плавучести судна (2)
9.	Пр. 21-88, Ениск, 1965, 42 года, 13.04.2007, [R ₃₈] = 2,5 м		2	1					3	3													Неисправности рулевого устройства и судовых систем (1)
10.	Пр. 21-88, Пермь, 1966, 38 лет, 24.09.2004, [R ₃₈] = 2 м		2	1						3											2		Поломка гребного вала. Некачественный ремонт (1)

Таблиця 4

Ідентифікація і наслідства опасностей, спосібствовавших катастрофам «Чешек» (примери)

№ п/п	Проект, названіе, дата постройкн, возраст на момент аваріи, дата аваріи, [h ₃₈₈]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																	Описание последствий													
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		28	29	30	31									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Формализованный уровень последствий (С)
1.	Пр. 21-88, Заволжье (Melissa), 1962, 43 года, 09.09.2005, [h ₃₈₈] = 3,5 м	1	3	1				1	2					2	2				3					2	2						2	Затонул у берегов Туршии, нарушение условий плавания (5)
2.	Пр. 21-88, Куанек (Nashui), 1962, 43 года, 23.09.2005, [h ₃₈₈] = 3,5 м	1	3	1				1	2					2	2				3					3	2						2	Повторно после 2003 года затонул в шторм, нарушение условий плавания (5)
3.	Пр. 21-88, Люберцы (Marija), 1968, 26 лет, 1994, [h ₃₈₈] = 3,5 м	1	3	1					2					2	2				3	2				2	2						2	Затонул в районе острова Борнгольм (Балтийское море) (5)

Продолжение табл. 4

1	2																			32
	Пр. 21-88, Большогоorsk (Володарск), 4. 1965, 42 года, 11.11.2007, [h ₃₈] = 2 м	2	3	1	2									1	2	1	3			При стоянке в Керченском проливе затонул в шторм с грузом серы, нарушение условий плавания (5)
	Пр. 21-88, Воскресенск, 5. 1964, 33 года, 1997, [h ₃₈] = 3,5 м	1	3	1	1	2								2	2	2	3			Затонул в Черном море, нарушение условий плавания (5)
	Пр. 21-88/4 (ужорочены Ё), Ключот-1, 6. 1968, 39 лет, 11.11.2007, [h ₃₈] = 3,5 м	1	3	1	1	2								3	2	2	3			Затонул в шторм в Каспийском море с грузом 2186 тонн металла. Большая часть экипажа погибла, нарушение условий плавания (5)
	Пр. 21-88, Нахичевань, 7. 1966, 41 год, 11.11.2007, [h ₃₈] = 3 м	2	3	1	2									3	1	2	3			При стоянке в Керченском проливе затонул в шторм с грузом серы. Погибла большая часть экипажа, нарушение условий плавания (5)

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
8.	Пр. 21-88, Тикси (Tiksi), 1966, 34 года, 02.01.2000, [M _{35%}] = 3 м	2	3	1			1	2					1	1				3	2				2	2	2	2					2	Затонул в Чёрном море у побережья Краснодарского края в 30 милях от Туапсе (5)
9.	Пр. 21-88, Эльзема (Elizma), 1967, 27 лет, 04.04.1994, [M _{35%}] = 2 м	2	3	1				1	2				1	1				3	2				2	2	2	2					2	Затонул в Северном море в 20 милях от побережья Нидерландов (5)
10.	Пр. 21-88, Сокол (Tuzan), 1967, 39 лет, 2006, [M _{35%}] = 3,5 м	2	1					2					2	2	2	2		3	3	2			2	2							2	Посадка на мель (остров Гассос, Греция) с последующим переключением (5)

Таблиця 5

Формальная оценка риска судов проектов 21-88/21-89

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>R</i>
1.1	0,847	1,730	1,465	5,000	2,576	12,879
1.2	2,460	1,705	4,194	5,000	4,545	22,727
1.3	4,113	0,618	2,540	0,000	0,000	0,000
1.4	3,831	0,611	2,339	4,545	1,667	7,576
1.5	0,040	0,667	0,027	0,000	0,000	0,000
1.6	0,484	0,944	0,457	0,000	0,000	0,000
1.7	0,444	1,788	0,793	4,091	2,037	8,333
1.8	0,363	3,519	1,277	4,091	3,519	14,394
1.9	0,645	1,229	0,793	0,000	0,000	0,000
1.10	0,806	1,200	0,968	0,000	0,000	0,000
1.11	1,855	1,116	2,070	0,000	0,000	0,000
1.12	0,040	1,333	0,054	0,000	0,000	0,000
2.1	1,855	0,964	1,788	5,000	2,576	12,879
2.2	0,121	2,556	0,309	0,909	3,333	3,030
2.3	1,613	1,117	1,801	5,000	2,576	12,879
2.4	0,202	2,067	0,417	0,455	3,333	1,515
3.1	0,040	2,000	0,081	0,000	0,000	0,000
3.2	0,565	4,214	2,379	5,000	5,000	25,000
3.3	0,403	2,633	1,062	0,909	4,167	3,788
3.4	1,250	1,538	1,922	1,818	3,333	6,061
3.5	1,290	1,771	2,285	0,000	0,000	0,000
3.6	2,258	0,911	2,056	0,000	0,000	0,000
3.7	0,444	3,818	1,694	4,545	4,000	18,182
3.8	0,081	2,000	0,161	0,455	3,333	1,515
3.9	2,540	1,079	2,742	5,000	3,030	15,152
3.10	0,202	3,333	0,672	2,273	3,333	7,576
3.11	0,161	2,250	0,363	0,455	5,000	2,273
3.12	0,202	1,133	0,228	0,000	0,000	0,000
3.13	1,855	1,442	2,675	3,636	3,542	12,879

Анализ рисунков 4 и 5 позволяет сделать следующие выводы о ранжировании опасностей:

- наибольшую опасность судов проектов 21-88/21-89 представляют опасности 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций, что совершенно понятно при наличии поясьев обшивки и настила второго дна толщиной 7 мм и отсутствию второго борта, низкой устойчивостью продольных ребер жесткости из полособульбов профиля 10), 1.8 (невыполнение условий МК-66, особенно по люковым покрытиям, так как суда вообще не проектировались для моря), 3.2 (нарушение ограничений). 3.7 (ошибки прогноза), 3.9 (смена судовладельца) и 3.13 (нарушение ПТЭ экипажем), существующий уровень риска по данным опасностям относится к зоне «недопустимого риска»;

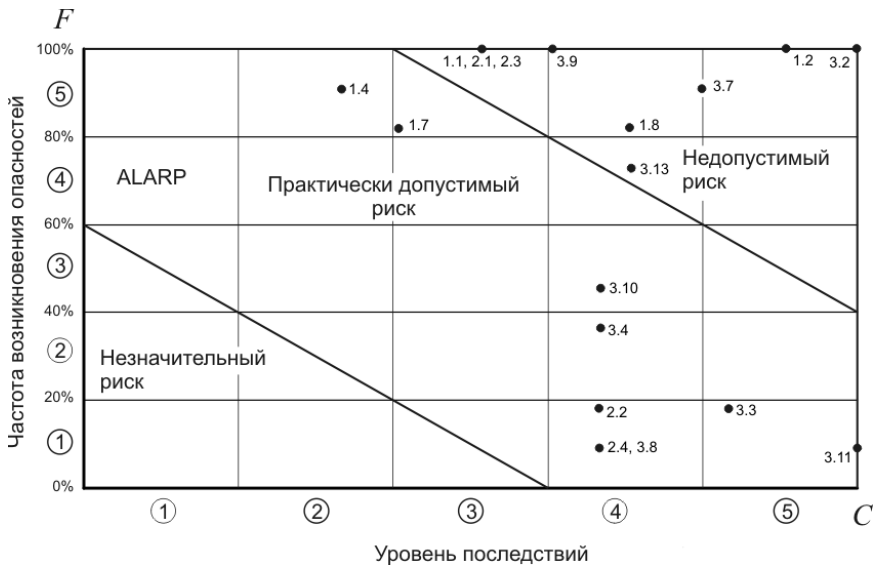


Рис. 5. Матрица риска судов проектов 21-88/21-89 (для катастроф)

- опасность 3.10 (эксплуатация при негодном техническом состоянии) имеет достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, относится к т.н. зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска;

- опасности 2.2 (перевозка взрывоопасных грузов), 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.3 (посадки на мель), 3.4 (навигационные ошибки), 3.8 (перегруз), 3.11 (перегон, буксировка) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий;

- опасности 1.1 (несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 1.7 (большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте; водотечность непроницаемых конструкций), 2.1 (перевозка металлолома), 2.3 (применение грейферов) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения.

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 судов проектов 21-88/21-89 при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-техниче-

ских мероприятий при проведении наблюдения за фактическим состоянием корпусов судов при эксплуатации.

На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (см. рисунок 6) и распределение по годам (см. рисунок 7).

На рисунке 6 наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 37 лет с пиком аварий для судов с возрастом 40-45 лет. Полученные данные можно считать не совсем полными, так как отсутствуют в необходимом для статистики объеме данные по аварийным происшествиям до 1991 года.

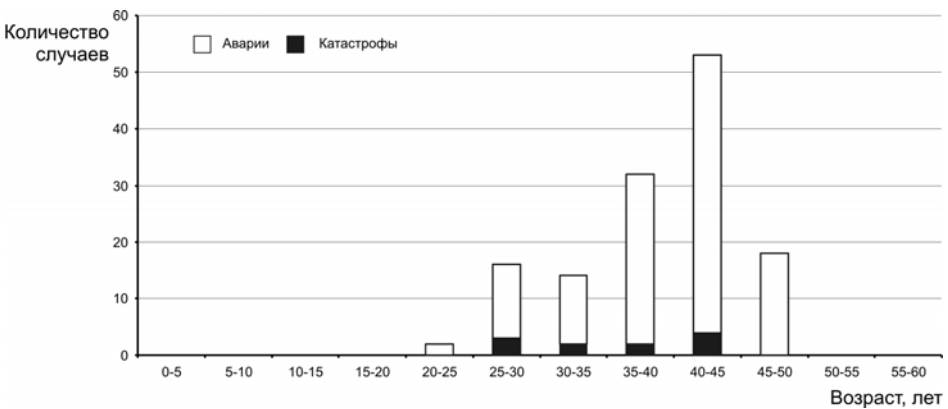


Рис. 6. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна

Рисунок 7 позволяет отметить рост аварийных случаев, начиная с 2004 года. Максимальное количество аварийных случаев приходится на 2008 год (16 случаев). За 2014 год данные на начало речной навигации 2014 года.

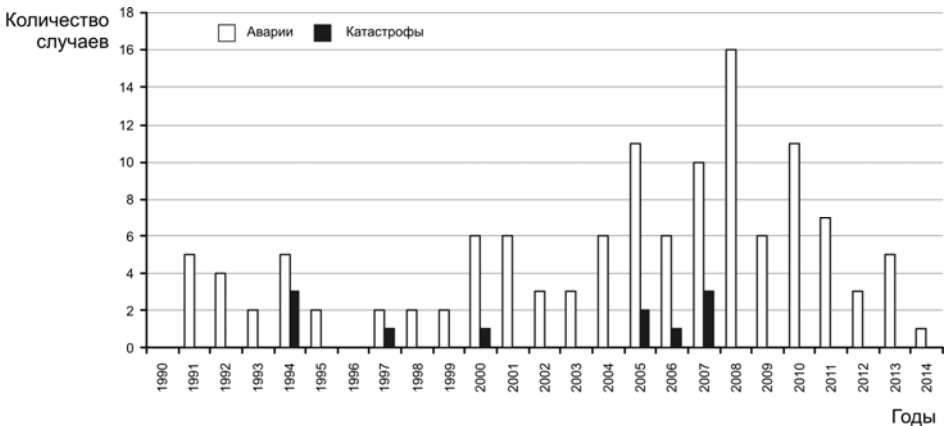


Рис. 7. Распределение количества аварий и катастроф по годам

Интерес представляет также распределение по классам аварий (см. таблицу 6). Графически роль различных классов аварий представлена на рисунках 8, 9, 10. Как видно из таблицы 6, при всех уровнях последствий половина всех аварий приходится на повреждение корпуса, чуть больше трети на повреждение устройства, на затопление менее 10 %.

Таблица 6

Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждения корпуса	Повреждения устройств	Σ
Аварии и катастрофы					
Количество	11	1	64	48	124
Относительная доля	8,9%	0,8%	51,6%	38,7%	100,0%
Аварии					
Количество	1	1	63	48	113
Относительная доля	0,9%	0,9%	55,8%	42,5%	100,0%
Катастрофы					
Количество	10	0	1	0	11
Относительная доля	90,9%	0,0%	9,1%	0,0%	100,0%
Относительная опасность класса аварии					
Доля аварий в общем количестве событий	9%	100%	98%	100%	
Доля катастроф в общем количестве событий	91%	0%	2%	0%	

Примером катастроф из-за повреждения люковых закрытий и корпуса является гибель 11 ноября 2007 года в шторм в Керченском проливе «Нахичевани» (с грузом серы 2366 т) и «Вольногорска» (с грузом серы 2437 т). Критическая ситуация явилась результатом аномальной, трудно прогнозируемой штормовой погоды с ураганным ветром со скоростью до 35 метров в секунду. В 10.05 был получен сигнал бедствия от т/х «Вольногорск». Шторм сорвал люковые закрытия, забортная вода стала заливать грузовые трюма. С уже тонущего судна весь экипаж высадился на спасательный плот, который через два часа был выброшен на материковую часть косы Тузла (люди спаслись). В 10.30 т/х «Вольногорск» затонул на глубине 11 м. В дальнейшем водолазным осмотром было установлено, что «Вольногорск» опрокинулся и лег на грунт вверх днищем. В 11.44 было получено сообщение с т/х «Нахичевань», что сняться с якоря не может, сорваны люковые крышки трюмов, затоплено 2 трюма. Капитан пытался спустить плоты. В 12.39 буксир «Нептуния» поднял с воды на борт 3 человека из экипажа судна. Позднее по результатам водолазных осмотров, было установлено, что «На-

хичевань» лежит на грунте, из воды видна верхняя часть рубки и носовая мачта. Судно получило значительные повреждения корпуса: пробоина в борту, крышки грузовых трюмов сорваны, груз (сера) в грузовых трюмах отсутствует.

В итоге, в девяти из десяти событий, связанных с затоплением, происходит гибель судна этого проекта, при этом зафиксирован лишь один случай гибели судна из-за перелома корпуса.

За анализируемый промежуток времени (с 1991 года по настоящее время) произошла всего одна авария, связанная с пожаром и взрывом. Не зафиксировано ни одного события, связанного с пожарами и взрывами, которые привели бы к катастрофе.

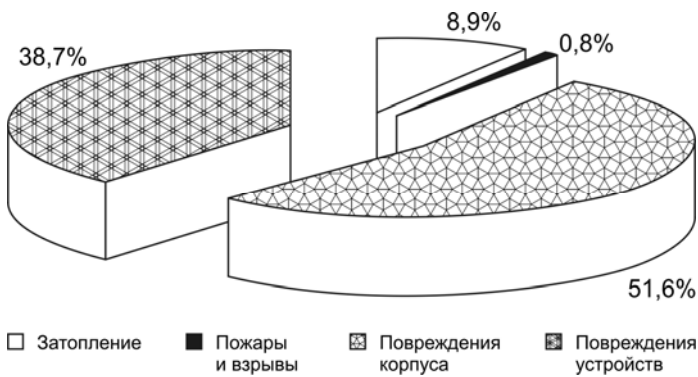


Рис. 8. Роль различных классов аварий (при всех уровнях последствий)

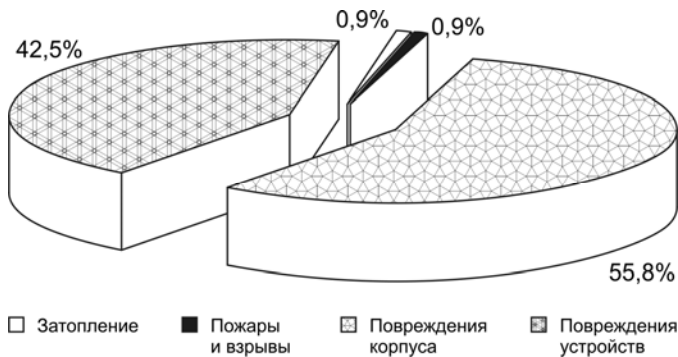


Рис. 9. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий $C=1, 2, 3$)

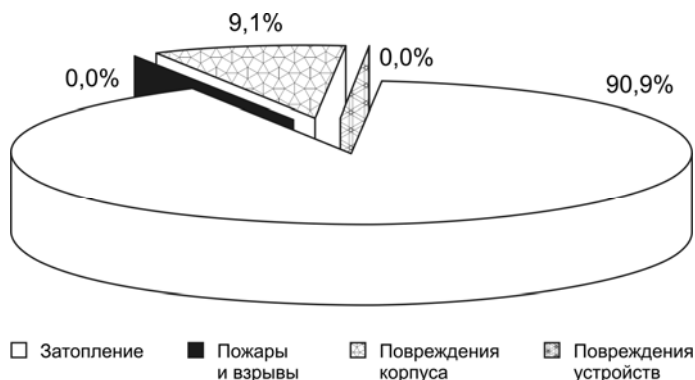


Рис. 10. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий $C=4$ и 5)

Выводы. Наибольшую опасность судов проектов 21-88/21-89 представляют фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций, что совершенно понятно при наличии поясьев обшивки и настила второго дна толщиной 7 мм и отсутствию второго борта, низкой устойчивостью продольных ребер жесткости из полособульбов профиля 10, невыполнение условий МК-66, особенно по люковым закрытиям, так как суда вообще не проектировались для моря, нарушение ограничительного класса, ошибки прогноза, смена судовладельца и нарушение ПТЭ экипажем.

В краткосрочной и среднесрочной перспективе решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безопасности сухогрузных судов при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации.

Кардинальное долговременное решение проблемы требует строительства нового флота сухогрузных судов смешанного река-море плавания.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
2. 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.

3. *Егоров Г.В. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания // Сб. науч. трудов УГМТУ. – Николаев: УГМТУ, 2000. – № 5. – С. 49-59.*
4. *Егоров Г.В., Егоров А.Г. Анализ риска и надежности нефтеналивных судов типа «Волгонефть» проектов 558/550 и 1577/550А // Морской вестник. – 2013. – № 3 (47). – С. 39-45.*
5. *Егоров А.Г. Анализ причин и последствий аварий судов внутреннего и смешанного плавания за 1991-2010 годы // Проблемы техники. – 2011. – № 1. – С. 3-30.*

Стаття надійшла до редакції 25.11.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» **О.В. Демідюк**

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

УДК 629.05

А.Г. Егоров

**АНАЛИЗ СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ТОЛКАНИЯ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СОСТАВОВ**

Определены основные виды сцепных устройств для толкания морских и речных составов. Выполнен анализ их характеристик. Показаны основные преимущества и недостатки. Рекомендованы оптимальные устройства для работы составов на смешанных перевозках с упором на морскую и речную составляющую.

Ключевые слова: *барже-буксирный состав, сцепное устройство, смешанные река-море перевозки, анализ, характеристики.*

Визначені основні види зчіпних пристроїв для штовхання морських і річних составів. Виконаний аналіз їх характеристик. Показані основні переваги і недоліки. Рекомендовані оптимальні пристрої для роботи составів на змішаних перевезеннях з упором на морську і річну складову.

Ключові слова: *барже-буксирний состав, зчіпний пристрій, змішані ріка-море перевезення, аналіз, характеристики.*

Main types of couplers for sea and river tug-barge combinations are defined. The analysis of their characteristics is executed. Principal advantages and disadvantages are shown. Optimal couplers for mixed operation of tug-barge combinations with a focus on sea and river component are recommended.

Keywords: *tug-barge combination, coupler, mixed river-sea operation, analysis, characteristics.*

Постановка проблемы. Интерес отечественных судовладельцев к барже-буксирным составам (ББС) определяется преимуществами ББС перед самоходными судами при определенном уровне организации грузоперевозок, а также в случаях, когда судовладелец и грузовладелец – одна и та же компания [2]. Сегодня основные запросы потенциальных заказчиков связаны со смешанной река-море эксплуатацией составов, поэтому важным представляется обобщить информацию по имеющимся разнообразным типам сцепных устройств, их характеристик и ограничений, им налагаемых на режим работы ББС.

Целью статьи является анализ основных существующих сцепных устройств, которые на данные момент производятся и находятся в эксплуатации, с описанием основных районов применения и основных характеристик.

Изложение основного материала. Вопросам проектирования и эксплуатации отечественных сцепных устройств посвящена работа В.П. Лобастова [6]. Современное состояние отечественных сцепных уст-

ройств широко описано в публікації С.В. Преснова [4]. Згідно даним [4], середній вік судів, обладаних автоматичними сцепними пристроями, перевищує 30 років.

Основними експлуатованими сцепними пристроями є пристрої типу УДР-100 (23 %, середній вік 27 років), УДР-25 (21 %, середній вік 26 років), Р-20 (12 %, середній вік 30 років) і О-200 (11 %, середній вік 24 років). Середній вік більш 70 % всіх існуючих вітчизняних сцепних пристроїв перевищує термін їх служби, рівний 25 рокам [4].

Крім того, необхідно підкреслити, що основним районом експлуатації ББС в радянське час були внутрішні водні шляхи, це відобразилося на розроблених і вироблених сцепних пристроях. Існуючі вітчизняні сцепні пристрої, реалізовані і поставлені на ББС, не дозволяють експлуатуватися в районах з хвилюванням висотою більш 2,0 м і орієнтовані максимально на басейни розряду «В1» (по Регистру Судоходства України) або «О» (по Російському Річковому Регистру). НПО «Судоремонт» розробило автоматичні сцепи типу «М-5000» (1986 рік), «УМ-6500» (1995 рік) для басейнів розряду «М» і «М-СП» (висоти хвиль 3 і 3,5 м, відповідно), компанія «Метмаш» анонсувала виробництво цих сцепів, однак вони не мають сертифіката РРР на даний момент і не можуть поставлятися на суди під класом РРР.

Таким чином, основні технічні проблеми існуючих вітчизняних ББС:

- вік складових, перевищує розрахунковий термін експлуатації в 24 роки;
- вік самих сцепних пристроїв, перевищує термін служби в 25 років;
- обмеженість існуючих сцепних пристроїв по висоті хвилі, що не дозволяє експлуатувати існуючі складові методом толкання в річкових басейнах розряду «М» і вище і в морських обмежених районах (незважаючи на успішні експериментальні рейси ББС, що складаються з барж проекту 004РОВ05 і буксирів-толкачів типу «ОТ-2000», групи компаній «Палмали» в Азовському морі і експлуатацію ББС, що складаються з барж проекту NBL-90 і буксирів-толкачів проекту POSS-115, компанії «Нібулон» в Дніпро-Бугському лимані).

Зарубіжні сцепні пристрої в значительній ступені направлені на морську експлуатацію (за винятком США) і представлені пристроями концепції ІТВ (жесткі сцепні пристрої) і АТВ (полужесткі сцепні пристрої), що дозволяють експлуатацію ББС в різних морських районах, в тому числі до необмеженого. Починаючи з 1986 року в СРСР, а потім і в Росії, були спроби створити вітчизняне полужестке сцепне пристрій, зразки випробувалися в експериментальному порядку, але в експлуатацію так і не були прийняті [4].

Итак, сцепные устройства разделяют на: жесткие, полужесткие и гибкие сцепные устройства.

Жесткое соединение – соединение концепции ИТВ. Характерные особенности – состав эксплуатируется как «самоходное» судно, т.е. буксир не колеблется относительно баржи, или буксир жестко сцеплен с баржей.

Полужесткое соединение – шарнирное соединение концепции АТВ, при котором буксир колеблется относительно баржи, либо соединение со стандартным «речным» сцепом с врезным или транцевым упором.

Гибкое соединение – соединение буксира и баржи на тросах или с помощью натяжных устройств (счаливание) с изгибающим «речным» сцепом с транцевым упором (или без него). Наиболее распространенный вид соединения на Дунае, присутствует и на ВВП России.

В таблице 1 приведены основные жесткие сцепные устройства (концепция ИТВ) морского типа (несколько видов). Необходимо отметить тот факт, что в настоящее время концепция ИТВ для морских ББС практически «изжила себя». Способствовала этому не только неоднозначная экономическая эффективность таких составов, но и небезопасность эксплуатации (к примеру, невозможность расцепиться во время рейса в случае необходимости [3]). В США, начиная с начала 80-х годов прошлого столетия, не было построено ни одного морского состава с жестким сцепом, связано это с запретом Береговой охраны США на постройку и эксплуатацию ББС концепции ИТВ после событий сентября 1981 года, когда буксир-толкач ОХУ 4102 под действием внешних факторов расцепился с баржей и затонул (сцеп «Catug»).

Сцеп «Triofix» компании «Taisei Engineering» (Япония). Практически единственное жесткое сцепное устройство, производимое и поставляемое на морские суда в настоящее время. Схема работы схожа со сцепом «Articouple» (см. далее по тексту), помимо бортовых штырей используется носовой, который не позволяет буксиру перемещаться относительно баржи, и барже-буксирный состав эксплуатируется как одно целое. Большое преимущество данного сцепа перед другими жесткими «морскими» сцепами в том, что он позволяет эксплуатировать буксир отдельно от баржи. Стоимость такого сцепа дороже, чем стоимость сцепа «Articouple», поэтому компания рекомендует его ставить на ББС, которые часто эксплуатируются в тяжелых морских условиях.

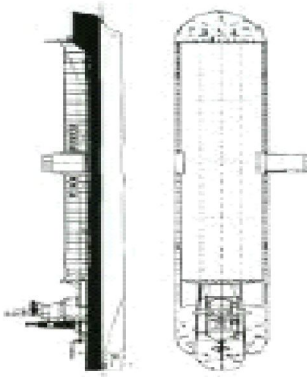
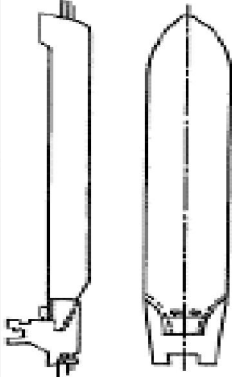
Сцеп компании «Ingram-Breit» (США). Фактически первый жесткий «морской» сцеп, запущенный в массовое производство в 70-х годах прошлого столетия. Основой для создания данного сцепа послужил барже-буксирный состав с жестким сцепным устройством «Carport» (построен в 50-е годы прошлого столетия в США).

Таблиця 1

Основные существующие жесткие сцепные устройства

Сцеп	Схема сцепа	Практическое применение
«Глюфх»		<p>Неограниченный район эксплуатации при ограниченном перепаде осадок. В настоящее время компания производит сцепы. В эксплуатации находится более 30 составов (Азия, Европа, Южная Америка, Австралия)</p>
«Ingram-Breit»		<p>Неограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке. Сцеп не производится. Восемь было построено, данных по эксплуатирующимся составам нет</p>

Продолжение табл. 1

Слеп	Схема слеп	Практическое применение
«Rigid Limb»		<p>Неограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке. В эксплуатации находится несколько составов (Европа - Финляндия)</p>
«Catag»		<p>Неограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке. Слеп не производится. Двенадцать было построено, данных по эксплуатирующимся составам нет</p>

Источник: [3, 5, 14, 18]

Буксир-толкач входит в V-образную выемку в кормовой части баржи, опирается на днищевую часть кормового рецесса баржи, плотно сцепляется с корпусом баржи с помощью носового гидроцилиндра и за счет прижимной силы гидравлических клиньев. Для сцепления и расцепления буксир-толкач и баржа должны были иметь одинаковую осадку [18].

Сцеп «Rigid Link» компании «Wärtsilä» (Финляндия). Был реализован на ББС типа «Rautaruukki-Kalla» (Finnlines) в 1986-1987 годах. Всего было построено 2 буксира-толкача и 5 барж, все эксплуатируются финской судоходной компанией ESL Shipping. Модернизированная версия сцепа «Breit». Имеет 3 клина: носовой жестко закрепленный и 2 бортовых гидравлических. Позволяет сцепляться и расцепляться при различных загрузках (порожнем, в балласте, в грузу и т.д.) [18].

Сцеп компании «Catug» (США). Также как и сцеп «Ingram-Breit» уже не производится. Принцип сцепления отличается от сцепов «Ingram-Breit» и «Rigid Link» тем, что энергетическая секция «охватывает» кормовую оконечность грузовой секции, а не входит внутрь кормового рецесса. Сцепление осуществляется с помощью палубных стяжек и бортовых клиньев, которые имеют палубные и днищевые опоры [18].

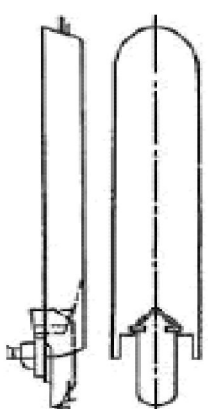
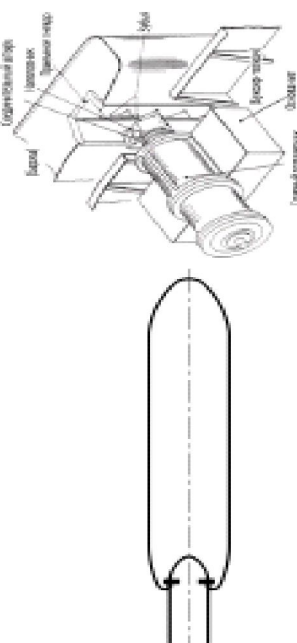
В таблице 2 приведены основные полужесткие сцепные устройства (концепция АТВ), используемые в современной практике эксплуатации барже-буксирных составов, и отечественные речные сцепы, используемые на ВВП России. За рубежом значительная часть современных барже-буксирных составов эксплуатируется с полужесткими сцепными устройствами.

Сцеп компании «Artubar» (США). «Основоположник» полужестких сцепных устройств. Представляет собой сцепное устройство с одной степенью свободы. Сцепление баржи с буксиром происходит с помощью двух полуосей с наконечниками, которые выдвигаются из гидроцилиндров, установленных на буксире, и входят в отверстия соответствующего сечения в корпусе баржи. Опыт эксплуатации первых составов со сцепом компании «Artubar» показал, что при килевой качке нос буксира, из-за зазора между корпусами, ударялся о кормовой рецесс баржи, тем самым, повреждая корпус баржи. Для устранения этих ударов в корме баржи наварились специальные накладки [15].

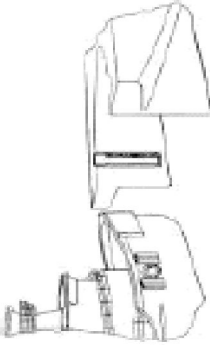
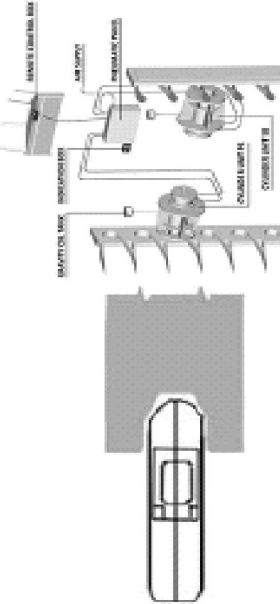
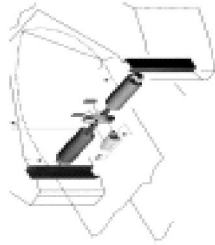
Сцеп «Articouple» компании «Taisei Engineering» (Япония). Компания «Taisei Engineering» является одним из лидеров в производстве полужестких сцепных устройств для составных судов. С 2010 года работает в кооперации с компанией «Bludworth Cook Marine», которая на американском рынке продает не только свои сцепные устройства, но и является дилером компании «Taisei Engineering». Сцеп представляет собой более совершенную версию сцепа «Artubar». В кормовом рецессе баржи устанавливаются рейки, которые позволяют сцеплять буксир с баржей при разных осадках без балластировки.

Таблиця 2

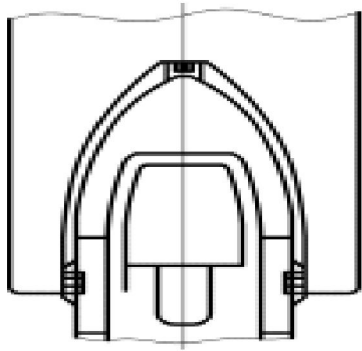
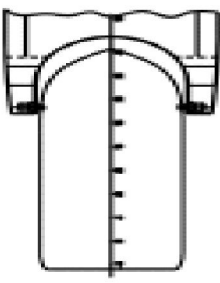
Основные существующие полужесткие светные устройства

Сноп	Схема снопа	Практическое применение
«Artubar»		<p>Неограниченный район эксплуатации при очень ограниченном перепаде осадок. В настоящее время компания не производит снопы. В эксплуатации находится несколько составных судов (2 единицы эксплуатируются в Северной Америке и несколько в Азии)</p>
«Articouple»		<p>Район эксплуатации зависит от выбранной серии снопа «Articouple» (вплоть до неограниченного). В настоящее время компания работает. В эксплуатации находится более 150 составов (Азия, Южная Америка, Европа и несколько в России и Северной Америке) и в строительстве около 5</p>

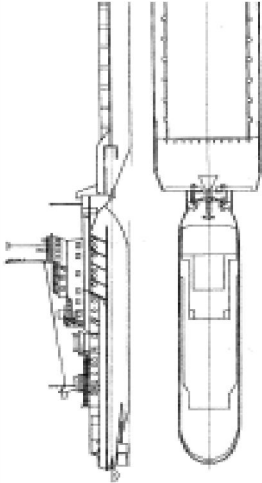
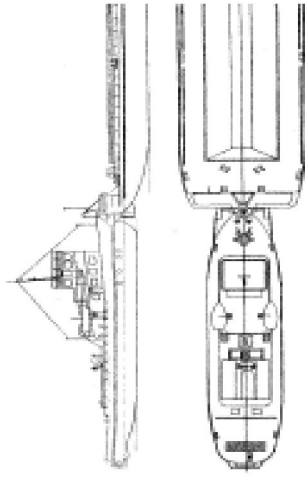
Продолжение табл. 2

Слеп	Схема слеп	Практическое применение
«Integson»		<p>Район эксплуатации зависит от выбранной серии слепа «Integson» (вплоть до неограниченного). В настоящее время компания работает. В эксплуатации находится порядка 90 составов (Северная Америка) и несколько в строительстве</p>
«Beacon Jak» (совместная разработка с «Асоматин»)		<p>Район эксплуатации зависит от выбранной серии слепа «Beacon Jak» (максимальное ограничение по высоте волны 7 м). В настоящее время компания работает. В эксплуатации находится порядка 50 составов (Северная Америка и несколько в Южной Америке)</p>
«Hydracorn»		<p>Слеп выполняется на заказ индивидуально. В настоящее время компания работает, но спальные устройства – не основной вид производства. В эксплуатации находится несколько составов (Северная Америка)</p>

Продолжение табл. 2

Снеп	Схема снепа	Практическое применение
«Bludworth-Cook»		<p>Район эксплуатации ограничен высотой волны 3-3,5 м (стандартный снеп) и более (модифицированный). Основным ограничивающим фактором является угол дифферента – не более 18°. В настоящее время компания работает. В эксплуатации находится более 20 составов (Северная Америка, включая Великие Озера)</p>
«Westec»		<p>Район эксплуатации ограничен высотой волны 3-3,5 м. В настоящее время компания работает. В эксплуатации находится несколько составов (Северная Америка - провинция Джорджия)</p>

Продолжение табл. 2

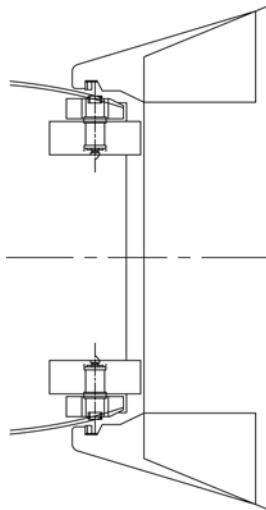
Слеп	Схема слепа	Практическое применение
«О»		<p>Ограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке (максимальное ограничение по высоте волны 2 м). В настоящее время слепы производятся. В эксплуатации находится большое число составов (ВВП России)</p>
«Р»		<p>Ограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке (максимальное ограничение по высоте волны 1,2-1,5 м). В настоящее время слепы производятся. В эксплуатации находится большое число составов (ВВП России)</p>

Источник: [1, 5, 8, 9, 10-12, 14-17]

В зависимости от типа наконечника соединительной полуоси различают фрикционное сцепление с прижимным башмаком (сцепы серии «F»), зубчатое с зубчатым наконечником (сцепы серии «K») и смешанное (сцепы серии «FR»).

Сцепы серии «F» используют для составных судов, у которых меняется осадка во время рейса (шаланды с самораскрывающимися корпусами), или у которых нет возможности разъединиться во время погрузочно-разгрузочных работ, например, рейдовая перевалка. Основным недостатком сцепа этой серии – сильный износ прижимного башмака. Необходимо производить замену раз в несколько лет. Кроме того, сцепы серии «F» имеют ограничение по высоте волны 3-3,5 м при бортовом и 6,0 м при встречном волнении. Сцепы серии «K» с зубчатым наконечником могут применяться на составах с неограниченным районом плавания (конкретная модель выбирается производителем на основании исходных данных). Наиболее экономичный и простой вариант сцепа «Articouple», оптимален для стандартных грузовых составных судов. Сцепы серии «FR» также не имеют ограничений по району плавания. Самый дорогой вариант, включающий в себя как зубчатое соединение, так и фрикционное. Эффективен для судов с динамическим позиционированием (оффшорные суда обеспечения, к примеру) [7, 15].

Вариант сцепного устройства «Articouple» для ББС смешанного плавания с ограниченными параметрами волнения представлен на рис. 1, подходит для эксплуатации в прибрежных районах.



*Рис. 1. Сцепное устройство «Articouple»
для ББС смешанного плавания с ограниченными параметрами волнения
для эксплуатации в прибрежных районах*

Источник: [презентация «Taisei Engineering»]

Сцеп компании «Intercon» (США). Компания является лидером в производстве сцепных устройств на североамериканском рынке. По аналогии с «Articouple» представляет из себя развитие сцепа компании «Artubar», позволяет сцепляться при различных осадках и без балластировки, схема сцепления близка к схеме сцепления «Articouple». Компания предлагает шестиугольное, многозубчатое, зубчато-фрикционное и фрикционное (с возможностью работы на волнении в нерасцепленном состоянии) соединения. Выбор модели сцепного устройства и типа наконечника осуществляется на основе исходных данных с учетом длины буксиротолкача и его водоизмещения. Кроме того, сцеп удовлетворяет американским требованиям «двойного» назначения (допускается как буксировка, так и толкание; буксир и баржа считаются двумя различными объектами).

По данным компании «Ocean Tug & Barge Engineering», являющейся лидером среди разработчиков барже-буксирных составов в Северной Америке, сцепы компании «Intercon» имеют значительный запас прочности, и на данный момент не было зафиксировано ни одного случая расцепления состава на волнении [15].

Сцеп «Beacon Jak» компании «Beacon Finland» (Финляндия). Одна из последних разработок на рынке полужестких сцепных устройств (устройство разрабатывалось в кооперации с компанией «Acomarin»), популярна на североамериканском рынке. Характеризуется легкостью конструкции и экономичностью. Особенность сцепа заключается в том, что соединительные полуоси сцепляются с корпусом баржи под углом. По информации производителя данная особенность позволяет уменьшить нагрузку на само сцепное устройство и «разнести» её на предусмотренные конструкцией упоры. Как и на сцепе «Artubar», отверстия в корпусе баржи расположены дискретно, но с более частым шагом, и не позволяют выполнять погрузочно-разгрузочные работы в соединенном состоянии. Сцеп установлен на барже-буксирных составах, эксплуатирующихся на Великих Озерах и в ограниченных районах плавания с высотой волны до 7 м. На сегодняшний день выпускается 4 серии сцепов: для мелководных рек, для рек и озер, для прибрежных районов, для прибрежных районов и выходов в районы с высотой волны не более 7 м [10, 15].

Сцеп «Hydraconn» компании «VanEnkevort Tug & Barge» (США). Компания сконструировала сцеп под свои нужды в начале 90-х годов прошлого столетия, с тех пор принимает индивидуальные заказы. Сцепление буксира с баржей осуществляется с помощью зубчатого наконечника по аналогии со сцепами «Articouple» и «Intercon» [15, 16].

По данным компании «Ocean Tug & Barge Engineering», сцеп «Hydraconn» достаточно успешно работает на Великих Озерах [15].

Сцеп «Bludworth-Cook» компании «Bludworth Marine» (США). Отличается от других сцепов концепции АТВ тем, что сцепление буксира и баржи происходит в одной точке – нос буксира и кормовой рецесс баржи. В стандартной версии сцепа применялся гидравлический захват, в модифицированной версии – шарнирное соединение. По бортам буксира уста-

навливаются бортовые упоры, которые ограничивают перемещение буксира относительно баржи. Сцеп достаточно распространен в Северной Америке благодаря простоте и дешевизне конструкции. Основными недостатками конструкции сцепа являются: необходимость большего по сравнению с другими сцепами концепции АТВ кормового рецесса баржи, что сокращает грузоподъемность состава; отсутствие взаимозаменяемости (кормовой рецесс баржи не подходит под буксир-толкачи других концепций); расцепление при дифференте более 18° [11, 15].

Сцеп «Westec» компании «Westec Equipment International» (Канада). Создавался компанией под путевые условия пролива Джорджия с учетом максимальных высот волн 3-3,5 м, достаточно простое и экономичное сцепное устройство. Основная особенность – самое сцепное устройство устанавливается на баржу (гидроцилиндры с выдвижным плоским захватом, а в корпусе буксира на месте сцепления устанавливают бортовой упор). Силовая установка располагается на барже, тем самым экономится полезное место для экипажа на буксире-толкаче. Допускается изменение осадки в сцепленном состоянии. Опыт эксплуатации (более 15 лет) в проливе Джорджия показал успешность разработки при ограниченном волнении [17].

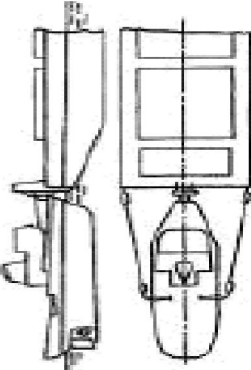
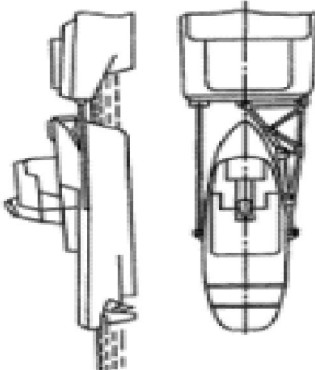
Сцепы типа «Р» и «О» (СССР, Россия). Предназначены для сцепления ББС на внутренних водных путях с высотой волны не более 1,2-1,5 м (тип «Р», верхняя граница – модифицированные варианты сцепов) и 2 м (тип «О»). Серии сцепов различаются в зависимости от мощности энергетической секции и грузоподъемности грузовой / грузовых секций. К примеру, сцеп типа «Р-20 Т-5» используется на толкачах мощностью до 220 кВт и баржах грузоподъемностью до 1000 т, сцеп типа «О-200 Б» – на толкачах мощностью до 1470 кВт и баржах грузоподъемностью до 10000 т. Представляют собой сцепной автоматический замок. Грузовые секции выполняются без кормового рецесса, и сцепление происходит без входа энергетической секции в грузовую, за счет этого увеличивается полезная длина грузовой секции. Часто в качестве дополнительных сцепных устройств используются стальные тросы либо натяжные устройства (счалные устройства) [8].

В таблице 3 приведены основные гибкие сцепные устройства, включая отечественные речные, используемые на ВВП России и Европы.

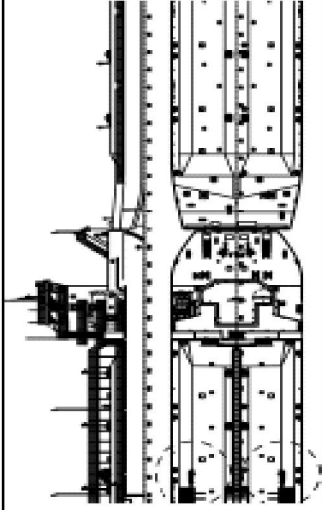
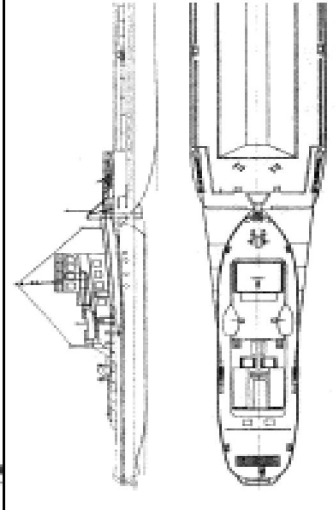
Сцепы компании «Seebeck» и «Sea-link» (США / Канада). Просты в изготовлении и в процессе эксплуатации во время сцепления / расцепления. Спроектированы таким образом, чтобы на волнении буксир и баржа имели возможность свободного перемещения относительно друг друга в вертикальной и поперечной плоскостях. Перемещение буксира и баржи относительно друг друга ограничено в продольной плоскости за счет крепления носовой части буксира к корме баржи (как и в остальных гибких сцепных устройствах). Особенность сцепа «Sea-link» заключается в гибком «толкающем» каркасе, расположенном между энергетической и грузовой секцией состава.

Таблица 3

Основные существующие глубоководные устройства

Слеп	Схема слепа	Практическое применение
«Sebeck»		<p>Район эксплуатации ограничен высотой волны 3-3,5 м. В настоящее время слеп не производится. Данных по эксплуатирующимся составам нет</p>
«Sea-link»		<p>Район эксплуатации ограничен высотой волны 3-3,5 м. В настоящее время слеп не производится. Данных по эксплуатирующимся составам нет</p>

Продолжение табл. 3

Слеп	Схема слепа	Практическое применение
«УДО», «УДР»		<p>Ограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке (максимальное ограничение по высоте волны 2 м для слепа типа «УДО» и 1,2-1,5 м для слепа типа «УДР»). В настоящее время слепа производятся. Составы эксплуатируются на ВВП России</p>
«УН» и система тросов		<p>Ограниченный район эксплуатации при фиксированной осадке (ограничение по высоте волны до 2 м). В эксплуатации находится большое число составов (ВВП России - наляжные устройства и система тросов, ВВП Европы - система тросов)</p>

Источник: [5, 7, 8, 13]

Сцеп «Seebeck» близок к стандартным речным сцепам, в качестве носового устройства используется шарообразный сцеп. Гибкие сцепы значительно уступают полужестким и жестким сцепным устройствам в морских условиях плавания, поэтому в настоящее время сцепы «Seebeck» и «Sea-link» не используются.

В Канаде (Великие Озера) эксплуатируется ББС со сцепным устройством, схожим на глубокую модернизацию сцепа «Sea-link», без гибкого «толкающего» каркаса, с возможностью толкать баржу непосредственно носом буксира-толкача [13].

Сцепы типа «УДР» и «УДО» (СССР, Россия). Предназначены для сцепления изгибаемых ББС на внутренних водных путях с высотой волны не более 1,2-1,5 (тип «УДР», верхняя граница – модифицированные варианты сцепов) и 2 м (тип «УДО»). Серии сцепов различаются в зависимости от мощности энергетической секции и грузоподъемности грузовой / грузовых секций по аналогии со сцепами типа «Р» и «О». В качестве изгибающих устройств применяются гидравлические горизонтальные поворотные балки, сам замок сцепного устройства схож по устройству с соответствующими сцепами типа «Р» и «О» [7, 8].

Натяжные устройства типа «УН» и «УНО» и стальные тросы. Другими словами этот вид сцепного устройства можно назвать счалом – счалным устройством. Натяжные устройства предназначаются для счаливания ББС на внутренних водных путях с высотой волны не более 2 м. Счаливание исключительно тросами применяется, в основном, на ВВП Европы и достаточно редко на ВВП России.

Выводы. Для смешанных река-море перевозок с упором на морскую часть рекомендуется использовать полужесткие сцепные устройства, так как существующие ныне гибкие и «речные» полужесткие сцепные устройства (несмотря на успешные экспериментальные рейсы ББС, состоящих из барж проекта 004ROB05 и буксиров-толкачей типа «ОТ-2000», группы компаний «Палмали» в Азовском море и эксплуатацию ББС, состоящих из барж проекта NBL-90 и буксиров-толкачей проекта POSS-115, компании «Нибулон» в Днепро-Бугском лимане) не соответствуют условиям плавания, а жесткие и полужесткие сцепные устройства морского типа обладают избыточными для обозначенного района плавания характеристиками, которые влияют на стоимость самого сцепного устройства.

К примеру, для линии Днепр-Черное море-Дунай рекомендуется устанавливать сцепные устройства, схожие с приведенным на рисунке 1. Такое расположение устройства позволит сэкономить полезную длину баржи.

Для смешанных река-море перевозок с упором на речную часть (к примеру, для линии Днепр-Очаков (банка Трутаева), с возможностью (с ограничениями по высоте волны) захода в порты «Большой Одессы» – Ильичевск, Южный, Одессу) рекомендуется использовать «речные» полужесткие или гибкие сцепные устройства типа «О» или «УДО» в совокупности со стальными тросами, рассчитанными на соответствующие нагрузки.

Это позволит значительно удешевить постройку состава.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Анализ требований действующих правил классификационных обществ, международных конвенций, опыта проектирования и эксплуатации барже-буксирных составов: Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе. Ч. 1 / Д.Д. Мартынов, В.В. Немцев, А.С. Петров. – СПб.: ЗАО «Спецсудопроект», 2012.*
2. *Егоров А.Г. Оценка эффективности эксплуатации перспективного барже-буксирного состава «Днепро-макс» класса // Вісник ОНМУ: Зб. наук.праць. – Одеса: ОНМУ, 2012. – Вып. 36 (3). – С. 35-54.*
3. *Мытник Н.А. Современное состояние и перспективы развития морских составных судов // Судостроение. – 2009. – № 3. – С. 11-16.*
4. *Преснов С.В. Автоматические сцепные устройства эксплуатируемых толкаемых составов класса Российского речного регистра // Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2012. – № 67 (351). – С. 109-116.*
5. *Проектирование толкаемых составов и составных судов / Б.В. Богданов, Г.А. Алчуджан, В.Б. Жинкин. – Л.: Судостроение, 1981. – 224 с.*
6. *Разработка требований к сцепным устройствам толкаемых составов смешанного плавания: Научно-технический отчет. Ч. I, II / В.П. Лобастов, В.Н. Заякин, Г.П. Котов. – Нижний Новгород: Российский Речной Регистр, 1999.*
7. *Справочник по серийным речным судам: В 12 т. – Т. 7. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.*
8. *Справочник по толкаемым составам внутреннего плавания. – Т. 12. – М.: ФГУП ЦБНТИ МТ РФ, 2001. – 83 с.*
9. *Articulated tug-barge units in service in North America [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.professionalmariner.com/American-Tugboat-Review-2013/Articulated-tug-barge-units-in-service-in-North-America> / (дата обращения 27.01.2015)*

10. *Beacon Finland* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.beaconfinland.com/> (дата звернення 27.01.2015)
11. *Bludworth Marine* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vesselrepair.com/> (дата звернення 27.01.2015)
12. *Intercontinental engineering-manufacturing Corporation* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.intercon.com/> (дата звернення 27.01.2015)
13. *Simmons-Boardman Publishing Corporation. Sea-link and Seebeck Systems Designed for Greatest Possible Relative Motion.* – Bristol, 1976. – P. 54-55.
14. *Taisei Engineering* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.articouple.com/index.html> (дата звернення 27.01.2015).
15. *The Available Connection Systems* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oceantugbarge.com/about-the-atb/64-connection-systems?showall=1> (дата звернення 27.01.2015).
16. *VanEnkevort Tug & Barge* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vtbarge.com/hydracomm.html>. (дата звернення 27.01.2015).
17. *Westec Equipment International Ltd* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.westecequipment.com/> (дата звернення 27.01.2015).
18. *Wright Christopher. Tug/Barge Options.* – Canada: The Mariport Group Ltd, 2000. – 14 p.

Стаття надійшла до редакції 25.12.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» **Н.В. Єфремова**

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» **О.В. Демідюк**

УДК 629.5

А.О. Канифольский, Ю.М. Ларкин

**ВМЕСТИМОСТЬ МАЛОТОННАЖНОГО СУДНА
ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ**

В статье рассмотрены современные методики расчета валовой и чистой вместимости судов. Предложены график и формулы для определения коэффициентов общей и продольной полноты корпуса судна до верхней палубы, для судов переходного режима движения. Эти данные могут быть использованы для построения эюры вместимости, которая учитывает современные требования к надводному борту судна и учитывает специфику формы судов переходного режима. Для трансформации эюры вместимости предложено использовать способ Лекенби.

Ключевые слова: *вместимость, эюра вместимости, малотоннажное судно, переходный режим движения.*

У статті розглянуті сучасні методики розрахунку валової і чистої місткості суден. Запропоновано графік і формули для визначення коефіцієнтів загальної та поздовжньої повноти корпусу судна до верхньої палуби, для суден перехідного режиму руху. Ці дані можуть бути використані для побудови еюри місткості, яка враховує сучасні вимоги до над-водного борту судна і специфіку форми корпусу суден перехідного режиму. Для трансформації еюри місткості запропоновано використовувати спосіб Лекенбі.

Ключевые слова: *вместимость, эюра вместимости, малотоннажное судно, переходный режим движения.*

The methods of calculating gross and net tonnage are considered in the article. The formulas for calculation of the block and longitudinal prismatic coefficients to the upper deck, for vessels of transitional mode, are proposed. These data can be used to construct capacity plan, which takes into account the current requirements for freeboard and takes into account the specifics of the hull shape of the fast ships. The method Lekenbi can be used for transformation of the capacity plan.

Keywords: *capacity, capacity plan, small ship, transitional mode.*

Постановка проблемы. Под обеспечением вместимости, в теории проектирования судов, понимают такое соотношение объемов, при котором требуемый объем корпуса, надстроек и рубок соответствует фактическому объему и/или требуемая суммарная площадь палуб, платформ, ярусов судна соответствует его фактической площади. Для графического

описания вместимости всех помещений судна используют эпюру вместимости. Обычно определяют следующие виды грузовместимости: теоретическая, киповая, зерновая, с единицами измерения м³. Пассажиrowместимость и вместимость по накатной технике обычно измеряют числом пассажиров и числом единиц накатной техники. Рассматривая классификацию судов [1], можно отметить, что в переходном режиме движения могут эксплуатироваться пассажирские, грузопассажирские, туристические, лоцманские суда и суда обеспечения. Для этих типов судов, при расчете вместимости характерным будет применение уравнения связывающего требуемые и фактические площади палуб, платформ и ярусов судна. В дальнейшем, после определения минимально необходимых просветов между палубами и высот ярусов надстроек и рубок, можно перейти к объемам.

В настоящее время, существуют требования международной конвенции по обмеру судов, национальные правила и правила обмера судов, проходящих различными каналами (Суэцким, Панамским). Единицы измерения валовой GT и чистой NT вместимости, которая получена в результате применения конвенционных и национальных правил, в настоящий момент отсутствуют. При применении Суэцких правил обмера, единица измерения вместимости – регистровая тонна.

Разделение вместимостей на грузовместимость и пассажирowместимость нашло отражение в формуле для определения конвенционной чистой вместимости $NT = k_2 V_c \left(\frac{4d}{3D} \right) + k_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$. Первая часть этого уравнения связана с грузовместимостью (V_c – общий объем грузовых пространств), а вторая с пассажирowместимостью (N_1 и N_2 – общее число пассажиров на судне). Валовая вместимость судна определяется по формуле $GT = k_1 V$ и зависит от общего объема всех закрытых пространств на судне V и коэффициента $k_1 = 0,2 + 0,02 \lg_{10} V$.

Оба вида вместимости NT и GT заносятся в международное мерительное свидетельство и используются:

- как удостоверение судна;
- как параметр, который характеризует размеры судна, с целью применения к судну тех или иных требований международных конвенций и национальных правил;
- как показатель для получения с судна сборов за эксплуатационные услуги (услуги лоцмана, проход каналов, использование буксиров, доков, причалов и т.д.);
- как статистический показатель;
- определения стоимости фрахтования судна или его продажи.

Вопрос о валовой и чистой вместимости судна является, несомненно, важным, так как напрямую связан с начислением судовых сборов и применимостью к данному судну тех или иных национальных правил и требований международных морских конвенций. Поэтому судовладелец стремится получить судно с минимальными значениями валовой и чистой вместимости, при необходимой грузо- и/или пассажировместимости.

Цель работы (Части общей проблемы, которые не решены ранее). Необходимо определить максимальные значения валовой и чистой вместимости, которые будут характеризовать малотоннажное судно переходного режима движения, и предложить способ проектирования эпюры вместимости и ее последующей модификации, с целью придать судну необходимые мореходные и эксплуатационно-экономические качества.

Изложение основного материала исследования. Если рассматривать требования различных международных морских конвенций, то можно отметить, что эти требования зачастую применяются к судам длиной более чем 24 метра. В различных национальных Правилах длина малого судна определяется по-разному ($L < 65\text{ м}$ – Bureau Veritas; $L < 50\text{ м}$ – Lloyd's Register of Shipping; $L < 24\text{ м}$ – Register of Shipping of Ukraine). Проблема определения длины, которая характеризует малотоннажное быстроходное судно, решена в [2]. В этой работе доказано, что длина малого быстроходного судна прибрежного района плавания $L < 38\text{ м}$.

Для быстроходных судов переходного режима движения, существует диапазон оптимальных значений соотношений их главных размеров. Относительная длина $\frac{L}{B}$ от 5,5 до 7. Отношение ширины судна к

осадке $\frac{B}{d}$ лежит в пределах от 4,2 до 5,3. Эти соотношения продиктованы

соображениями снижения сопротивления воды движению судна в переходном режиме движения. Как известно, при движении судна с относительной скоростью характеризующейся числами Фруда по водоизмещению от 1 до 3 сопротивление воды движению значительно возрастает и возникает необходимость проектировать судно с параметрами, обеспечивающими минимум этой физической величины. После определения средних значений приведенных выше диапазонов соотношений главных размеров судна, появляется возможность рассчитать ширину и осадку малого судна, которое исследуется: $L = 38\text{ м}$, $B = 6,1\text{ м}$, $d = 1,3\text{ м}$. Высота борта может быть связана, для целей настоящего исследования, с требованиями к высоте надводного борта, которые предъявляет международная конвенция о грузовой марке. Например, для судна типа «В», длиной 38 метров и базисным надводным бортом $F_b = 0,316\text{ м}$ высота борта составит $D = 1,6\text{ м}$.

Обычно валовая и чистая вместимости судна рассчитываются по формулам конвенции по обмеру судов. В случаях, когда невозможно по

тем или иным причинам применить формулы конвенции применяется упрощенный метод, который предлагает ИМО [3]. В формуле, для вычисления валовой вместимости, $GT = aLBD$ учитываются длина, ширина, высота борта судна и коэффициент a , который зависит от значения кубического модуля LBD . Для исследуемого судна $GT = aLBD = 0,58 \times 371 = 215$. Чистая вместимость $NT = 0,6GT = 0,6 \times 215 = 129$. Если рассматривать длину быстроходного судна 24 м, как точку отсчета для применимости национальных украинских правил, то ширина судна, при такой длине, будет 3,8 м, осадка $d = 0,8$ м и соответственно высота борта $D = 1,0$ м. Валовая вместимость $GT = aLBD = 53$. Чистая вместимость $NT = 0,6GT = 0,6 \times 53 = 32$.

Для сравнения конвенционного и упрощенного методов расчета вместимости были выбраны три малотоннажных судна переходного режима движения, с избыточным надводным бортом. Конвенционный тоннаж этих судов был определен специалистами Bureau Veritas. Обычно требования конвенции применяются для судов длиной более чем 24 м. Одно из рассматриваемых судов имеет меньшую длину, но данные о конвенционном тоннаже этого судна есть в Register of ships BV. Результаты расчета вместимости по двум методикам приведены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты расчета вместимости судов

Название судна	Длина судна	$Fr_L = \frac{v}{\sqrt{gL}}$	Конвенц. GT	Конвенц. NT	Метод ИМО GT	Метод ИМО NT
Sanergy Landok	26	0,8	126	37	282	169
Dharti II	13,2	0,45	35	12	90	54
New Frontiers Express	36,5	0,8	139	54	164	98

Формулы для приблизительной оценки GT и NT , для малотоннажных судов: $GT = 1,1\Delta$ и $NT = 0,34GT$, где Δ – водоизмещение судна.

Правила Регистра судоходства Украины по обмеру морских судов и судов смешанного плавания предлагают определять валовую вместимость судов длиной менее 24 м. по следующей формуле $GT = 0,25(V_1 + V_2)$. В эту расчетную формулу входят объем корпуса до верхней палубы V_1 и общий объем всех закрытых пространств выше верхней палубы V_2 . Объем корпуса до верхней палубы рассчитывается по

формуле $V_1 = 0,68LBD$. Объем V_2 можно рассчитать $V_2 = 0,8h_n L_n B_n$, где h_n , L_n и B_n – стандартная высота надстройки, ее длина и ширина. Высота стандартной надстройки, в соответствии с требованиями конвенции о грузовой марке 1,8 м, длину надстройки примем равной длине судна, максимально возможное значение. Валовая вместимость малого судна будет равна $GT = 0,25(V_1 + V_2) = 0,25(0,68LBD + 0,8h_n L_n B_n)$. После подстановки значений, получим $GT = 49$. Чистая вместимость NT судов составляет 30 % валовой вместимости $NT = 0,3 \times 49 = 15$.

Таблица 2

*Максимальные значения GT и NT малого судна
с минимальным надводным бортом*

Длина судна L = 38 м	
Метод ИМО	
GT	NT
215	129

В вышеприведенной формуле, при расчете объема корпуса до верхней палубы V_1 , предполагается, что коэффициент общей полноты корпуса судна до верхней палубы равен $c_{bud} = 0,68$, $V_1 = 0,68LBD$. Требуется уточнить значение этого коэффициента для малотоннажных судов переходного режима $V_1 = c_{bud}LBD$. Представим объем корпуса до верхней палубы судна как сумму объемного водоизмещения и запаса плавучести $c_{bud}LBD = c_b Lbd + c_w LBF_b$. В формуле для запаса плавучести предполагается, что значение коэффициента полноты площади ватерлинии c_w , длина и ширина судна изменяются незначительно, в пределах высоты надводного борта судна F_b . После преобразований формула для расчета объема корпуса судна до его верхней палубы примет вид $c_{bud} = \frac{c_b d}{D} + \frac{c_w F_b}{D}$. Из этого выражения видно, что коэффициент c_{bud} зависит от значений коэффициентов общей полноты и полноты ватерлинии, а также от отношений осадки и надводного борта к высоте борта судна. Значения отношений $\frac{d}{D}$ и $\frac{F_b}{D} = \frac{D-d}{D} = 1 - \frac{d}{D}$ для судов с минимальным надводным бортом, возможно, определить, используя данные международной конвенции о грузовой марке. Одно из определений этой конвенции – «стандартное судно», которое имеет отношение длины судна к высоте борта $\frac{L}{D} = 15$. Используя таблицу базисного надводного борта для судов типа «В», длиной до 38 м, можно получить значение отношения

$\frac{d}{D} = 0,88$. После подстановки этого значения в формулу для расчета ко-
эффициента c_{bud} , формула примет вид $c_{bud} = 0,88c_b + 0,12c_w$. Для судов
с избыточным надводным бортом отношение $\frac{d}{D}$ можно принять равным
0,67 [4]. Такое значение характерно для быстроходных автомобильно-
пассажирских паромов (один из вариантов малотоннажного судна пере-
ходного режима движения) и для этого типа судов формула расчета ко-
эффициента c_{bud} примет вид $c_{bud} = 0,67c_b + 0,33c_w$. Приемлемые значе-
ния коэффициентов c_b и c_w , для судов переходного режима, лежат в до-
вольно узких пределах [5], что продиктовано соображениями снижения
сопротивления воды при движении судна. Рекомендуемое значение ко-
эффициента общей полноты судна находится в диапазоне от 0,4 до 0,6.
Выбор коэффициента c_w связан с формой ватерлинии судна и принимает
среднее значение около 0,82. Расчеты коэффициента c_{bud} по обеим фор-
мулам представлены на рис. 1.

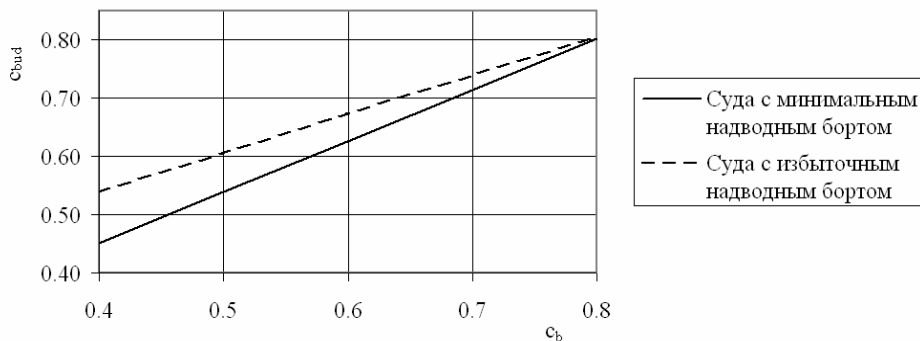


Рис. 1. Значения коэффициента c_{bud} для судов с различными типами надводного борта

Классическое уравнение грузоподъемности

$$W = (k_1 k_2 L - k_3 l_m) (D - h_{\partial\partial}) B,$$

предложенное Л.М. Ногилом, учитывает высоты борта D и двойного дна $h_{\partial\partial}$; длину судна и длину машинного отделения l_m ; ширину судна B и ряд коэффициентов, характеризующих устройство и форму корпуса судна. После решения этого уравнения можно приступить к сравнению требуемой и фактической грузоподъемности.

Для быстроходных судов, как уже было отмечено, характерными видами грузов будут пассажиры (пассажирский вариант), пассажиры и груз на накатных палубах (грузопассажирский вариант), для туристических и лоцманских судов необходимо обеспечить площади и объемы корпуса для расположения экипажа и отдыхающих. Все эти варианты применения быстроходных судов переходного режима движения предполагают наличие площадей для размещения составляющих весовой нагрузки. Поэтому логичным будет применение уравнений связывающих требуемую и фактическую площадь для размещения всех компонентов входящих в уравнение вместимости [5].

Число пассажиров должно соответствовать числу предназначенных для них мест (спальных или сидячих), а для палубных пассажиров – площади палуб, пригодных для их расположения [6]. В этом же первоисточнике даются рекомендации по проектированию площадей на судах прибрежного плавания. Эти данные также изложены в требованиях к необходимым площадям на судах различных категорий и групп, которые изложены в санитарных правилах для морских судов.

В процессе проектирования важно учесть требования к различным качествам будущего судна. И именно поэтому составляются различные системы уравнений, которые связывают эти качества.

Например, если рассмотреть метод трансформации теоретического чертежа по Лекенби, реализованный в программе FREE!ship (рис. 2), то здесь возможно приведение в соответствие плавучести, ходкости судна и данных, полученных в результате расчета весовой нагрузки судна.

Этот способ трансформации основан на перемещении шпангоутов исходного чертежа в другие точки по длине судна. Следствием этой операции будет перемещение ординат строевой по шпангоутам.

Для определения приращения dx Лекенби предлагает следующую формулу: $dx = C(1-x)(x+a)$. Далее вводятся граничные условия:

- при $x = 1$, $dx = 0$;
- при $x = p$, $dx = dp = C(1-p)(p+a)$;
- $dc_p = \int_0^1 \int_0^1 dx dy$.

После преобразований получим

$$dc_p = C \int_0^1 (x - x^2 - p + px) dy + \frac{dp}{1-p} \int_0^1 (1-x) dy.$$

Так как $\int_0^1 dy = 1$; $\int_0^1 x dy = \varphi$; $\int_0^1 x^2 dy = 2c_p l_c$, то после интегриро-

вания получим $dc_p = C(c_p - 2c_p l_c - p + pc_p) + \frac{dp}{1-p}(1-c_p)$.

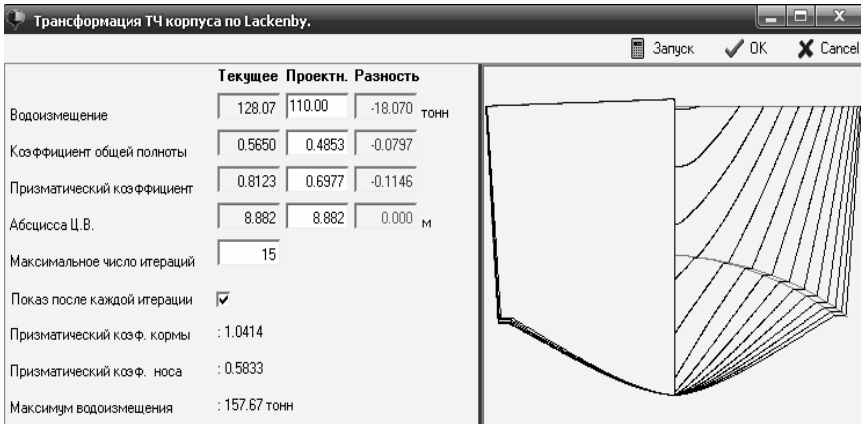


Рис. 2. Трансформация теоретического чертежа судна в программе FREE!ship

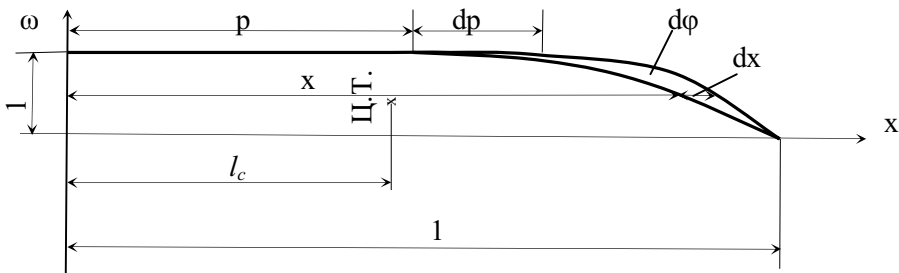


Рис. 3. Изменение строевой по шпангоутам по методу Лекенби

После определения коэффициентов C и $a = \frac{dp}{C(1-p)} - p$ и подстановки их в формулу $dx = dp = C(1-p)(p+a)$ получим

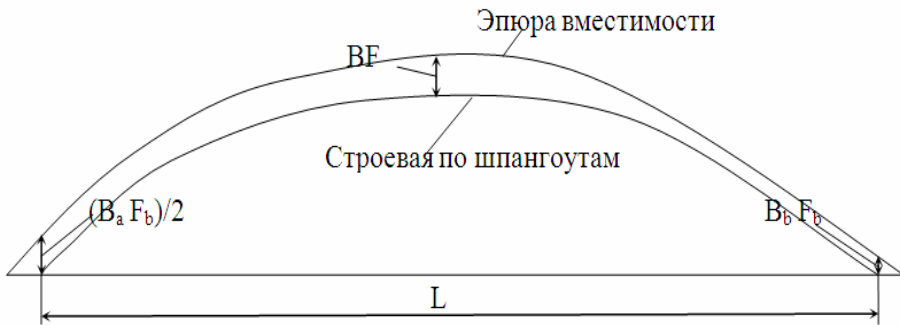
$$dx = (1-x) \left[\frac{dp}{1-p} + \frac{x-p}{A} (dc_p - dp \frac{1-c_p}{1-p}) \right].$$

В этой формуле $A = c_p(1-2l_c) - p(1-c_p)$. В частном случае, когда p – длина цилиндрической вставки в долях полудлины судна равна 0 и ее приращение $dp = 0$, формула для определения приращения абсциссы шпангоута dx примет вид $dx = \frac{x(1-x)}{1-2l_c} \frac{dc_p}{c_p}$. В приведенных

выше формулах ω – площади шпангоутов в долях площади мидель-шпангоута; x – абсциссы шпангоутов в долях полудлины судна; dx – приращения этих абсцисс; p – длина цилиндрической вставки в в долях полу-

длины судна; l_c – абсцисса центра величины рассматриваемой половины судна.

Используя метод Лекенби можно получить строевую по шпангоутам с заданным коэффициентом продольной полноты, что является одним из факторов, который будет обеспечивать судну минимум сопротивления воды при движении судна. Используя данные о надводном борте F , которые предложены конвенцией о грузовой марке и зная ширину проектируемого судна можно построить эпюру вместимости для этого судна (рис. 4). Примечателен тот факт, что конвенция не предъявляет требований к высоте надводного борта в кормовой части судна F_a и содержит ограничения для надводного борта в носовой части судна и на миделе. Для проектирования кормового надводного борта возможно применение Правил [7] к судам длиной менее чем 24 м. Минимальная высота надводного борта в корме, на кормовом перпендикуляре при наибольшем расчетном дифференте на корму, должна составлять не менее половины высоты надводного борта в носу.



*Рис. 4. Формирование эпюры вместимости
с учетом требований к надводному борту судна и его ходкости*

Для судов портового и рейдового плавания допускается снижение высоты надводного борта в носу и в корме. При этом высота в носу должна оставаться не менее 0,5 м, а высота в корме – не менее минимальной высоты в средней части судна. Данные об изменении ширины судна, в зависимости от расположения поперечного сечения по длине корпуса, можно получить, исследуя кривые предложенные Власовым. Анализ этих кривых, для носовой части ватерлинии, предложен в [5] и выбрана оптимальная кривая для судов переходного режима движения.

Полученную таким образом эпюру вместимости можно трансформировать, используя метод Лекенби, предварительно заменив коэффициент продольной полноты c_p на коэффициент продольной полноты корпуса судна до верхней палубы c_{pid} , в формуле для расчета

$$dx = (1-x) \left[\frac{dp}{1-p} + \frac{x-p}{A} (dc_{pud} - dp \frac{1-c_{pud}}{1-p}) \right].$$

Значение коэффициента c_{pud} может быть получено следующим образом. Как известно коэффициент продольной полноты корпуса судна может быть получен в результате деления коэффициента общей полноты на коэффициент полноты

площади мидель-шпангоута $c_p = \frac{c_b}{c_m}$. Проведем аналогию между коэффициентом общей полноты корпуса судна c_b и коэффициентом общей полноты корпуса до верхней палубы c_{bud} , можно записать $c_{pud} = \frac{c_{bud}}{c_{mud}}$.

Используя приведенные выше формулы для коэффициента c_{bud} и учитывая, что коэффициент полноты площади мидель-шпангоута мало изменится в результате изменения осадки судна, считая от проектной ватерлинии до верхней палубы $c_m \approx c_{mud}$, получим формулы для судов с минимальным и избыточным надводным бортом соответственно $c_{pud} = 0,88c_p + 0,12 \frac{c_w}{c_m}$ и

$c_{pud} = 0,67c_p + 0,33 \frac{c_w}{c_m}$. Используя эти формулы и метод Лекенби, появляется возможность изменять эпюру вместимости проектируемого судна.

Выводы. Из приведенных выше рассуждений видно, что при применении упрощенной методики ИМО, значения валовой и чистой вместимости, а значит и требования к судну и расходы, связанные с его эксплуатацией значительно выше, чем при применении требований Правил. Такая же картина наблюдается и при сравнении упрощенного метода ИМО и метода предлагаемого в конвенции по обмеру судов.

Валовая вместимость малого судна с минимальным надводным бортом $GT < 215$. Чистая вместимость малотоннажного судна $NT < 129$.

Возможно применение графиков и формул, предложенных в статье, для определения коэффициентов общей и продольной полноты корпуса судна до верхней палубы. Эти данные рекомендованы для судов переходного режима движения.

Предложенный способ построения эпюры вместимости основан на современных требованиях к надводному борту судна и учитывает специфику формы судов переходного режима.

Способ Лекенби для получения трансформированных строевых по шпангоутам может быть применен при проектировании эпюры вместимости.

Способ Лекенби для получения трансформированных строевых по шпангоутам может быть применен при проектировании эпюры вместимости.

Способ Лекенби для получения трансформированных строевых по шпангоутам может быть применен при проектировании эпюры вместимости.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бронников А.В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1991. – 319 с.
2. Канифольский А.О. Термин «быстроходное малое судно прибрежного плавания» // Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2010. – № 29. – С. 17-25.
3. MSC/Circ.653. Simplified tonnage calculation for existing ships which do not have their gross tonnage determined in accordance with the 1969 tonnage convention. – 2 с.
4. Канифольский А.О. Определение главных размерений быстроходных однокорпусных водоизмещающих судов на начальных стадиях проектирования: Дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.О. Канифольский; Одесский национальный морской университет. – Одесса, 2003. – 153 с.
5. Канифольский А.О. Анализ основных параметров формы быстроходных однокорпусных водоизмещающих судов // Вісник ОДМУ. – 2001. – № 6. – С. 62-68.
6. Регистр судоходства Украины. Правила освидетельствования судов. – К.: Регистр судоходства Украины, 2005. – 573 с.
7. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. – Т. 3. – СПб., 2007.

Стаття надійшла до редакції 09.09.2014 р.

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету **О.В. Демідюк**

кандидат технічних наук, доцент, технічний директор Морського інженерного бюро **В.І. Тонюк**

УДК 629.123.3

А.А. Сёмин

**ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ
И ЭФФЕКТИВНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ
ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ**

В статье приведены экспресс-методы оценки рыночной стоимости судна, а также эффективности его содержания в эксплуатации. Эффективность содержания определяется по критериям условного суточного расхода топлива и расходов на одного пассажира в сутки.

Ключевые слова: пассажирское судно, проектирование, рыночная стоимость, эффективность содержания.

В статті наведено експрес-методи щодо оцінювання ринкової вартості судна, а також ефективності його утримання під час експлуатування. Ефективність утримання визначається згідно критеріїв умовної добової витрати палива та витрат на одного пасажира за добу.

Ключові слова: пасажирське судно, проектування, ринкова вартість, ефективність утримання.

The article presents the express-methods for the assessment of the market value of the vessel, as well as the effectiveness of its content in the operation. The effectiveness of the content is determined by the criteria of the conditional daily fuel consumption and costs per passenger per day.

Keywords: the passenger ship, design, market value, the effectiveness of the content.

Постановка проблемы. На ранних стадиях проектирования, как правило, довольно сложно провести расчет рыночной стоимости судна в связи с отсутствием достаточного количества данных о номенклатуре оборудования, поставщиках и судостроительном предприятии. При этом, с одной стороны – рыночная стоимость судна является величиной неустойчивой и подверженной колебаниям конъюнктуры рынка как самих новостроев, так материалов и оборудования, а с другой стороны – себестоимость производимой продукции очень сильно подвержена колебаниям в зависимости от типа и мощности судостроительного предприятия. Однако, как заказчику, так и проектанту уже на предварительных стадиях проектирования необходимо располагать величинами рыночной стоимости для определения объема инвестиций при строительстве, и эксплуатационных затрат – для оценки эффективности содержания судна в эксплуатации. В этом случае, целесообразно произвести комплекс экспресс-оценок рыночной стоимости по относительным показателям, отражающим уровень цен данного периода времени, используя близкие суда-прототипы, а

для оценки эксплуатационных затрат – использовать рассчитанные технико-эксплуатационные данные проектируемого судна.

Цель работы. Разработать аналитические зависимости для экспресс-оценок рыночной стоимости пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания (ПСВСП) и стоимости их содержания; вывести относительный показатель, отображающий уровень эффективности судна в эксплуатации.

1. Экспресс-оценка рыночной стоимости. Согласно исследованиям, проведенным автором, было выяснено, что наиболее достоверные результаты для ПСВСП, вместимостью от 150 до 250 пассажиров, дает относительный показатель стоимости C' , отнесенный к метру кубического модуля судна

$$C' = \frac{C_p}{LBD'} \quad (1)$$

где C_p – рыночная стоимость судна.

D' – высота судна (от основной линии до верхней кромки самого верхнего яруса надстройки), м.

По результатам статистического исследования, была определена формула определения C' от LBD'

$$C' = 1,4 \cdot 10^5 (LBD')^{-0,52} \quad (2)$$

Путем совместного решения уравнений (1) и (2) относительно C_p получена зависимость для оценки рыночной стоимости ПСВСП для уровня цен периода исследований (2003-2013 г.)

$$C_p = 1,4 \cdot 10^5 (LBD')^{0,48}, \text{ ам. долл.} \quad (3)$$

Полученное значение рыночной стоимости округляется до миллиона [4].

Анализируя уровень цен на пассажирские суда внутреннего плавания, построенные на европейских верфях начиная с 1998 г. можно отметить ежегодный рост их рыночной стоимости на 2-4 % ежегодно. Как правило, срок проектирования и строительства ПСВСП занимает от двух до четырех лет. Таким образом, для возможности прогнозирования стоимости судна к моменту его постройки, необходимо учесть число прогнозируемых лет n_t и процент подорожания за каждый год.

Данная экспресс-оценка не учитывает кредитование либо иные инвестиционные способы финансирования строительства.

2. Обобщенная оценка стоимости содержания. Одним из важнейших факторов принятия решения о строительстве либо приобретении пассажирского судна является эффективность его содержания за определенный период времени. При оценке эффективности содержания судна, назначения уровня фрахтовой ставки либо стоимости проезда, как прави-

ло, выполняют комплексный расчет расходов, отнесенный к одному дню круиза либо навигации. Для этого необходимо располагать точной информацией о структуре и уровне расходов судна и компании – владельца либо фрахтователя. При этом, для одного и того же судна, работающего в разных компаниях и для разных фрахтователей, структура и соотношение доходов и расходов также будет различным и подвержены значительным колебаниям [4].

Среди всей структуры расходов, при любых схемах оперирования судном, неизменным остаётся уровень расходов связанных с затратами топлива, потребляемого главной и вспомогательной энергетическими установками. В связи с этим, уровень эффективности проектируемого судна можно оценить по показателю максимального условного относительного расхода топлива в сутки

$$R_{топл} = \frac{R_{ГД} + R_{ДГ}, \text{ усл. л. сут./пасс.},}{N} \quad (4)$$

где $R_{ГД}$ – суммарный расход топлива главной энергетической установки, л·сут.;

$R_{ДГ}$ – суммарный расход топлива вспомогательной энергетической установки, л·сут.

Суммарный расход топлива энергетических установок определяется по формуле

$$R_i = 0,024 r_i N e_i, \text{ л. сут.} \quad (5)$$

где r_i – удельный расход топлива, г/кВт·ч.

В настоящий момент для новостроев в качестве главных и вспомогательных двигателей используются, как правило, среднеоборотные ДВС с удельным расходом топлива 200–185 г/кВт·ч для ДВС мощностью 700–1500 кВт соответственно и 220–200 г/кВт·ч для ДВС мощностью 100–700 кВт.

Принимая средний уровень удельного расхода топлива для главной и вспомогательной энергетических установок $r_i = 200$ г/кВт·ч, по формулам (5), (6) был определен $R_{топл}$ для исследуемых судов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Условный относительный расход топлива

Название судна	$R_{топл},$ усл.л сут./пасс.	K_k	Район плавания		Усредненная оценка экономической эффективности ³
Mozart	73	4,87	1,3 ¹	Дунай-макс ²	0
Volero	69	4,68	1,3	Дунай-макс	+
Казань	142	4,68	2,2	...	-
Primadonna	69	4,58	1,3	Дунай-макс	+

Продолжение табл. 1

a'Rosa Donna	54	4,54	1,3	Дунай-макс	+
Киев	81	4,39	2,1	...	-
Donauprin-zessin	56	4,27	1,3	Дунай-макс	+
Viking Rhone	65	4,05	1,2	Дунай-макс	+
Т.Г. Шевченко	77	3,97	2,1	Волго-Дон-макс	-
Максим Горький	49	3,93	2,1	Волго-Дон-макс	0
Украина	59	3,86	1,3	Дунай-макс	0
Princesse de Provence	52	3,77	1,2	Дунай-макс	0
Антон Чехов	65	3,73	2,1	Волго-Дон-макс	-
Волга	52	3,5	1,3	Дунай-макс	0
Валериан Куйбышев	44	3,39	2,1	Волго-Дон-макс	+
Сергей Есенин	53	3,37	2,1	Волго-Дон-макс	-
Владимир Ильич	68	3,26	2,1	Волго-Дон-макс	-
Капитан Пушкарев	29	3,08	2,1	Волго-Дон-макс	0
Дунай	51	2,79	1,3	Дунай-макс	-

Примечания:

- ¹ – согласно классификации автора [4];
- ² – согласно классификации Морского Инженерного Бюро [2];
- ³ – согласно информации, поступившей от владельцев.

Полученное по формуле (4) значение $R_{\text{молл}}$ необходимо сравнить с близкими прототипами, либо значениями в таблице 2.

Таблица 2

Диапазоны эффективности для ПСВСП различных категорий

Уровень комфортабельности, звезд	$R_{\text{молл}}$, усл.л./пасс сут.
***	30-50
****	50-70

Учитывая цены на топливо периода 2012-2014 гг. и, исходя из анализа коммерческой эффективности работающих судов, можно сделать вывод о том, что для ПСВСП у которых $R_{\text{топл}}$ выше верхних границ диапазонов, указанных в табл. 2 коммерческая эффективность достигается в основном за счет завышенных цен на путевки. В некоторых случаях цена путевки может превысить ожидания туристов от комфортного отдыха и судно будет испытывать проблемы с загрузкой пассажирами. Указанные суда, как правило, не способны самостоятельно коммерчески эффективно работать в условиях «низкого» и иногда даже «среднего» рынка, их эффективность может достигаться только за счет совместной коммерческой работы с другими составляющими деятельности владельца. Для приведения судна в указанные в табл. 2 диапазоны эффективности, необходимо уменьшить массо-габаритные характеристики судна и заново произвести расчет энергетического комплекса судна либо увеличить пассажироместимость судна в тех же габаритах и при том же уровне комфортабельности. Для ПСВСП у которых $R_{\text{топл}}$ ниже нижних границ диапазонов, указанных в табл. 2, будет наблюдаться недостаток факторов конструктивной комфортабельности (теснота, отсутствие бытовых удобств и т.д.), что также будет служить отпугивающим фактором для пассажиров. В этом случае рекомендуется увеличить суммарную площадь блока помещений для пассажиров за счет помещений других назначений (открытых палуб) либо уменьшить пассажироместимость.

Такой фактор оптимизации экономики судна как использование т.н. «тяжелых» или «моторных» сортов топлива марок IFO, HFO и т.п. на современных ПСВСП как правило не применяется по нескольким причинам, среди которых: необходимость дополнительного оборудования для топливоподготовки, площади и энергии для него; необходимость увеличения машинного персонала судна; необходимость проведения более частого техобслуживания и ремонтов; грязный выхлоп. Поэтому в ЭУ ПСВСП как правило применяется дизельное топливо марок MDO не требующее никаких подготовительных действий и оборудования.

На ПСВСП последних лет постройки в состав судовой ЭУ активно вводятся солнечные батареи совместно с конструктивными энергосберегающими технологиями по всему судну, что позволяет оптимизировать топливные затраты судовой электростанции, поэтому можно прогнозировать, что диапазоны эффективности, указанные в табл. 2 со временем будут смещаться в сторону уменьшения.

Проведенный выше сравнительный анализ величины $R_{\text{топл}}$ с финансовым результатом ПСВСП в эксплуатации, позволяет утверждать, что величина $R_{\text{топл}}$ является наиболее достоверным экспресс-индикатором уровня коммерческого успеха пассажирского судна, т.е. чем ниже величина $R_{\text{топл}}$, в установленном диапазоне, тем выше экономическая эффективность судна. При этом, район плавания судна не является главным определяющим фактором. Независимо от района плавания, величина $R_{\text{топл}}$ должна укладываться в указанный в табл. 2 диапазон. Это достигается

путем наблюдения баланса вместимости, комфортабельности, массо-габаритных характеристик и мощности ЭУ, связанной с районом плавания.

Кроме факторов, рекомендованных выше, оптимизировать экономику уже существующего судна и несколько снизить влияние высокого $R_{монл}$, можно путем подбора продолжительности навигационного периода и доли чистого ходового времени в навигационный период. Варьирование этими величинами позволяет спрогнозировать и установить оптимальный уровень затрат, связанных с расходом топлива

$$R_{opt} = \frac{H_n (R_{ГД} t_{ход} + R_{ДГ} t_{загр})}{N k_3 n_{кр}}, \text{ усл.л.нав./пасс.} \quad (6)$$

где H_n – навигационный период, сут.;

$t_{ход}$ – доля чистого ходового времени в навигационный период;

$t_{загр}$ – коэффициент загрузки судовой электростанции, принимается усредненное значение, равное 0,5;

k_3 – коэффициент средней загрузки судна пассажирами (0,6-0,8);

$n_{кр}$ – предполагаемое число круизов за навигацию.

Анализ расписаний существующих ПСВСП позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день навигационный период H_n для ПСВСП работающих в бассейнах рек Дунай и Рейн составляет в среднем 240-250 суток, для судов, работающих в бассейнах Днепра и Волги – 100-150 суток. Чистое ходовое время $t_{ход}$ в навигационный период находится в диапазоне 25-60 % (0,25-0,6) от общего времени навигационного периода – для судов европейских рек и в диапазоне 65-90 % (0,65-0,9) – для судов отечественных рек. В связи с этим, можно констатировать, что пассажирские суда работающие на ВВП Украины и Российской Федерации находятся в более неблагоприятных эксплуатационных условиях по сравнению с судами работающими на ВВП Западной и Восточной Европы. Главные причины подобных различий в H_n и $t_{ход}$ заключаются в том, что на отечественных ВВП более неблагоприятный климат, который сильно ограничивает сезонный спрос, значительные расстояния между привлекательными пунктами захода и не слишком доступная отечественным туристам стоимость круизов, что резко снижает загрузку судов в весенний и осенний периоды навигации. Таким образом, уменьшение доли ходового времени в рамках круиза (где это целесообразно и возможно), является реальным резервом снижения расходов и оптимизации экономики судна.

3. Персонафицированная экспресс-оценка стоимости содержания. Данная экспресс-оценка может проводиться либо как дальнейшее продолжение обобщенной экспресс-оценки, если расчет показал величину $R_{монл}$ в благоприятном диапазоне эффективности либо самостоятельно, при наличии необходимых входных данных.

Анализируя эксплуатационные расходы ПСВСП, можно выделить три их главных составляющих (в порядке убывания): питание пассажи-

ров; топливо; зарплата экипажа. Эти три группы расходов в сумме составляют ок. 65-70 % всех эксплуатационных расходов по судну (без учета ремонтов). Таким образом, величину себестоимости эксплуатации судна, отнесенную к одному пассажиру в сутки R , можно представить в виде зависимости

$$R = (E + F + S) k_r, \text{ долл./пасс. сут.} \quad (7)$$

где E – стоимость питания одного пассажира в сутки (для периода 2014 г. – 15-17 долл./пасс. сут.);

$$S = \frac{S_c}{N} - \text{фонд заработной платы экипажа, долл./пасс. сут.};$$

ρ – плотность топлива, т/м³;

S_f – стоимость топлива, долл./т;

$k_3 = 0,45-0,7$ – коэффициент фактической загрузки СЭУ;

S_c – заработная плата экипажа, долл./сут.;

N – пассажировместимость, чел.;

$k_r = 1,3-1,35$ – суммарный коэффициент прочих расходов.

В случае необходимости, стоимость ремонтов и прочих эпизодических прогнозируемых расходов, а также стоимость содержания компании, кредитование, инвестирование, уровень прибыли и т.д. учитываются в виде надбавок к величине R , исходя из данных заказчика.

Выводы

1. Разработаны экспресс-методы оценки стоимости проектируемых ПСВСП, а также суточной себестоимости в эксплуатации.

2. Наиболее достоверные результаты для ПСВСП, вместимостью от 150 до 250 пассажиров, дает показатель стоимости, отнесенный к метру кубического модуля судна. С учетом данного условия, разработаны аналитические зависимости для определения рыночной стоимости ПСВСП с учетом количества прогнозируемых лет.

3. Исследован показатель уровня эффективности проектируемого ПСВСП в эксплуатации. В качестве показателя предложена величина максимально возможного расхода топлива всеми механизмами судна в сутки, отнесенная к одному пассажиру – $R_{\text{топл}}$. Величина $R_{\text{топл}}$ является наиболее достоверным индикатором уровня коммерческого успеха пассажирского судна, т.е. ниже $R_{\text{топл}}$, тем выше экономическая эффективность судна. Предложены диапазоны эффективности для ПСВСП различных категорий по фактору $R_{\text{топл}}$.

4. Разработана аналитическая зависимость экспресс-оценки стоимости содержания ПСВСП на одного пассажира в сутки в абсолютной денежной величине.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бейлин М.К. Экономический анализ при проектировании судов внутреннего плавания [Текст] / М.К. Бейлин, А.М. Дмитриев. – Л.: Судостроение, 1979. – 136 с.
2. Егоров Г.В. «Линейка» круизных пассажирских судов для внутренних водных путей [Текст] / Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий, Я.В. Калугин // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2013. – Вип. № (2) 38.– С.20-40.
3. Заварихин Н.М. Методы определения себестоимости постройки судов при их проектировании [Текст] / Н.М. Заварихин, Ю.Ю. Верланов. – Л.: Судостроение, 1979. – 112 с.
4. Сёмин А.А. Учёт критерия комфортабельности при проектировании пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук: 05.08.03 : захищена 02.12.2013: утв. 15.04.2014 / Сёмин Алексей Анатольевич. – Одесса, 2013. – 139 с. – С 4-119.

Стаття надійшла до редакції 30.05.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету **О.В. Демідюк**

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

UDC 629.12-8:629.12.037

V.A. Yarovenko

**PARAMETRIC OPTIMIZATION STRATEGY
OF ELECTRIC SHIPS' POWER PLANTS**

A strategy of optimal design of electric ships' power plants was proposed. Algorithms and programs of search for the optimum multimodal multiobjective target function in parametric optimization were developed. Algorithms for calculating the criteria of objective functions were developed. The effectiveness of the elaborated strategies and algorithms was illustrated.

Keywords: *electric vessels' power systems, optimal design, parameter optimization techniques.*

Предложена стратегия оптимального проектирования энергетических установок судов с электродвижением. Разработаны алгоритмы и программы поиска оптимума мультимодальных многокритериальных целевых функций при параметрической оптимизации. Разработаны алгоритмы расчета критериев целевых функций. Проиллюстрирована эффективность разработанной стратегии и алгоритмов.

Ключевые слова: *энергетические установки электроходов, оптимальное проектирование, методы параметрической оптимизации.*

Запропоновано стратегію оптимального проектування енергетичних установок суден з електрорухом. Розроблені алгоритми й програми пошуку оптимуму мультимодальних багатокритеріальних цільових функцій при параметричній оптимізації. Розроблено алгоритми розрахунку критеріїв цільових функцій. Проілюстровано ефективність розробленої стратегії і алгоритмів.

Ключові слова: *енергетичні установки електроходів, оптимальне проектування, методи параметричній оптимізації.*

The urgency of the problem. Parametric optimization of electric ships' power plants (EPP) presents considerable difficulties due to the complexity of the power plants, a variety of options for their constructive solutions, a close relationship of the processes occurring in the EPP with the movement of the ship. Maneuverability characteristics have decisive influence on decision-making in the design of electric vessels, since it is maneuvering modes that are major operational modes for ships of this class. On this basis, close attention is paid to the issues of designing electric vessels with preset, or at least predictable, maneuverable properties.

In theory and practice of parametric optimization there are no universal algorithms suitable for optimal design of complex real multiple systems, which include modern electric vessels' power plants. In most cases, for solving such

tasks it is necessary to use special optimization methods which take into account the nature of the problems to be solved and the peculiarities of systems under consideration. The construction of these search methods applied to electric ships' power plants is the aim of the present work.

Basic material. As noted, the electric ship's power plant is part of the unified ship's propulsion system, so the quality of its work can only be assessed in unity with all parts of the complex. Generalized block diagram of electric ship's propulsion system is shown in Fig. 1. Most often, it is a dual or three-loop system. The structure of each power circuit includes: prime movers D , power generator G , power converters SE , propulsion motors PM and propellers P . The power plant has a unified control system. In addition, the electric ship's propulsion system consists of a wheel W and ship's hull.

A mathematical model of transient and steady-state operation modes in a ship's propulsion system was developed to calculate the current values of the main regime indicators of electric ship's power plant [1].

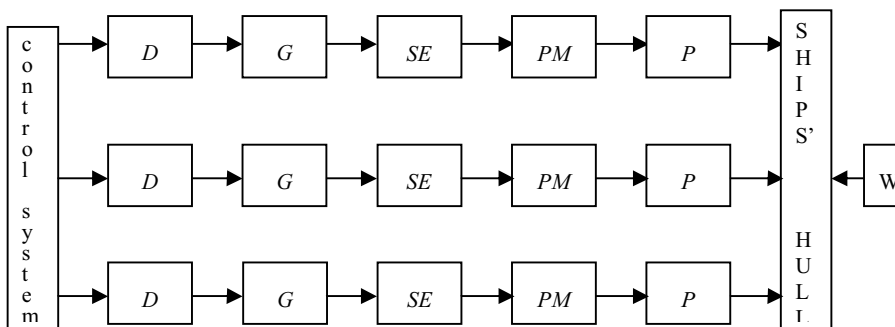


Fig. 1. Block diagram of electric ship's propulsion system

The model can not only calculate the current value of regime figures, but also assess quality indices of maneuvers. As such are proposed [2], the quality indicators of the following maneuvers: acceleration, braking, reverse, electric ship's output circulation:

- the maneuvering time T ;
- fuel consumption to perform the maneuver W ;
- deviation of prime movers' angular rotation velocity;
- maximum power of prime movers;
- bursts of generator's current during acceleration $(I_G)_{AM}$ and reverse $(I_G)_{RM}$;
- set value of generator's current during acceleration $(I_G)_{AS}$ and reverse $(I_G)_{RS}$;
- voltage overfall at the generators' output ΔU_G ;
- the duration of the acceleration $(T_{PM})_A$ and reverse $(T_{PM})_R$ of propulsion motors and propellers;
- current spikes of propulsion motors during acceleration $(I_{PM})_{AM}$ and reverse $(I_{PM})_{RM}$;

- bursts of torque during acceleration $(M_{PM})_{AM}$ and reverse $(M_{PM})_{RM}$ of propulsion motors
- set values of torque of propulsion motors during acceleration $(M_{PM})_{AM}$ and reverse $(M_{PM})_{RM}$;
- set values of the angular rotation velocity of propulsion motors and propellers during acceleration $(\omega_M)_{AS}$ and reverse $(\omega_{PM})_{RS}$;
- the duration of the transient processes in power plants during acceleration $(T_{EPP})_{AS}$ and reverse $(T_{EPP})_{RS}$;
- ship's maximum speed by the end of the acceleration v_{MAX} ;
- the duration of the propulsion system's acceleration to the target speed $(T)_{v=VT}$;
- path traversed by the ship at the end of the maneuver $(X1)_A$ or $(X1)_R$;
- changes in the power of prime movers of external $(\Delta P_D)_1$ and internal contours $(\Delta P_D)_2$ (with respect to the center of the circulation) of power circuits, when the electric vessel goes out to a steady circulation;
- changes in the stator current of propulsion motors of external $(\Delta I_{PM})_1$ and internal $(\Delta I_{PM})_2$ contours;
- changes in the torque of propulsion motors of external $(\Delta M_{PM})_1$ and internal $(\Delta M_{PM})_2$ contours;
- changes in the angular rotation velocity of propulsion motors and propellers of external $(\Delta \omega_{PM})_1$ and internal $(\Delta \omega_{PM})_2$ contours;
- reducing the vessel's speed, when it goes out to a steady circulation $(\Delta v)_{CIR} = v_{CIR} / v_{BEG}$;
- vessel's angular velocity of rotation Ω_Z at the steady circulation Ω_{CIR} ;
- the diameter of the circulation D_{CIR} and its tactical diameter D_{CIRT} ;
- vessel's pushing L_1 and its direct offset L_2 ;
- the angle of the ship's course after a defined period of time ψ_{DEF} ;
- the duration of the complete revolution T_{CIR} ;
- the duration of the evolutionary period of maneuver T_{CIREV} ;
- the cost of fuel for the performance of the ship's complete revolution in circulation W_{CIR} .

Taken together, these indicators cover all major components of the electric ship's power plant and the whole electric ship in general, and are sufficient to assess the maneuvering performance of propulsion systems.

Integrated assessment of the quality of designing ships' power plants involves a multi-criteria optimization. In this case, the objective function of optimization processes $f(x) = \sum m_j f_j(x)$ should include key quality indicators of maneuvers $f_j(x)$ with their weight contribution of m_j . Usually in such cases, there is a number of significant problems associated with the need to

conduct a series of informal procedures. During the optimization we must take into account that:

- optimal solution is influenced by the ratio of weight coefficients m_j of optimization criteria; these ratios are not known beforehand and in each case are selected depending on the intended purpose;
- there are difficulties related to expert estimates of weight contributions;
- there are frequent problems with scaling of quality indicators;
- optimization for individual maneuvers gives significantly different results.

As a result, when there is a large number of quality indicators, parametric optimization problems, in the general case, become insoluble. Therefore, in each specific case, depending on your goals, the number and importance of quality indicators, it is necessary to specify the type of the objective function and make trade-offs to a greater or lesser extent, satisfying the objectives.

Target functions constructed on complex criteria, appear (as shown by the study) multi-extremal with unknown number of local minima. They have a complex topography with many ridges and pronounced elongated ravines. The nature of the objective functions is such that the search for their derivatives is unpromising, and many protections and restrictions to ensure the normal operation of the power plant make finding the extremum even more difficult.

The objectivity of optimal decision making is in the first place, determined by the choice of minimization methods. Universal algorithms providing quick and proper motion to the optimum in the design of real-world complex multiple systems do not exist. There should be special procedures taking into account the nature of the objective functions to be optimized and specificity of problems to be solved. One of the possible methods of solving extremal problems is proposed below.

In its statement, the problems under consideration are in the area of nonlinear programming and consist in finding the extrema of multimodal objective functions $f(x)$ under given constraints $g_j(x)$ in the form of inequalities

$$\left. \begin{array}{l} f(x), \quad x \in E^n; \\ g_j(x) \geq 0, \quad j = 1, \dots, p, \end{array} \right\} \quad (1)$$

where E^n – admissible domain of n -dimensional space.

The optimal solution would be a pair of x^* and $f(x^*)$, consisting of the optimal point $x^* = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*]$ and the corresponding value of the objective function $f(x^*)$

$$\left. \begin{array}{l} x^* = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*]; \\ f_* = f(x^*). \end{array} \right\} \quad (2)$$

The basis of the algorithm of global optimization is the method of global random search – random multistart. To prevent repeated descent to local minimum points in the global optimization algorithm we introduced a combination of a passive coating method – the method of random network – with a modified method of tunneling algorithm [3]. Information flowchart of the global optimum search is shown in Fig. 2.

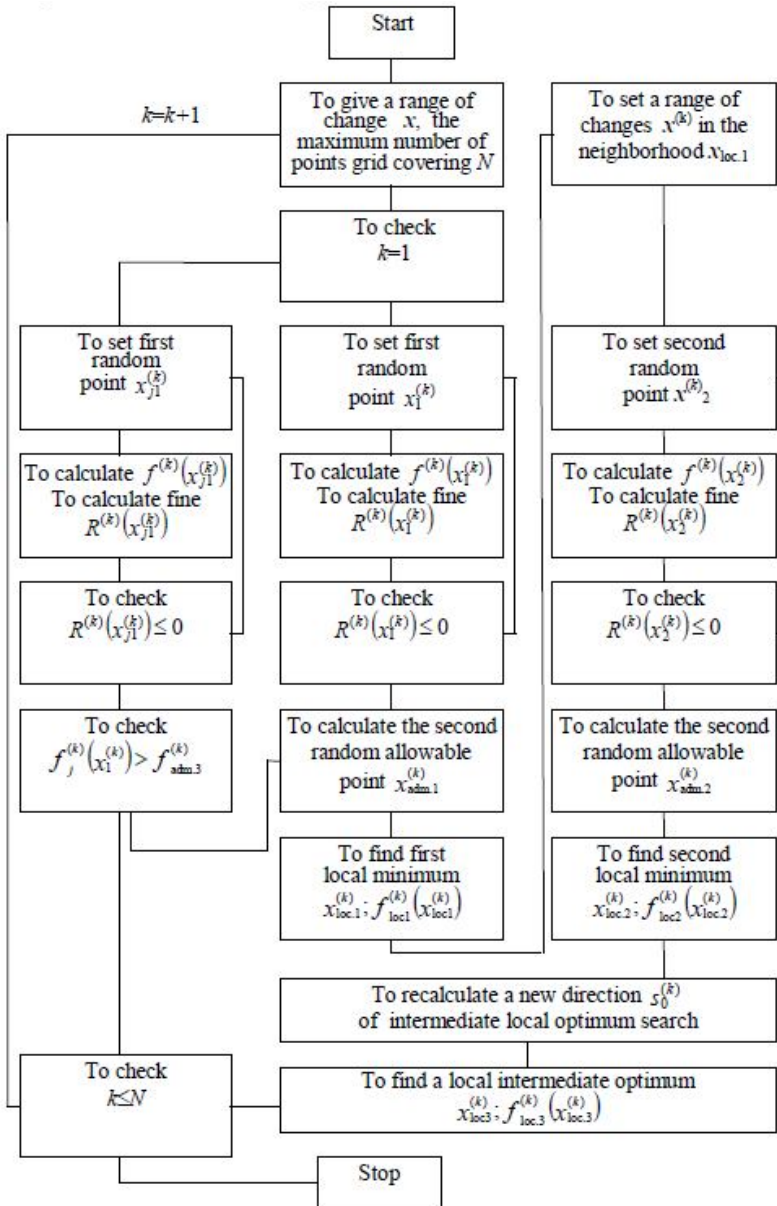


Fig. 2. Information flow diagram of a global optimum search

The essence of the developed procedures is as follows:

After finding points of intermediate local minima $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.3}$, $f^{(k)}_{opt.loc.3}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.3})$ (the procedure of their search is outlined below), the allowable range of values of the optimized parameters E^n is covered by a grid of N independent realizations of a uniformly distributed in E^n of random vector \mathbf{x} . The choice of the number of points N is defined by the type of the objective function, obtained by the results and the required accuracy in the course of the optimization.

For each point, the objective function $f^{(k)}_j(\mathbf{x}_j)$, $k < j \leq N$ is calculated and the value $f^{(k)}_j(\mathbf{x}_j)$ is compared with $f^{(k)}_{opt.loc.3}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.3})$. If $f^{(k)}_j > f^{(k)}_{opt.loc.3}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.3})$, j -i point is discarded as the worst point. In the opposite case $f^{(k)}_j \leq f^{(k)}_{opt.loc.3}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.3})$ – a search of a new intermediate local minimum is performed, now based on $f^{(k)}_j(\mathbf{x}_j)$. The procedure for finding the optimal solution ends at the end of the sample N .

The search algorithm of intermediate local minima (global optimization internal procedures) was made on the basis of a combination of methods of local slopes and techniques of the ravine search. The essence of the algorithm is as follows.

After finding the first local minimum $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1}$, $f^{(k)}_{opt.loc.1}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1})$ the second random riding point $\mathbf{x}^{(k)}_2$ near $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1}$ is found, so that $|\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1} - \mathbf{x}^{(k)}_2| \leq D$ (where D -variable parameter). The value D depends on the nature of the objective functions and the admissible region E^n . It must belong to points $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1}$, $\mathbf{x}^{(k)}_2$ to the region of one intermediate local minimum and is selected experimentally. From point $\mathbf{x}^{(k)}_2$ the second slope is made and the second local minimum $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.2}$, $f^{(k)}_{opt.loc.2}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.2})$ is found.

Since the objective function has the form of an elongated ravine, we make a recalculation of a new direction of motion $\mathbf{s}^{(k)}_0$, built along the ravine from point $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1}$ to $\mathbf{x}^{(k)}_{loc.2}$ (or vice versa, depending on the relationship between $f^{(k)}_{opt.loc.1}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.1})$ and $f^{(k)}_{opt.loc.2}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.2})$). Along this direction is searched minimum of the objective function $f^{(k)}_{opt.loc.3}(\mathbf{x}^{(k)}_{loc.3})$, being an intermediate local optimum.

Methods that do not use derivatives should be applied to find local minima. Methods of Powell and Nelder-Mead turned out to be effective for solving this class of problems. When optimizing by Nelder-Mead method it is advisable to use one of its known modifications. According to it, the point of the compression step should be chosen not by a straight line connecting two worst points of the available ones (as in the original), but closer to the best vertex of the polyhedron. The calculations show that this change of compression procedure considerably reduces the number of calculations of the objective function.

Calculation of the current values of the propulsion system's regime indicators and evaluation of quality indicators of maneuvers is carried out using a mathematical model [1], of transient and steady modes of EPP in a ship's propulsion system. Calculation method of maneuvering is developed on the

basis of a mathematical model. The enlarged version of the calculation algorithm is shown in Fig. 3.

In accordance with the algorithm, after setting the design parameters of the complex, control system parameters and initial conditions, the time variation laws of the control actions are formed. Thus, electric ship's maneuver is given. Then, the calculation of regime parameters of each circuit of the power plant is made. The end result of these calculations is the value of torque, of thrust and the angular velocity of propellers' rotation. Calculation of the parameters of ship's movement in the bound and then unbound with the vessel coordinate systems is made after determination of propeller's total thrust, hydrodynamic forces and moments acting on the ship and moments occurring at the wheel.

The current values of the basic regime parameters of each element of the complex are calculated during the computational procedures (in the course of the maneuver):

a) on the main circuit of power plant: the angular velocity of rotation – ω_D , drive torque – M_D and power – P_D of heat engine; the relative costs of fuel to perform the maneuver – W ; current – I_G of the generator; generator's output voltage – U_G ; the input voltage of the motor propeller – U_{PM} , current – I_{PM} and torque – M_{PM} propulsion motors; angular velocity of rotation of propulsion motors and propeller – ω_M ; propeller's thrust – P_{PM} ;

b) the ship: her velocity – v ; components of the velocity v along the longitudinal – v_X and transverse – v_Y axes of the vessel; the angular velocity of rotation around the axis Z – Ω_Z ; drift angle – β_{DR} ; the distance traveled (or longitudinal – X and transverse – Y) along the axes unrelated to the vessel coordinate system; the angle of the course – ψ_C .

(If necessary, any other regime parameters obtained during computation can be registered).

The results of calculations allow to obtain the numerical values of quality indicators, which form the objective functions $f(\mathbf{x}) = \sum m_j f_j(\mathbf{x})$.

The considered model has certain features that led to the choice of the calculation method. The main ones are the following:

a) the time constants of differential equations differ greatly in size, value i.e., equations are classified as hard;

b) the intensity of change of regime parameters at different stages of transition processes vary within wide limits: they are maximal in the initial stages of power plants' acceleration and especially reverse propulsion and they are much lower when approaching a steady state operation.

Runge-Kutta-Merson method was the basis of the developed calculation algorithms of current values and regime indicators.

The results obtained on the basis of the maneuver "electric ship's acceleration to a speed $v = 0,7 v_N$ – ship's reverse to $v = 0$ " illustrate the efficiency of the developed strategy of parametric optimization.

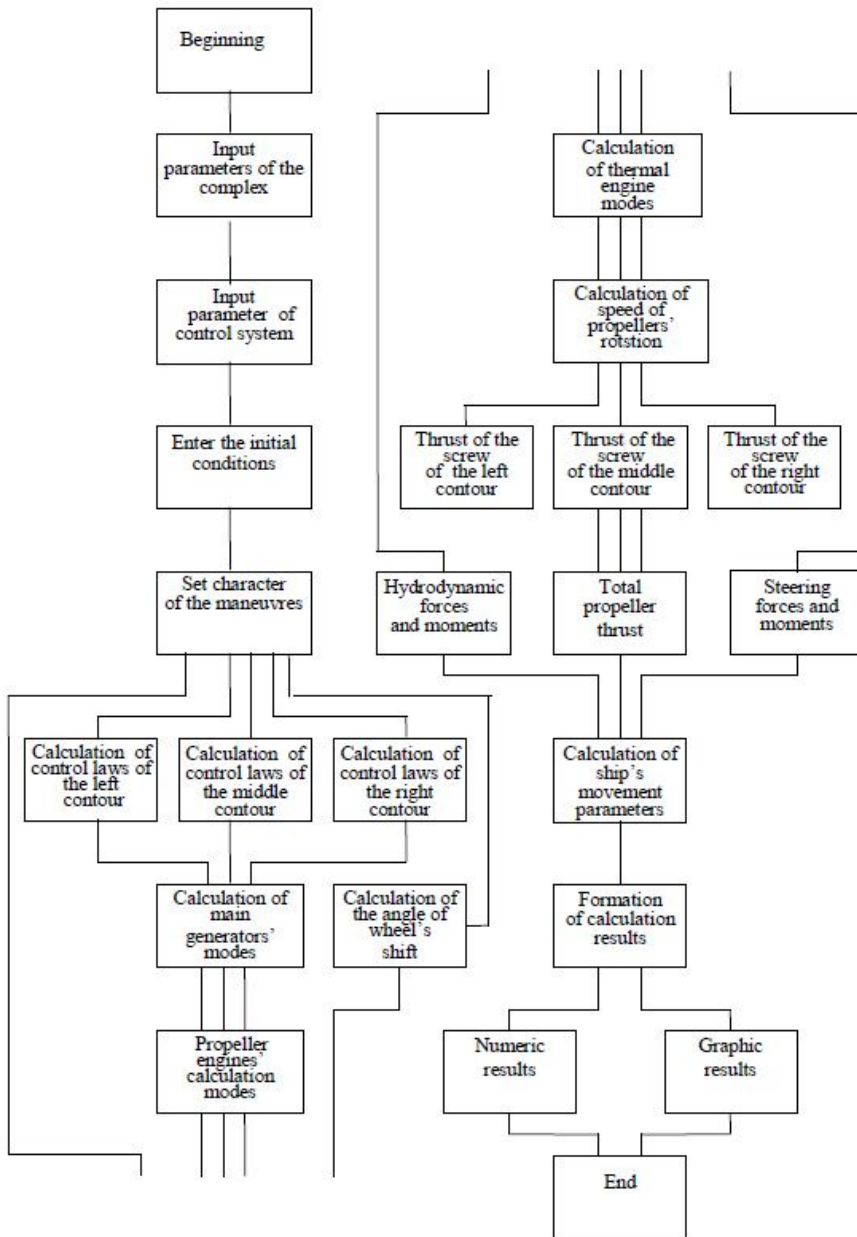


Fig. 3. The enlarged version of the algorithm for calculating current values of regime parameters

It was noted above that using the multiobjective parametric optimization in each specific case it is necessary (depending on the goals) to specify the type of the objective function and make trade-offs, to a greater or lesser extent, satisfying the objectives. The following will be chosen as quality indicators:

- the relative energy costs to perform the maneuver – W ;
- the time required to perform the maneuver – T ;
- the relative deviation from the steady operation regime of the prime movers' angular velocity of rotation – $\Delta\omega_D$;
- maximum power of prime movers – P_{DM} ;
- the duration of the reverse of propulsion motors and propellers – $(T_{PM})_R$.

In accordance with the principles of the systematic approach the selected quality indicators are divided into two groups:

a) first, which includes the indicators W and T , characterizing not only ship's power plant, but also the whole electric ship;

b) second, which involves indicators $\Delta\omega_D$, P_{DM} and $(T_{PM})_R$ characterizing engine performance of electric ship's propulsion plant.

Indicators of the first group have priority over the second. In accordance with the priorities exposed, the search for optimal parameters of propulsion systems should be carried out in terms of the criteria of the first group W_{MIN} and T_{MIN} multiple criteria quality indicator J_{WT}

$$J_{WT} = m_W W + m_T T,$$

with variable weight coefficients m_W and m_T .

It is necessary to clarify the optimized parameters in terms of the parameters of second group, following the principle of "non-worsening", and taking into account tolerance, of the first group indicators. As a multi-criteria quality index thus acts

$$J_{\omega PT} = m_{\omega} \Delta\omega_D + m_P P_{DM} + m_T (T_{PM})_R,$$

with variable weights coefficients m_{ω} , m_P and m_T .

The effectiveness of the above strategies of parametric optimization can be assessed by comparing the results of calculations performed for the propulsion system with the "averaged" dimensionless parameters (Fig. 4) with the calculation results for the complex with optimized parameters (Fig. 5). The results are obtained for the maneuver "electric ship's acceleration to a speed $v = 0,7 v_N$ – ship's reverse to $v = 0$ ".

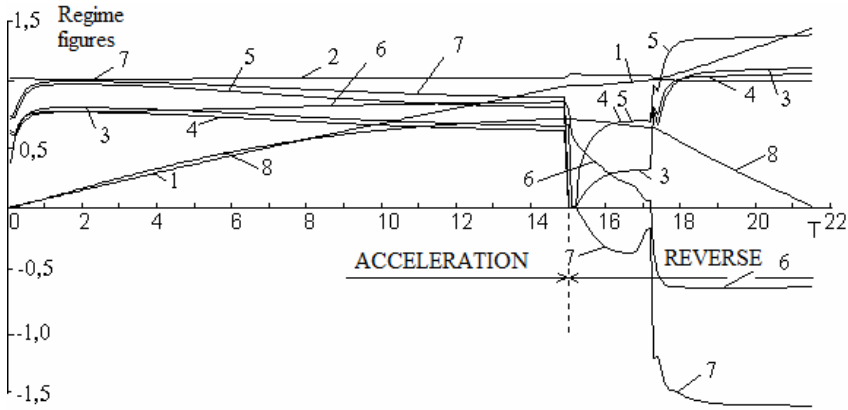


Fig. 4. Regime figures at the average values of parameters

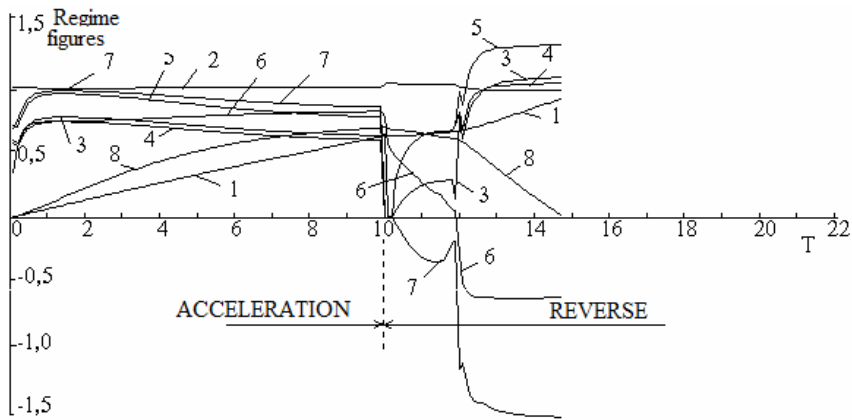


Fig. 5. Regime figures with parameters at the optimized values of the parameters

The curves shown (in relative units) in figure correspond to:

- 1 – the costs of energy in the course of the maneuver – W ;
- 2 – prime movers' angular velocity of rotation – ω_D ;
- 3 – prime movers' power – P_D ;
- 4 – main generators' current – I_G ;
- 5 – propulsion motors' current – I_{PM} ;
- 6 – angular rotation velocity of the propeller motors and propellers – ω_{PM} ;
- 7 – propulsion motors' torque – M_{PM} ;
- 8 – electric ship's speed – v .

The results of the comparison are the foollowing:

- a gain in energy costs is 34,3 %;
- a gain in time costs is 31,6 %;
- a gain in the deviation of the prime movers' angular velocity of rotation is 32,5 %;
- a gain in the value of the prime movers' maximum power is 12 %;
- a gain in length of propellers' reverse is 12,5 %.

The comparison results clearly confirm the effectiveness of the conducted optimization calculations.

Conclusions. The developed strategy of parameter optimization of electric ships' power plants, calculation and optimization methods of current values of propulsion system's regime indicators can significantly improve the efficiency of electric vessels' operation.

REFERENCES

1. Яровенко В.А. Математическая модель переходных режимов работы силовых установок электроходов / В.А. Яровенко // Зб. наук. пр. УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 1999. – № 4 (364). – С. 44-54.
2. Яровенко В.А. Экспресс-метод оценки показателей качества маневрирования электроходов / В.А. Яровенко // Вісник Одеського державного морського університету. – Одеса: ОНМУ. – 2005. – № 18. – С. 120-134.
3. Яровенко В.А. Методы поиска оптимальных решений при проектировании энергетических установок электроходов / В.А. Яровенко // Зб. наук. пр. УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – № 1 (367). – С. 29-36.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету
В.В. Вичужанін

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Електрообладнання та автоматики суден» Одеської національної морської академії **В.С. Луковцев**

УДК 656.078.12

В.Н. Гончаренко, А.Ф. Мошнянський

**СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
ОПТИМАЛЬНИМ РЕЖИМОМ ПУСКУ СУДНОВОЇ ПАРОВОЇ ТУРБИНИ**

В статье рассматривается решение задачи нестационарной теплопроводности с граничным условием, в котором задано переменное значение максимально допустимых относительных термических напряжений в элементе конструкции. Получена математическая модель и предлагается ее применение в алгоритме автоматического управления оптимально кратким во времени и безопасным режимом пуска судовой паровой турбины. Данная модель и алгоритм являются элементом общей математической модели судового пропульсивного комплекса.

Ключевые слова: математическая модель, автоматика, алгоритм, теплопроводность, напряжения, управление, пуск, судовая паротурбина.

У статті розглядається розв'язок задачі нестационарної теплопровідності з граничною умовою, в якій задано змінне значення максимально допустимих відносних термічних напружень в елементі конструкції. Одержано математичну модель і пропонується застосування її в алгоритмі автоматичного керування оптимально коротким в часі і безпечним режимом пуску суднової парової турбіни. Дана модель і алгоритм є елементом загальної математичної моделі судового пропульсивного комплексу.

Ключові слова. Математична модель, автоматика, алгоритм, теплопровідність, напруження, керування, пуск, суднова паротурбіна.

The article focuses on solution of the problem related to transient heat conduction with a boundary condition wherein a modified value of the maximum allowed relative thermal strains in the constructional element is set. Obtained is a mathematical model, which is suggested to be further, applied in the automatic operation scheme for optimally shortest and safe run mode of the marine steam turbine. This model and a scheme are elements of the common mathematical model of the ship's propelling unit.

Keywords: mathematical model, automation, scheme, thermal conductivity, strain, run mode, marine steam turbine.

Автоматизація керування, нові інформаційні технології з використанням сучасних технічних та програмних засобів, комп'ютерні системи керування знаходяться в центрі уваги на водному транспорті, зокрема [1]. Автоматизація енергоустанов (ЕУ) дозволяє забезпечити надійність, безпеку і економічність їх роботи, вивільнення персоналу, покращення умов

праці, підвищення культури експлуатації, збереження і продовження строку служби обладнання, діагностування та інформативність його технічного стану.

Надійність роботи паротурбінної устами (ПТУ) зокрема визначається надійністю перехідних режимів (ПР) роботи. Звичайно, надійність і тривалість ПР ПТУ в цілому визначається характером роботи всіх їх складових частин. Однак, турбіни з металоемними фланцями горизонтального роз'єму корпусу турбіни високого тиску (ТВТ), складною конфігурацією корпусу і ротора в основному визначають безпеку і продовжність у часі ПР ПТУ. Тож, необхідним є визначення оптимальних ПР (ОПР) ПТУ, що поєднують і задовольняють вимоги маневровості та безпеки збереження конструкції.

Під час пуску турбіни в роботу, при її прогріві у фланцях горизонтального роз'єму корпусу внаслідок нестационарності температурного поля виникають додаткові термічні напруження, які сумарно можуть скласти недопустимі значення. Ці напруження являються фактором, що обмежують темп пуску.

Таким чином, оптимальним ПР (ОПР) (пуску) ПТ (ЕУ) являється найкоротша в часі зміна температури турбіни при максимально допустимих напруженнях. Актуальним є визначення ОПР, що поєднують вимоги маневровості судна і безпеки ЕУ.

Температурне поле фланця корпусу турбіни в районі регулюючого ступеня можна прийняти одномірним з радіальним напрямком зміни температури, а фізичною моделлю фланця обґрунтовано вибрати необмежену пластину товщиною R . Тоді для визначення ОПР (пуску) турбіни слід розв'язати задачу нестационарної теплопровідності

$$\frac{\partial t(X, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(X, \tau)}{\partial X^2}, \quad (\tau > 0), \quad (0 \leq X \leq R) \quad (1)$$

$$t(X, 0) = t_0 = const \quad (2)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial X} = 0 \quad (3)$$

$$\Pi[-t(X, \tau) + \frac{1}{R} \int_0^R t(X, \tau) dX] = V \quad (4)$$

при конвективному теплообміні на обігрівній поверхні

$$-\frac{\partial t(X, \tau)}{\partial X} \Big|_{X=R} + H(\tau, t)[t_c(\tau) - t(R, \tau)] = 0 \quad (5)$$

де $t(X, \tau)$ – температура пластини в точці з координатою X ($X = 0$ на зовнішній поверхні фланця) в момент часу τ ;

a – коефіцієнт теплопровідності;

$$V = b - c t(X, \tau), \quad b = \sigma_0 \frac{1 - \nu}{\beta E};$$

σ_0 – величина допустимого термічного напруження при температурі металу $t = 0$;

ν – коефіцієнт Пуассона;

β – коефіцієнт питомого теплового розширення;

E – модуль пружності першого роду;

$$c = c_0^3 \frac{1 - \nu}{\beta E}, \quad 0 < c < 1;$$

c_0 – коефіцієнт питомої зміни величини гранично допустимого напруження при зміні температури металу в даній точці на один градус Цельсія;

Π – поправочний коефіцієнт;

$$H(\tau, t) = \frac{\alpha(\tau, t)}{\lambda},$$

$\alpha(\tau, t)$ – коефіцієнт тепловіддачі від пари до поверхні фланця $X = R$;

λ – коефіцієнт теплопровідності металу. Гранична умова (3) передбачає якісну теплову ізоляцію і відсутність відтоку теплоти з зовнішньої поверхні фланця,

Гранична умова (4) фактично задає величину максимально допустимих термічних відносних напружень в точках по сіденню фланця, що забезпечує найменш допустимий в часі перебіг ПР. Рівняння (4) переформоване з рівняння термічних напружень у вільній пластині без складової теплового зчину, який зацмелений корпусом СПТ.

В режимі пуску (нагріву) турбіни максимальні стискуючі напруження будуть на внутрішній ($X = R$) поверхні фланця [2], то (4) запи-шеться

$$\frac{1}{R} \int_0^R t(X, \tau) dX - t(R, \tau) = -\frac{V}{\Pi} = -\frac{b - c\tau(R, \tau)}{\Pi}$$

або

$$\frac{1}{R} \int_0^R t(X, \tau) dX - Mt(R, \tau) = -\frac{b}{\Pi}, \quad (4a)$$

$$M = 1 + \frac{c}{\Pi}$$

Граничні умови задачі неоднорідні, власні функції розв'язку не ортогональні. Розв'язок задачі шукається операційним методом (Ващенко – Захарченко) аналогічно [2, 3, 4] і в оригіналах має вигляд

$$t(X, \tau) = t_0 + (b - ct_0) \left[\frac{1}{c} - \frac{1}{\Pi} \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos\left(\mu_n \frac{X}{R}\right) \exp(-\tau / T_n) \right], \quad (6)$$

де

$$A_n = \frac{2\mu_n \cos \mu_n}{\mu_n - \sin \mu_n \cos \mu_n}, \quad (7)$$

μ_n – корні характеристичного трансцендентного рівняння,

$$tg \mu_n = M \mu_n \quad (8)$$

$$T_n = R^2 / a \mu_n^2.$$

Рівняння (8) має необмежену кількість коренів.

Використавши рівняння (8), можна виразити

$$A_R(M, \mu_n) = \frac{2 \cos \mu_n}{1 - M \cos^2 \mu_n} = \frac{2}{\sec \mu_n - M \cos \mu_n}, \quad (7a)$$

Розв'язок (6) задачі (1)-(4a) є математична модель оптимального мінімально-допустимого в часі і безпечного за напруженнями ПР-пуску турбіни у заданих умовах.

Моделювання оптимального режиму пуску суднової турбіни за математичною моделлю (6) і порівнювалось з результатами електромоделювання в Одеському інституті інженерів морського флоту (ОІМФ). Були порівняні оптимальна зміна температури відповідно внутрішньої і зовнішньої поверхонь фланця корпусу ТВТ в режимі при $M = 1,0243$; $n = 1$ і те ж при $M = 1,0217$; $n = 1,12$ подано. Проводились дослідження різниці температур по ширині фланця горизонтального роз'ємну корпусу ТВТ у відповідних режимах. Задавалась зміна температури пари в камері регулюючого ступеня турбіни для електромоделювання. Одержана зміна температури внутрішньої і зовнішньої поверхонь фланця за результатами електромоделювання.

Пуск СПТ з холодного стану починається попереднім прогрівом турбіни і витримки 30 хв. на обертах 10 об/хв. гребного валу (при вакуумі в конденсаторі 300-350 мм. рт. ст.). Після цього проводиться ОПР – оптимальний пуск (режими I, II) за моделлю (6).

Характеристики режимів пуску. Матеріал корпусу турбіни ст.25ХМ, $b = 74,6^{\circ}C$, $R = 150$ мм. Режим I $\Pi = 1$, $c = 0,0243$ [3],

$M = 1,02$. Режим II $\Pi = 1,12$, $\frac{c}{\Pi} = 0,0217$, $M = 1,0217$.

Таблиця 1

Корні μ_n рівняння (8)

M	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4
1,0243	0,2662	4,4987	7,7283	10,9063
1,0217	0,2519	4,4981	7,7280	10,906

Таблиця 2

Теплові амплітуди A_n

M	A_1	A_2	A_3	A_4
1,0243	41,437	-0,4446	0,2548	-0,1798
1,0217	46,4667	-0,4459	0,2554	-0,1786

Ряд розв'язку (6) швидко сходиться, т.т. теплові амплітуди зменшуються з ростом μ_n і τ , що позитивно для застосування моделі в алгоритмах автоматичних систем керування (АСК), (корені рівняння (8) при $M = 1,0217$ визначив доцент «Львівської політехніки» к. т. н. І.В. Делай).

Так, при $\tau = 0, 1, 2, 3, 4$ хв. кількість значущих членів ряду $n = 4, 3, 2, 2, 1$ зменшується відповідно. Тобто, на четвертій хвилині процесу значущим залишається лише перший член ряду.

Були одержані результати електромодельовання (ЕМ) нагріву фланця корпусу турбіни (режим III) на сітках електричних опорів, що ґрунтується на електротепловій аналогії, т. т. на аналогії між диференціальними рівняннями, що описують процеси розподілу температури у фізичних тілах і поширенням потенціалів у електропровідному середовищі. Електромодельовання проводилось в науково-дослідній лабораторії в ОПМФ за участі В.Н. Гончаренка. Метод ЕМ надійний, з потрібною точністю і в даному разі режим III використовується як достовірний для порівняння і перевірки математичної моделі (6).

Оптимальний режим I достатньо близький до режиму III, різниця $\sim 5\%$. На протязі всього режиму I на внутрішній поверхні фланця горизонтального роз'єму ТВТ діють максимально допустимі термічні напруження, величина яких задається лінійно спадаючою з ростом температури металу

$$[\sigma_\tau](t) = \frac{2}{3} \sigma_{0,2}(t),$$

тобто $[\sigma_r](t)$ задані з запасом міцності, що доцільно.

В режимі III напруження в корпусі турбіни більші. Швидкість нагріву фланця в режимі I $\sim 5^0$ с/хв. Відносне видовження ротора δl_p не обмежувало ОПР. В раціональних пускових режимах при допустимих різницях температур по ширині фланця $\Delta t_{уф}$ δl_p менші граничних.

В режимі пуску СПТ з холодного стану ($t_0 = 20^0$ C) строгий розрахунок (C.L. Chow, США) в тривимірному напруженому стані засвідчив, що максимальні еквівалентні напруження в роторі досягають 160 МПа/м², що складає 50 % еквівалентного $\sigma_{0,2}$ матеріалу ротора.

Розрахунки ОПМФ напружень в роторі допустимі навіть для режиму екстреного пуску. В режимі з попереднім прогріванням турбіни напруження в роторі ще нижчі.

В режимі III зміна температури пари в камері регулюючого ступеня підбиралось з міркувань забезпечення достатньо швидкого досягнення максимально допустимої різниці температури по ширині фланця $\Delta t_{уф}$ і збереження її на високому рівні при наборі обертів до номінальних і, крім того, щоб швидкість набору обертів могла б бути допустимою з міркувань динаміки турбіни та редуктора.

Оскільки режим I менш інтенсивний ніж III, то всі позитивні характеристики режиму III будуть притаманні і ОПР I.

Реалізація ОПР (пуску) турбіни (за математичною моделлю (6)) в експлуатаційній практиці, звичайно, може бути здійснена засобами автоматизації з застосуванням керуючих обчислювальних машин (КОМ). КОМ розраховує ОПР за математичною моделлю (6), САК подає керуючий сигнал на пропорційне відкриття маневрового клапана (МК), забезпечуючи відповідно підвищення температури внутрішньої поверхні фланця корпусу ТВТ і контрольованої заміром точки близької до цієї поверхні. Замір $t(0,0)$ використовується в розрахунках (6) і може слугувати зворотнім зв'язком в САК. Був розрахований оптимальний за законом (6) режим пуску суднової турбіни після попереднього прогріву на 10 об./хв., гребного валу протягом 30 хв. і одержані: оптимальна зміна температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь фланця горизонтального роз'ємну корпусу ТВТ, зміна температури внутрішньої поверхні фланця за результатами електромоделювання, в оптимальному режимі температура на відстані 10 мм від внутрішньої поверхні фланця (можливий контроль), оптимальна зміна температури пари $t_c^o(\tau)$ в камері регулюючого ступеня, різниця температур по ширині фланця горизонтального роз'ємну корпусу ТВТ в оптимальному режимі.

Зауваги до алгоритму ОПР СПТ. Етап I. КОМ визначає готовність ПТ до ОПР, допустимість обмежуючих пуск факторів: різниці температур, абсолютні і відносні деформації елементів турбіни, вібрації іт д., $t(0,0) = 140^0$ с, $t(R,0) = 210^0$ C.

При виконанні умов етапу I–перехід до етапу II. Етап II. Автоматичне керування ОПР. ОПР-пуск ПТ керується оптимальним за математичною моделлю (6) нагрівом внутрішньої поверхні фланця ТВТ в зоні регулюючого ступеня $t(R, \tau)$, реально $t(0,9; \tau)$ і контролюється заміром датчика. Значення $t(0,0)$ заноситься у (6). Температура $t(R,0)$ відома з попереднього прогрівання, розраховувати її і подавати керуючий сигнал в цей момент на виконавчий орган не потрібно, що спрощує розрахунок і роботу САК. Перший розрахунковий момент ОПР фактично буде $\tau_0 + \Delta\tau$.

Нарощуючи час τ з кроком $\Delta\tau$ хвилин, розраховується температура $t(0,9; \tau)$ за виразом (6) і САК подає керуючий сигнал на певне відкриття маневрового клапана МК. На час $\tau = 4$ хв. у виразі (6) залишається значущим один перший член суми \sum , тобто тоді буде тільки $n = 1$.

Оскільки величина коефіцієнта температуропровідності a залежить від температури металу, то в певному температурному інтервалі внутрішньої поверхні фланця у виразі $T_{\Pi} = R^2 / a\mu_n^2$ використовується відповідне значення коефіцієнта a . Так, до $t(R, \tau) \leq 250^\circ\text{C}$ використовується $a_{200^\circ\text{C}}$, при $t(R, \tau) \geq 205^\circ\text{C}$ відповідно $a_{300^\circ\text{C}}$.

Як допоміжні керуючі сигнали можуть бути [5] оптимальна зміна температури гарячої пари $t_c^o(\tau)$ в камері регулюючого ступеня турбіни, різниця між температурами пари і металу корпусу Δt_{cm}^o . Зміна температури $t_c^o(\tau)$ в оптимальному ПР визначається з граничної умови (5) при заданому значенні коефіцієнта тепловіддачі α , що допустимо для інженерної практики [5].

$$t_c^o(\tau) = t_o + V_o \left[\frac{1}{c} + \frac{1}{\Pi} \sum_{n=1}^{\infty} A_{\Pi} \left(\frac{\mu_n \sin \mu_n \xi}{Bi(\tau)} - \cos \mu_n \right) \cdot \exp(-\tau / T_n) \right], \quad (9)$$

де $V_o = b - ct_o$, $\xi = x / R$, $Bi(\tau) = \alpha(\tau)R / \lambda$ – нестационарний аналог критерію Біо.

Різниця температур

$$\Delta t_{cm}^o = t_c^o - t^o(R, \tau) = \frac{V_o}{\Pi} \sum_{n=1}^{\infty} A_n \frac{\mu_n \sin \mu_n}{Bi(\tau)} \exp(-\tau / T_n), \quad (10)$$

Пропонований алгоритм застосовується в період нагріву турбіни при навантаженні і підйомі обертів після попереднього прогріву протягом 30 хв. на 10 об./хв. гребного валу. Автоматичне керування роботою головного парового котла (чи допоміжного) режимом підігріву вантажів

для їхнього збереження при транспортуванні на танкерах [6,7] здійснюються іншими підпрограмами загального алгоритму САК.

Нагрів турбіни (як і вантажу на танкерах [6,7]) відбувається в умовах конвективного теплообміну (5), а керуючою дією є витрата пари на турбіну при певних параметрах і коефіцієнті теплообміну $\alpha(\tau, t)$ залежному від часу τ і температури t . Тож підстановкою розв'язку (6) задачі (1)-(4) в умову (5) визначається нестационарний аналог критерію Біо в оптимальному режимі пуску турбіни

$$Bi(\tau, t^o) = H(\tau, t^o) - R = \frac{V_o \sum_{n=1}^{\infty} A_n \mu_n \sin \mu_n \exp(-\tau / t_n)}{\Pi \quad t_o(\tau) - t(R, \tau)} \quad (11)$$

За експериментальними результатами ОПМФ при обертах гребного валу $n_1 = 10$ об./хв. $\Delta t_{cm} = 50^0$ C, а на $n_2 = 110$ об./хв. $\Delta t_{cm} = 10^0$ C, то

$$N \cong \frac{\Delta t_{cm1} - \Delta t_{cm2}}{n_1 - n_2} \cong 0,4^0 \text{ C/об./хв.} - \text{ заміна } \Delta t_{cm} \text{ при зміні } n \text{ на}$$

1 об./хв.

Тоді можна записати

$$Bi(\tau, t, n)^o = \frac{V_o \sum_{n=1}^{\infty} A_n \mu_n \sin \mu_n \exp(-\tau / t_n)}{\Pi \quad 50 - N(n - 10)} \quad (11a)$$

Зміна НАК Біо за виразом (11a) та відносних параметрів пари за результатами ОПМФ випробувань турбіни у повному вантажі судна: зміна НАК Біо (11a); $\theta = t_p / t_{sk}$, t_p – температура пари в камері регулюючого ступеня турбіни, t_{sk} – температура пари за швидкодіючим клапаном; $P_{MK} = P_{MK} / P_{MK100}$, P_{MK} – тиск пари за маневровим клапаном, P_{MK110} – тиск пари за МК при $n = 110$ об./хв.; $\bar{P}_{PC} = P_{PC} / P_{MK110}$, P_{PC} – тиск пари в камері регулюючого ступеня. Значення оптимальної зміни НАК Біо $(\tau, t, n)^o$ за виразом (11a) в ОПР і відносних параметрів пари тиску за МК та тиску \bar{P} та температури θ в камері регулюючого ступеня можна використати при оптимізації режимів пуску турбін.

Суднова ЕУ (паровий котел – головний паротурбозубчатий агрегат ГПТЗА) є складовою пропульсивного комплексу (СПК) і моделлю (6) має входити до узагальненої математичної моделі системи ГПТЗА – гребний гвинт – корпус судна – навколишнє середовище.

Діагностика і автоматичне керування стаціонарними режимами і ОПР роботи пропульсивного комплексу судна може проводитись судновою САК або дистанційно з технічного центру фірми власника.

Висновки

1. Розв'язкам задачі нестационарної теплопровідності з граничною умовою, що фактично задає величину зміни максимально допустимих термічних напружень в елементі корпусу турбіни визначено математичну модель оптимального (допустимо короткого в часі і безпечного для конструкції) перехідного температурного режиму (пуску) турбіни. Результати розрахунків за даною моделлю добре узгоджуються з експериментальними даними та досконалим методом електромодельовання.

2. Одержана математична модель характеризується компактністю і малою затратою машинного часу в дії пропонується для використання в алгоритмі автоматичного керування ОПР – пуском парової турбіни, дано короткий опис алгоритму і аналітичні вирази додаткових керуючих сигналів.

3. Математична модель є елементом загальної математичної моделі суднового пропульсивного комплексу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гончаренко В.Н., Мошнянський А.Ф. Построение алгоритма управления тепловым состоянием судовой турбины в переходном режиме // *Эксплуатация морского транспорта: Сб. научн. статей. СПб.: ГМА им. Макарова, 3(49), 2007. – С. 6-9.*
2. Гончаренко В.Н. Определение графика допустимых термических напряжений в оптимальном режиме нагрева корпуса турбины // *Судовые машины и механизмы: Сб. научн. труд. – Одеса, ОИИМФ, 1972. – Вып. 4. – С. 89-96.*
3. Гончаренко В.Н. Определение операционным методом оптимального переходного режима паровой турбины // *Депонент информэнерго № Д/124. – Одесса, 1974.*
4. Гончаренко В.Н. Аналитическое определение переходных температурных режимов судовых паровых турбин // *Автореферат канд. дис. – Одеса: ОИИМФ, 1972.*
5. Постольник Ю. С. Временные обратные задачи теплопроводности в технологии прокатного производства // *Черная металлургия. – ИВУЗ. – № 3. – 1988. – С. 113-117.*

6. *Мошнянский А.А., Мошнянский А.Ф., Чумак О.А. К вопросу подогрева пищевых грузов на танкерах при участии сюрвейерских компаний и создателей логистической сети // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2011. – Вип.18. – С. 182-194.*
7. *Moshnyanskiy A.F., Moshnyanskiy A.A. Heating control of viscous cargoes while carried by sea // SWorld / Collection of scientific papers // International Scientific Journal. – 2014. – Issue № 3 (36). – P. 12-19.*

Стаття надійшла до редакції 10.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету **В.Г. Івановський**

доктор технічних наук, професор кафедри АСУ Національного університету «Львівська політехніка» **В.В. Різник**

УДК 624.01/.07

М.А. Давиденко

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ТРУБ
И СТЕНОВЫХ КОЛЕЦ, АРМИРОВАННЫХ АНКЕРНОЙ ФИБРОЙ**

В статье приведены результаты испытаний фибробетонных труб Ø 400 мм и Ø 600 мм, армированных стальной фиброй. Показано, что нагрузка по трещиностойкости для сталефибробетонных труб превышает соответствующую нагрузку для железобетонных труб, в 2,24 раза, а нагрузку по несущей способности – в 1,37 раза.

Ключевые слова: фибробетонные трубы; железобетонные трубы; трещиностойкость; несущая способность.

У статті приведені результати випробувань фібробетонних труб Ø 400 мм і Ø 600 мм, армованих сталевую фіброю. Показано, що навантаження по тріщиностійкості для фібробетонних труб перевищує відповідне навантаження для залізобетонних труб, в 2,24 рази, а навантаження по несучої здатності - в 1,37 рази.

Ключові слова: фібробетонні труби; залізобетонні труби; тріщиностійкість; несуча здатність.

The article shows the results of the research steel fiber-reinforced pipes diameter 400 mm and Ø 600 mm, reinforced by steel fiber. It is shown that the load at the moment of appearance of cracks for steel-fibre pipes above the load for the standard reinforced concrete pipes, 2,24 times, and load moment fracture strength – 1,37 times.

Keywords: fiber-concrete pipes; concrete pipes; crack resistance; load bearing capacity.

Введение. Внедрение сталефибробетонных труб в производство позволяет значительно снизить трудоемкость виготовання, за счет отказа от сварки и установки каркасов. Устранить продольные трещины при вибропресуванні и формировании торцевых фасок, повысить прочность бетона на растяжение за счет объемного (дисперсного) армирования. Поэтому определение нагрузки по трещиностойкости для сталефибробетонных труб и сравнение соответствующей нагрузки для железобетонных труб требует проведения дополнительных испытаний.

Цель задачи. Провести испытания труб и стеновых колец, изготовленных из сталефибробетона, методом вертикального вибропрессования.

Испытания труб и стеновых колец, изготовленных из сталефибробетона, методом вертикального вибропрессования проводили с использованием испытательной машины ПС-15 (ЗИМ, Армавира) и ОАО «Ком-

бинат Стройиндустрия», согласно ГОСТ 6482-88 [1]. Схема установки и проведение испытаний конструкций труб и стеновых колец погонной нагрузкой показана на рис. 1. Перед испытаниями трубы \varnothing 400 мм и \varnothing 600 мм с помощью дисковой алмазной пилы нарезали на отдельные образцы длиной 1000 мм для возможности установки между направляющими прессы ПС 15.

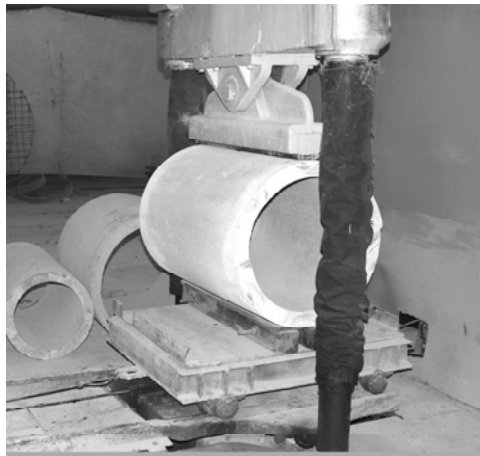
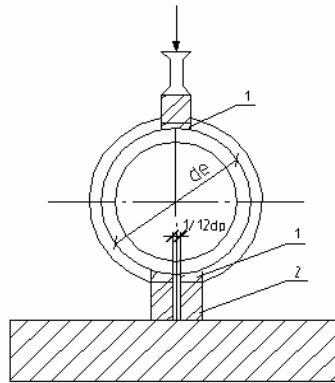


Рис. 1. Проведение испытаний труб \varnothing 400 мм и \varnothing 600 мм

Отрезок трубы (либо кольцо) длиной 1000 мм устанавливали горизонтально на два деревянных бруса сечением 100x100 мм (2), уложенных параллельно продольной оси трубы (кольца) на неподвижное основание. Сверху на трубу вдоль верхней образующей цилиндрической части устанавливали стальную траверсу. С целью равномерной передачи нагрузки на трубу под верхний брус и на нижние бруски укладывали полосы листовой резины (2) толщиной 30 мм.

Нагружение проводили ступенями равномерно, наращивая нагрузку в течение 2-3 мин. до достижения 0,1 контрольной, указанной в

табл. 2 ГОСТ 6482-88 [1], и поддерживая ее в течение 10 мин. При достижении нагрузки, равной контрольной (при проверке трещиностойкости), исследовали появление трещин на внутренней и внешней поверхности конструкций.

Измерение деформаций растяжения сталефибробетона выполняли с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм и базой 200 мм, рис. 2. Полученные результаты измерения длины хорды, соответствующие базе испытаний, пересчитывали на деформации длины дуги. Для измерения ширины раскрытия трещин использовали отсчетный микроскоп МПБ-2 с увеличением $24\times$ и ценой деления 0,05 мм.

В результате испытаний устанавливали максимальную погонную нагрузку и деформации растяжения внутренней растянутой грани труб и стеновых колец, Образование трещин происходило в диаметральных горизонтальных и вертикальных сечениях, следуя эпюре изгибающих моментов: на внутренней поверхности - под погонной нагрузкой и у опоры, на внешней поверхности - справа и слева от оси приложения нагрузки. Ширина раскрытия трещин по результатам измерения микроскопом в трубах \varnothing 400 мм и \varnothing 600 мм, серии Т 40, Т 60 в момент достижения предельной нагрузки составляла 0,3 мм, рис. 3.

Трещины образовывались практически одновременно в растянутых зонах: на внутренней стороне кольца – в месте приложения погонной нагрузки и опоры; с внешней стороны – на боковых сторонах кольца. На основе результатов испытаний предусматривалось сопоставление максимальной нагрузки стеновых колец, армированных стальной фиброй с содержанием фибры 45 кг/м^3 , с содержанием фибры 15 кг/м^3 и стеновых колец с традиционным армированием сетками диаметром 4 мм ВрI.



Рис. 2. Измерение деформаций растяжения сталефибробетона

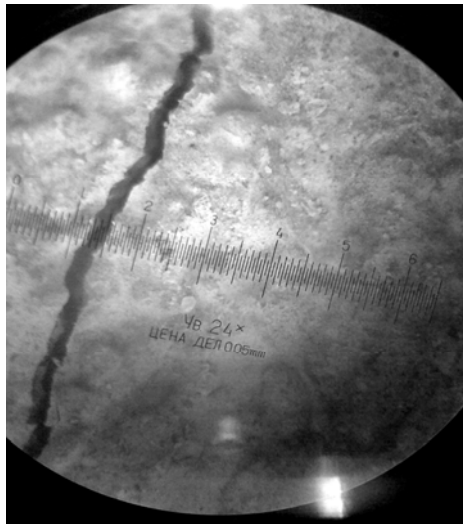
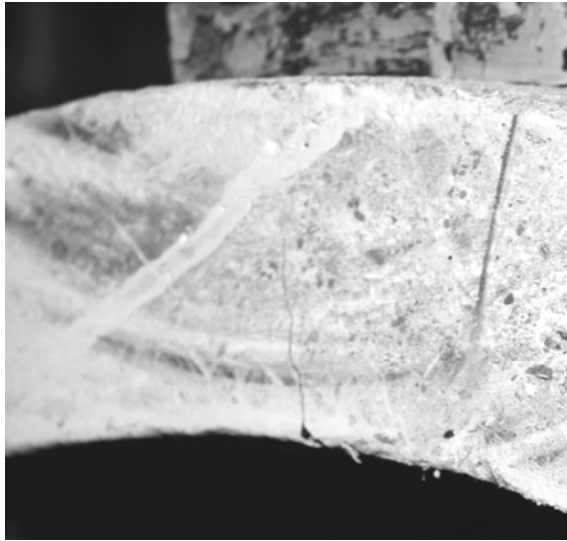


Рис. 3. Характер образования и ширина раскрытия трещин на внутренней поверхности труб серии Т 40, Т 60 под траверсой

В результате испытаний установлено: максимальная погонная нагрузка для стеновых колец, серии КС-2 составила – 42,50 кН/м, что превышает нагрузку трещинообразования для стеновых колец с традиционным армированием сетками диаметром 4 мм ВрІ ($P_{тр} = 36,7$ кН/м).

Результаты испытаний сталефибробетонных труб \varnothing 400 мм и \varnothing 600 мм приведены в табл. 1. В процессе испытаний устанавливали максимальную погонную нагрузку и деформации растяжения стенки труб.

Таблиця 1

*Результаты испытаний фибробетонных труб
Ø 400 мм и Ø 600 мм, армированных стальной фиброй*

Шифр серии	$P_{тр} / P_{прочн}, \text{кН/м}$	$\varepsilon_{bt, f} \times 10^{-5}$	$P_{тр}^{III}, \text{кН/м}$ ГОСТ 6482	$P_{прочн}^{III}, \text{кН/м}$ ГОСТ 6482
Т 40	72,25 / 72,25	65,2	25,9	47,1
Т 60	79,0 / 79,0	72,0	29,6	53,9
ТК60	35,2 / 57,5	96,0	29,6	53,9
V	7,24	8,6	-	-
β	4,2	5,29	-	-

Примечание.

В таблице указаны коэффициенты вариации V и величины относительной погрешности β .

Трещины в трубах образовывались в растянутых зонах в соответствии с эпюрой моментов от двух сосредоточенных сил [2]: на внутренней поверхности трубы – в месте приложения погонной нагрузки и у опоры и на внешних боковых сторонах трубы.

Первые трещины появлялись в месте приложения сосредоточенных сил: под траверсой и на опоре, а затем на внешних боковых поверхностях

Диаграммы «нагрузка-деформации растяжения» для труб, армированных стальной фиброй Ø 400 мм и Ø 600 мм серии Т 40, Т 60, полученных в результате испытаний, строили по результатам каждого из испытанных отрезков труб, длиной 1000 мм. Отличие величин максимальной нагрузки и предельных деформаций растяжения приведенных диаграмм укладывается в пределы допустимого разброса.

Сопоставление усредненных диаграмм испытаний труб Ø 400 мм и Ø 600 мм, армированных стальной фиброй и арматурным каркасом приведено на рис. 4.

Как видно из табл. 1 и рис. 4 сталефибробетонные трубы показали большее значение разрушающей нагрузки по сравнению с трубами, армированными арматурными каркасами: для труб Ø 400 $P_{прочн} = 72,25 \text{ кН/м}$, а для труб Ø 600 $P_{прочн} = 79,0 \text{ кН/м}$.

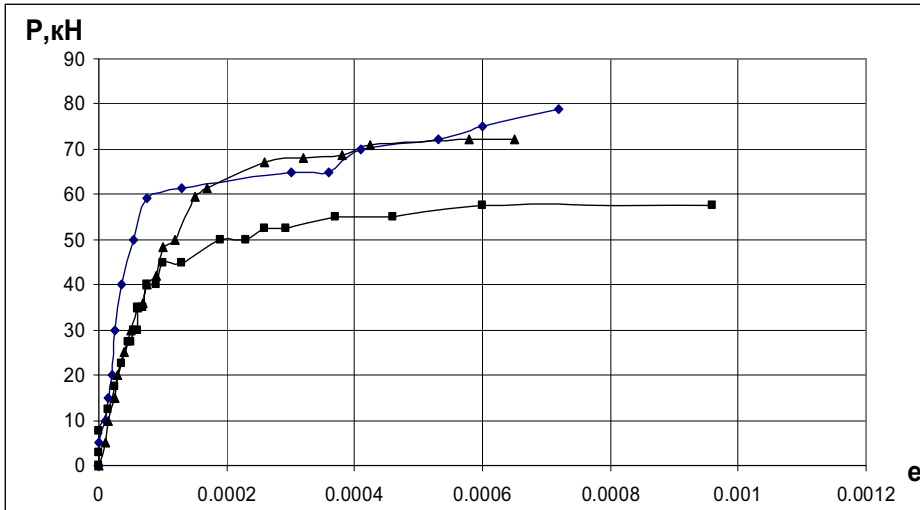


Рис. 4. Сопоставление усредненных диаграм испытаний труб Ø 400 мм и Ø 600 мм:

- ▲— труба Ø 400 мм сталефібробетонная;
- ◆— труба Ø 600 мм сталефібробетонная;
- труба Ø 600 мм стандартная с арматурным каркасом

Согласно ГОСТ 6482-88 [1] железобетонные трубы должны быть прочными и трещиностойкими при испытании их контрольной нагрузкой. Контрольная погонная нагрузка для труб, армированных стальным каркасом с радиальной и продольной арматурой Ø 600 мм для III группы несущей способности, соответствующей расчетной высоте засыпки грунтом 6 м, составляет: по трещиностойкости – 29,6 кН/м, а по прочности – 53,9 кН/м; для труб Ø 400 мм – соответственно: 25,9 кН/м и 47,1 кН/м.

В процессе испытаний выявлено, что для сталефібробетонных безнапорных труб первые трещины появляются при достижении разрушающей нагрузки в отличие от труб, армированных каркасами.

Вывод. Таким образом, нагрузка по трещиностойкости для сталефібробетонных труб превышает соответствующую нагрузку для железобетонных труб, примерно, в 2,24 раза, а нагрузку по несущей способности – в 1,37 раза. Учитывая, что после появления трещин в трубе усиливается действие коррозии арматуры, эта нагрузка для безнапорных труб может быть определяющей. В соответствии с эпюрой изгибающих моментов в трубе от двух сосредоточенных сил, первые трещины появились на внутренней поверхности труб в месте приложения нагрузки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия: ГОСТ 6482-88. – [Введ. с 01.01.90]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 75 с.
2. Клейн Г.К. Расчет труб, уложенных в земле. – М.: Госстройиздат, 1957. – 194 с.

Стаття надійшла до редакції 25.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Енергетичне та водногосподарське будівництво» Одеської державної академії архі-тектури та будівництва **К.В. Єгунов**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Технології та організація будівництва» Національного університету біоресурсів та природокористування України **О.І. Давиденко**

УДК 629.5.068.4

Л.В. Пизинцали, Н.И. Александровская

ОСОБЕННОСТИ ПРОДАЖИ СУДНА НА МЕТАЛЛОЛОМ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с проблемой утилизации судов и предпосылки создания утилизационного предприятия, а так же вопросы влияния вторичного сырья (лома) на современное производство металла.

Ключевые слова: суда, утилизация, лом, судовой лом, оценка судов на металлолом, особенности продажи, цена.

У статті розглянуті питання, пов'язані з проблемою утилізації суден і передумови створення утилізаційного підприємства, а так само питання впливу вторинної сировини (брухту) на сучасне виробництво металу.

Ключові слова: судна, утилізація, лом, судовий лом, оцінка судів на металобрухт, особливості продажу.

The article discusses issues related to the issue of ship recycling and creating preconditions recycling facility, as well as questions about the impact of secondary raw materials (scrap) to the modern production of the metal.

Keywords: ships, recycling, scrap, ship scrap, assessment of vessels for scrap, especially sales.

Введение. Потребности черной металлургии Украины, по нашему мнению, сегодня в полной мере не решит только за счет поставки железорудного сырья. Как показывает мировой опыт, экономически более эффективным и экологически более безопасным является развитие металлургического производства на основе использования вторичного сырья. По оценкам экспертов, в Украине, возможно, создать современное производство металла на базе вторичных ресурсов в объеме не менее 2 млн. тонн в год [1]. Сырьевой базой для этого являются колоссальные ресурсы амортизационного лома, которые могут быть вовлечены в оборот в процессе предстоящего широкомасштабного обновления устаревших основных фондов всех сфер хозяйства.

Очевидно, что, одним из важных аспектом здесь является утилизация судового лома. В настоящее время он не рассматривается большинством предприятий как отдельная марка металлолома, в то время как во всем мире судовой лом является отдельной статьей в поставках черного лома [2].

Цель статьи – показать важность использования вторичного металлургического сырья (судового лома) для металлургического производства и особенности продажи судна на металлолом и показать предпосылки создания утилизационного предприятия.

Процедура продажи судов на металлолом, естественно, намного проще, чем выполнение дорогостоящих и трудоемких ремонтных работ или работ по перепрофилированию судна, кроме того при ней не возникает необходимости осмотра или специального освидетельствования судна.

Легкодоступного лома с каждым годом становится все меньше. За 22 года независимости Украины мы перевели на лом, практически все старые предприятия, которые были созданы еще в советское время. И надо заранее готовиться к дефициту.

Активное развитие рынка ломозаготовки началось всего несколько лет назад. Объясняется это тем, что основной потребитель вторичного металла – электросталеплавильный комплекс – стабильно наращивает объемы.

В Украине [1], по данным *Delphica*, в 2012 г. при сборе лома в 6 млн. т (-24% к уровню 2011 г.) 5,5 млн. т. поставлено на металлургические предприятия (-18,5%), экспорт упал вдвое – до 367 тыс. т. Вместе с падением выплавки стали снизился и коэффициент использования лома – с 338 кг/т стали в 2011 г. до 313 кг/т в 2012 г. Комбинаты, работающие на конверторах и мартенах, снизили удельный вес лома и увеличили долю чугуна в сталеплавильной шихте.

В то же время уверенно наращивает закупки сырья «Интерпайп-сталь», которая в минувшем году, закупив 500 тыс. т. лома, заняла 9 % украинского рынка.

В 2014 году есть основания ожидать сохранению прошлогодней тенденции – использование дешевой руды более выгодно для интегрированных производителей.

В 2013 г. дефицит лома в стране стал ощутимым. В сентябре запасы лома на ряде заводов были настолько низкими (на несколько дней работы), что им пришлось поднять закупочные цены на \$ 12-15 за тонну. На конец сентября 2013 года средние закупочные цены на заводах, по данным «Укрпромвнешэкспертизы» (УПЭ), достигли 2400 грн./т. Однако большинство заготовителей эти цены не устраивали, и они придерживали сырье в надежде на экспорт. (Для справки: закупочные цены лома на заводах Украины: 2010 г. – 320-340 \$/т; 2011 г. – 370-371 \$/т; 2012 г. – 300-318 \$/т (рис. 1, б). Мировые цены – 370-380 \$/т [1]).

Импорт металлолома за 8 месяцев 2013 г. составил 139 тыс. т, экспорт, возобновившийся лишь в июле после 6 месячного отсутствия, составил 68,5 тыс. т.

Учитывая рестарт Донецкого ЭМЗ (годовые потребности – 800 тыс. т), выход на полную мощность «Интерпайп стали» и ожидающийся в начале следующего года запуск новых мощностей «Донецкстали», нехватка сырья на рынке станет еще более значимой в 2014 году. В УПЭ прогнозируют дефицит металлолома в размере 1,1 млн. т – при условии улучшения рыночной конъюнктуры и росте производства стали в Украине [1].

Процедура продажи судов на металлолом, как указывалось выше, намного проще. Но, если, как это часто бывает, судно должно быть передано покупателю не на месте его стоянки, а в другом порту, важно, чтобы оно находилось в мореходном состоянии и смогло совершить рейс своим ходом или на буксире. Брокер, который посредничает при продаже судна предприятиям, занимающимся разделкой судов на металлолом, и по просьбе продавцов договаривается о буксировке, может на законном основании претендовать на дополнительное вознаграждение по договору буксировки [2]. При продаже на слом не возникает вопросов об инвентаризации, так как запасы краски, канатов, тросов, все карты и документы должны быть сняты с судна, если покупатель не приобретает их специально или если их стоимость не учтена в цене судна. Контракт может предусматривать обязанность покупателя оплатить оставшийся на борту излишек бункера или право продавца реализовать этот излишек по прибытии судна к месту слома.

Хотя большинство судовладельцев безразлично к судьбе проданного на слом судна, в некоторых случаях, как, например, с пассажирскими лайнерами и некоторыми видами танкера, которые могут быть переоборудованы и вновь введены в эксплуатацию и тем самым создавать угрозу дополнительной конкуренции для его бывшего владельца, в контракт включается статья, обязывающая покупателей разделить судно на металлолом и запрещающая его перепродажу с целью дальнейшей эксплуатации. Такие соглашения предусматривают суровые санкции за несоблюдение или преднамеренное нарушение этой статьи. В прошлом лом судов оплачивался за брутто-регистрационную тонну судна. Однако этот метод со временем вышел из употребления, так как он не дает никакого представления об общем весе металла, за который покупатель платит деньги. Сварные конструкции, которые стали широко использоваться в США во время второй мировой войны при секционной сборке серийных судов типа «Либерти», привели к тому, что корпуса судов стали намного легче, и брутто-регистрационный тоннаж не мог больше служить критерием для определения веса при сравнении с более тяжелыми судами довоенной постройки. Растущее количество судов сварных конструкций, идущих на слом, вызвало к жизни новый метод, основанный на определении чистого водоизмещения, и такая практика в настоящее время укоренилась. Чистое водоизмещение, безусловно, является действительным общим весом судна без груза.

Оценка судов (оценка плавательных средств) на металлолом [3] обуславливается следующими факторами, которые влияют на их стоимость:

- дальность буксировки судна к месту его порезки;
- текущий и прогнозируемый уровень мировых цен на судовую лом;
- экологическая стабильность стран (фирм) – переработчиков судового лома;

- существующая и прогнозируемая позиция Кабинета министров Украины, регламентирующая продажу судов на лом;
- уровень цен за «разделку» судов (плавательных средств) и продажу лома на Украине;

Кроме того, требуется целый пакет документов, на количество которых влияет детальное ознакомление оценщика с заданием на оценку судна.

Перечень документов и информации для оценки судна включает:

- Год, место постройки.
- Класс регистра, регистрационный номер.
- Назначение судна.
- Собственник.
- Копии правоустанавливающих документов.
- Полная и остаточная балансовая стоимость судна (если собственник – юридическое лицо).
- Длина, ширина, высота борта, осадка.
- Водоизмещение.
- Дедвейт.
- Вместимость судна.
- Автономность плавания по запасам топлива.
- Количество палуб и водонепроницаемых переборок.
- Трюм (назначение, температура, объем).
- Количество и размеры грузовых люков.
- Судовые запасы (топливо, пресная вода, балласт, твердый).
- Главный двигатель (тип, марка, мощность).
- Вспомогательные и аварийные двигатели (тип, марка, мощность).
- Движители (тип, количество, материал).
- Главный редуктор (марка).
- Котлы (количество, производительность, давление).
- Краткие характеристики судовых устройств (грузовое, лебедки, якорное, рулевое).
- Спасательные средства (тип, марка, количество, вместимость).
- Промысловое оборудование (если есть).
- Источники энергии судовой сети.
- Автоматизация.

При необходимости может быть затребована дополнительная информация для оценки судна. Все вышеуказанные документы предоставляются в виде ксерокопий (нотариальное заверение необязательно). Информация от юридических лиц, которая представляется в виде справочной, подписывается ответственным лицом и скрепляется печатью [3].

На 1 января 2010 года [4] портфель заказов на судостроение в мире составлял 9226 судов валовой регистровой вместимостью 300,5 млн. тонн (на 18,4 % меньше, чем на начало 2009 года), в том числе: Китай (37,0 %), Корея (34,7 %) и Япония (17,3 %)

Суммарный дедейт мирового флота сегодня, по данным UNCTAD, составляет 1,534 млрд. тонн. С 1997 года, когда дедейт флота оценивался в 755 млн. тонн, произошло удвоение общемирового тоннажа. В настоящий момент мировой портфель заказов включает строительство судов общим дедейтом 124 млн. тонн, это 18 % эксплуатируемого флота. Эти цифры еще весьма значительны, но они уже существенно меньше по сравнению с январем 2012 года (дедейт заказанных новостроев 231 млн. тонн) или с январем 2011 года (305 млн. тонн). В первом квартале 2013 года было поставлено нового тоннажа на 52 % меньше, чем в первом квартале прошлого года.

29 % контрактов на поставку нового тоннажа в прошлом году не были реализованы (в 2011 году — 26 %) [8].

К началу 2009 года в мире было 99741 торговое судно (валовой регистровой вместимостью 100 и более тонн). За год 3658 новых судов было поставлено заказчикам (+3,7 % от существующего флота на начало года по количеству судов), в тоже время 1205 судов были списаны и большей частью утилизированы (снижение на 1,2 % от существующего флота). В результате в январе 2010 мировой флот составил 102194 судна (+2,5 % по сравнению с январем 2009) [4]. Согласно данных блога «*Ship Serpping List*» с конца 2009 года до наших дней в мире было списано и частично утилизировано приблизительно 500 судов.

Рынок утилизации судов более непостоянный, чем рынок судостроения, т.к. судно может быть продано для утилизации в весьма краткие сроки. В периоды, когда фрахтовые ставки высокие, судовладельцы очень неохотно забирают любые суда с рынка, в случае же понижения спроса на морской транспорт, судовладельцы часто склоняются к продаже своего старого флота на металлолом. Однако, в периоды низкого спроса на тоннаж невыгодно продавать суда из-за очень низких цен на металлолом. В период между серединой 2008 года и началом 2009 цены на металлолом упали с 650 за тонну водоизмещения судна порожнем до 200 долларов США. Затем цена вновь повысилась, достигнув 400 долларов в марте 2010 года. В июне 2012 года цены снова снизились и составили по данным журнала «Транспортный бизнес» 352-388 долларов за тонну.

В последние годы средний возраст судов, идущих на лом, имеет тенденцию к увеличению, так как суда строятся с учетом более длительного срока службы, и во время экономического роста судовладельцы дольше держат старые суда в эксплуатации (табл. 1). В период экономического кризиса в 2008 и 2009 годах доля тоннажа, идущего на лом, увеличилась, и поэтому средний возраст флота уменьшился (по сравнению с 2007 годом) [4].

По тоннажу флота, утилизированного в 2009 году, контейнеровозы и балкеры составляют большую часть, по 23 % соответственно, затем идут автомобилевозы (15 % списанного тоннажа) и танкеры (13 %). Рынок утилизации судов, как и рынок судостроения, является концентрированным. Только три страны обеспечили в 2009 году переработку на

металлолом 90 % списанного тоннажа. Лидирует Китай (34,5 %), за ним Индия (30,7 %), Бангладеш (24,8 %) и Пакистан (6,3 %) [4].

Таблица 1

Средний возраст судов, идущих на слом, по типам за период с 1998 по 2009 годы (суда вместимостью 300 регистровых тонн и выше)

Тип судна	Годы											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Танкеры	28,2	26,2	26,9	28,0	28,3	29,3	29,5	31,5	30,0	31,4	31,1	28,3
Навалочные	25,2	25,0	25,9	26,7	26,6	26,5	27,3	28,1	28,9	29,1	30,6	30,6
Контейнеровозы	25,5	24,8	25,7	26,9	26,0	25,5	30,5	30,6	28,1	29,6	29,1	27,0
Суда для генгрузов	26,7	26,7	27,3	27,4	28,2	29,3	32,9	31,9	32,3	34,9	33,6	31,5

Доля всех остальных стран составляет только 3,7 %. Экономически развитые страны не принимают существенного участия в переработке судов, в то время как развивающиеся страны с низким уровнем оплаты труда более конкурентоспособны в этой очень трудоемкой индустрии. Более жесткие требования по охране окружающей среды еще более удорожают такие работы в развитых странах [4].

Аналитики также обращают внимание, что на лом уходят все более «молодые» суда. Так, например, в июне 2012 г. на скрап ушел балкер «кейпсайз» возрастом всего 16 лет, что почти на 10 лет ниже нормативного срока службы [9].

Судовладельцы в непростом выборе между отдавать суда на разделку по более низким ценам или продолжать их эксплуатацию по убыточным ставкам, отдавали предпочтение варианту, дающему возможность получить свежий «cashflow» вместо того, чтобы и дальше наращивать убытки. Тем самым можно сделать вывод о том, что рынок разделки судов на металлолом стал менее чувствительным к уровню цен на скрап и эта тенденция, скорее всего, продолжится [9].

Проведя анализ (таблица 2) данных блога «*Ship Scrapping List*» с конца 2009 года до 2015 года средний возраст судов, идущих на слом, уменьшился, что еще раз подчеркивает увеличение количества судов на слом и актуальность в потребности в создании утилизационного предприятия на Украине.

Аналитики прогнозируют [9], что в 2014 году на слом уйдет порядка 39,7 млн. т дедвейта транспортного флота. Цены на судовой металлолом в январе 2014 года имели тенденцию к повышению на Индийском субконтиненте и в Турции при их стагнации и снижении активности в Китае в преддверии праздников. Разброс цен на скрап на верфях Китая и Индийского субконтинента в январе вновь стал достигать 80-100 USD/LDT.

Заинтересованность судовладельцев разделять суда на верфях КНР должны поддержать введенные здесь субсидии в размере 247 USD за тонну дедвейта уходящих на скрап судов. Субсидии распространяются на балкеры старше 18 лет, контейнеровозы старше 20 лет и однобортные танкеры возрастом более 12 лет.

Таблица 2

*Средний возраст судов, идущих на слом,
по типам за период с конца 2009 по 2014 годы*

Тип судна	Годы
	2009-2014
Танкеры	23,9
Навалочные	28,4
Контейнеровозы	22,1
Суда для генгрузов	–

Субсидии распространяются лишь на суда под китайским флагом. При этом при разделке выплачивается только 50 % указанной выше субсидии. Вторые 50 % выплачиваются, если взамен ушедшего на разделку судна на китайских же верфях заказано новое судно, не меньшее по тоннажу.

Аналитики отмечают, что вводимые на 2014-2015 годах субсидии будут выгодны в первую очередь крупным государственным компаниям. К примеру, COSCO уже заявила о планах отправить на скрап 41 судно общим дедвейтом 2,52 млн. тонн, используя установленную правительством КНР схему субсидий.

Разработка программ утилизации судов, новых технологических решений, методов и способов резки корпусов суден и их реализация позволила бы избавиться от нескольких сотен старых судов не только в Украине, но и в Европе, что, несомненно, повысило бы безопасность судоходства, качество обслуживания потребителей, конкурентоспособность отечественного поставщика транспортных услуг. Кроме того, позволило бы поднять рейтинг нашей страны на рынке международного судоходства [5].

Однако, на наш взгляд, проблема утилизации судов не может не учитывать особенности рынка, стоимости порезки 1 тонны судового лома, интересов, как судовладельца, так и завода по утилизации судов. Прибыль и одной и другой стороны должна быть равноценна. И здесь, по нашему мнению, для соблюдения этого баланса, необходимо еще при постройке плавательного средства вводить налог на утилизацию (утилизационный сбор). Кроме того, разрабатывать и искать новые методы и способы резки, чтобы можно было в условиях конкуренции создать гибкую схему стоимости порезки судового лома [6].

По данным [7], считается, что самая низкая цена продаваемого на лом судна составляла 89 USD/LDT, а самая высокая составила – 790 USD/LDT. Текущие рыночные цены на лом судов также можно отслеживать через Балтийскую Биржу (Baltic Exchange), которая с 2004 года выпускает Baltic Demolition Assessments (BDA)

Выводы

1. Очевидно, что экономически более эффективным и экологически более безопасным является развитие металлургического производства Украины на основе использования вторичного сырья, в частности судового лома.

2. Удобное географическое расположение Украины, ее неиспользованные сегодня технические производственные мощности судоремонтных и судостроительных заводов, наличие подготовленных кадров, значительная потребность в очистке от брошенных судов в речных бассейнах, безусловно, экономически выгодно для развития и создания заводов по утилизации судов.

3. Хотя процедура продажи судов на металлолом намного проще, чем покупки и ремонта, однако она требует целый пакет документов.

4. При продаже судна на металлолом, его владелец, в обязательном порядке должен в контракте при покупке судна на металлолом включить статью, обязывающую покупателей разделить судно на металлолом и запрещающую его перепродажу с целью дальнейшей эксплуатации.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пизинцали Л.В., Александровская Н.И., Кошарская Л.В. Предпосылки развития системы утилизации судов в Украине на примере железнодорожного и морского транспорта // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: Вид-во ДонІЗТ. – 2014. – № 37. – С. 157-162.
2. Отчет об оценке рыночной стоимости научно-исследовательского судна «XXXXXXXXX». Исполнитель: ООО «Агентство оценки и экспертиз «ЭксОР», 2008.
3. http://www.arenta-group.com/ocenska_sydov.html
4. Миюсов М.В. Глобальные морские перевозки и их кадровое обеспечение: Доклад профессора Миюсова М.В., ректора Одесской национальной морской академии. – 18.11.2011. – MIDSHP.S.RU.
5. Пизинцали Л.В. Экономические предпосылки развития системы утилизации судов в Украине // Проблеми розвитку сучасної економічної науки в транспортній галузі: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 20-22 листопада 2013 р. – К.: КДАВТ, 2013. – С. 27-29.

6. *Перов В.Н. Технология утилизации судов: Учебн. пособие / В.Н. Перов. – Николаев: УГМТУ, 2002. – 24 с.*
7. *«Dynamics Forge» Разделка судов на металлолом (ship demolition) <http://blog.dynamicsforge.com/%3Fp%3D961>*
8. *Мировой флот: перспективы туманны / Ports of Ukraine <http://portsukraine.com/node/3228>*
9. *Опять сезонный спад / Ports of Ukraine [http:// ports-ukraine.com/node/3547](http://ports-ukraine.com/node/3547)*

Стаття надійшла до редакції 25.12. 2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт»
Одеського національного морського університету **А.В. Шахов**

доктор технічних наук, професор кафедри Бізнесадміністрування та корпоративної безпеки Міжнародного гуманітарного університету **А.І. Рибак**

УДК 622.625.28-592.112(043.5)

А.Н. Коптовец

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА ФРИКЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ТОРМОЗЕ
МЕТОДОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Выполнена адаптация методов корреляционного и спектрального анализа нелинейных колебаний для определения характеристик нормальных и тангенциальных фрикционных контактных колебаний. В результате вычислительных экспериментов выполнена верификация разработанных алгоритмов и программного обеспечения. Установлено возникновение фрикционных колебаний в упругодемпфирующей системе, в которой не вводится искусственная разница между статическим и динамическим коэффициентами трения.

Ключевые слова: сила трения, скорость скольжения, обратная реактивность, нелинейные колебания, адаптация, вычислительный алгоритм, моделирование, проектирование.

Виконана адаптація методів кореляційного і спектрального аналізу нелінійних коливань для визначення характеристик нормальних і тангенціальних фрикційних контактних коливань. В результаті обчислювальних експериментів виконана верифікація розроблених алгоритмів і програмного забезпечення. Встановлено виникнення фрикційних коливань в пружньодемпфуючій системі, в якій не вводиться штучна різниця між статичним і динамічним коефіцієнтами тертя.

Ключові слова: сила тертя, швидкість ковзання, зворотна реактивність, нелінійні коливання, адаптація, обчислювальний алгоритм, моделювання, проектування.

Adaptation of methods of correlation analysis and frequency analysis of nonlinear vibrations has been performed to determine characteristics of normal and tangential frictional contact vibrations. Results of computational experiments make it possible to verify developed algorithms as well as software. On set-off frictional vibration has been identified with in elastic damping system where manufactured difference between static frictional coefficient and dynamic one is not introduced.

Keywords: friction, sliding velocity, back reactance, nonlinear vibrations, adaptation, computational algorithm, simulation, engineering design.

Введение. На всех видах транспорта в качестве зависимости коэффициента трения от скорости движения и тормозного нажатия принята эмпирическая формула, вид которой принят на основании феноменологических представлений, что является причиной неустойчивости решений в

разных областях экспериментальных условий. При аппроксимации экспериментальных зависимостей характеристики тормоза, вид эксперимента, обработка и представление результатов его построены без определенных предпосылок [1].

Для повышения технического уровня подвижного состава всех видов транспорта ставится одна и та же задача изменения силы (коэффициента) трения тормоза по величине и в функции скорости движения. Сила (коэффициент) трения тормоза обладает обратной реактивностью, то есть при увеличении скорости движения уменьшается. Особенно эффективным является решение этой задачи для скорости движения до 5 м/с, что характерно для шахтного подвижного состава. При этом тормоз не рассматривается как система, статистически задача решается в условиях структурной неопределенности и неидентифицируемости параметров [2]. Торможение рассматривается как задача в механике твердого тела в виде эмпирической науки о трении. Решения контактных задач с трением и контактных фрикционных колебаний, построение моделей трибомеханики в тормозостроении не применяются [3].

Тенденции мирового развития тормозной техники [4, 5, 6] свидетельствуют о том, что эмпирически, методом проб и ошибок осуществляется выбор материалов с фрикционными свойствами, которые бы позволили достичь требуемых показателей назначения тормоза и эффективности торможения. Выявленные по результатам патентных исследований тенденции развития тормозного оборудования свидетельствуют о том, что фрикционные тормоза колодочно-колесного типа являются основными для подвижного состава всех видов транспорта, но не имеют технических решений изобретений, которые бы реализовали создание шахтного подвижного состава высокого технического уровня по эффективности тяги и торможения с неизменным коэффициентом трения тормоза в диапазоне изменения эксплуатационной скорости движения.

Для определения потенциальных свойств тормоза нет решения задач: закономерности диссипации энергии торможения в тормозном механизме; методы прогнозирования фрикционных свойств при производстве трибологических материалов.

В структуре тормозной системы звенья привода, передачи и тормозного механизма обладают определенной податливостью при передаче тормозного нажатия и тормозной силы [7] и их нельзя рассматривать в механизмах с абсолютно жесткими звеньями.

Построение моделей трибомеханики, которые базируются на решении контактных задач теории упругости и пластичности, является переходом от эмпирической науки к фундаментальной, что позволяет управлять процессами трения [8, 9, 10]. Коэффициент трения не может быть отнесен к какой-либо одной детали, он зависит от всех деталей трибологической системы [3]. Математическая теория не рассматривает зависимость силы (коэффициента) трения от скорости скольжения.

Практическая реализация актуальных задач транспорта, машиностроения, энергетического оборудования требует научных результатов по теоретическим основам трения для разработки инженерных методов расчета и испытаний узлов трения, создания новых принципов их конструирования и изготовления. Использование методов моделирования с обобщением результатов и оценкой достоверности и точности позволяет выявить новые технические решения и ускорить их внедрение. Можно считать установленным, что между трением и колебаниями существует двухсторонняя связь: трение порождает колебания различных видов, а колебания в свою очередь влияют на трение [11].

Важным является представление о связанности колебаний в узлах трения, нормальные и тангенциальные колебания не могут проходить независимо. Обоснован один из источников возбуждения релаксационных автоколебаний, которым является переход от статического к кинетическому трению. Скачок обусловлен возрастанием истинной поверхности касания в отдельных контактах. До этого нормальные перемещения контакта при изучении зависимости силы трения от скорости скольжения и фрикционных автоколебаний игнорировались. Свобода нормальных перемещений ползуна является причиной как фрикционных автоколебаний, так и скоростной зависимости силы трения. При устранении собственных микроколебаний ползуна имеет место нейтральная скоростная характеристика трения, что впервые разработано в теории В.А. Кудинова [12].

Таким образом, актуальной является постановка **научной проблемы**, которая состоит в разработке теоретических основ управления силой трения в рабочем процессе тормоза по величине и в функции скорости скольжения на основе идентификации совместного возбуждения кинематически вынужденных колебаний за счет дискретности и конструктивных связей контакта трения с фрикционными колебаниями.

Цель работы – идентификация и исследование характеристик фрикционных колебательных процессов в тормозе.

Постановка задачи исследования – адаптация методов анализа нелинейных колебаний, которые обеспечивают получение оценки определяющих факторов вычислительным экспериментом, имеют программную и вычислительную реализацию и дают возможность создавать тормоза на стадии проектирования с наперед заданными триботехническими свойствами.

Результаты. На первом этапе вычислительного эксперимента производится численное решение рассматриваемой динамической задачи с трением с помощью вычислительного алгоритма. В результате вычисляются временные ряды перемещений колодки $\{x^n\}$, $\{y^n\}$.

На втором этапе вычислительного эксперимента производится исследование полученных временных рядов с использованием:

– автокорреляционных функций для определения периода колебаний;

– спектрального анализа перемещений, скоростей и ускорений;
– фазовых диаграмм в переменных «перемещение-скорость»;
– зависимостей амплитуд перемещений, скоростей и ускорений от изменения параметров рассматриваемой динамической системы, получаемых методом продолжения по параметру.

Применение вычислительного алгоритма для интегрирования уравнений движения рассматриваемой динамической системы позволяет получить временные ряды перемещений колодки $\{x^n\}$ и $\{y^n\}$, описывающие перемещения колодки в дискретные моменты времени t_n , которые, как правило, берутся через равные промежутки времени h , называемые периодом дискретизации.

Известно [13], что вещественный периодический временной ряд $\{X^n\}$ с периодом K имеет периодический дискретный спектр $\{Y^k\}$, обладающий свойством симметрии

$$Y^{k+K} = Y^k, \quad \text{для любого } k; \quad (1)$$

$$Y^{K-k} = Y^k, \quad 0 < k < K. \quad (2)$$

Поэтому при выборе шага интегрирования по времени можно использовать эвристический подход, основанный на теореме Котельникова [13], в соответствии с которой любой непрерывный сигнал $x(t)$, спектр которого не содержит составляющих с частотой выше частоты дискретизации ω_d , может быть без потери информации представлен своими дискретными значениями, взятыми с интервалом h , удовлетворяющим неравенству

$$h < \frac{\pi}{\omega_d}. \quad (3)$$

Рассматриваемая динамическая система является диссипативной, т.к. содержит упругодемпфирующие элементы. Поэтому с течением времени движение системы устанавливается и становится периодическим. Задача исследования установившихся режимов тормозного механизма состоит в нахождении решения исходной динамической задачи с трением, удовлетворяющего условиям периодичности

$$x(t) = x(t+T), \quad \dot{x}(t) = \dot{x}(t+T); \quad (4)$$

$$y(t) = y(t+T), \quad \dot{y}(t) = \dot{y}(t+T), \quad (5)$$

при этом период T движения рассматриваемой динамической системы заранее неизвестен.

В настоящей работе для определения периода колебаний рассматриваемой динамической системы на основе анализа периодичности временного ряда перемещений $\{x^n\}$ и $\{y^n\}$ колодки необходимо использовать аппарат автокорреляционных функций.

Пусть известны значения дискретного сигнала (временной ряд) $\{x^n\}$, $n = \overline{1, N+M}$. Тогда дискретная автокорреляционная функция сигнала $\{x^n\}$ вычисляется по формуле

$$\psi_m = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \cdot x_{n+m}, \quad m = \overline{0, M}, \quad (6)$$

где ψ_m , $m = \overline{0, M}$, – дискретная автокорреляционная функция;

N, M – целые положительные числа.

Автокорреляционная функция служит мерой степени сходства сигнала с самим собой в прошлом. Если временной ряд $\{x^n\}$ периодичен с периодом K , то его автокорреляционная функция также обладает периодичностью

$$\psi_m = \psi_{m+K}, \quad m = \overline{0, M}. \quad (7)$$

При этом выполняется неравенство

$$\psi_0 > \psi_m, \quad 0 < m < K. \quad (8)$$

При практических расчетах удобно использовать масштабированную автокорреляционную функцию

$$\tilde{\psi}_m = \psi_m / \psi_0, \quad m = \overline{0, M}. \quad (9)$$

Очевидно, что

$$\tilde{\psi}_0 = 1. \quad (10)$$

Учитывая, что временные ряды перемещений $\{x^n\}$ и $\{y^n\}$ колودки являются приближенным решением исходной задачи, условия периодичности (4)–(5) даже для установившихся движений динамической системы выполняются приближенно. Поэтому для автокорреляционной функции условие периодичности (7) также будет выполняться приближенно. При использовании масштабированной автокорреляционной функции будем считать, что её период равен K , если

$$\tilde{\psi}_K > 1 - \varepsilon; \quad (11)$$

$$\tilde{\psi}_m < 1 - \varepsilon, \quad 0 < m < K, \quad (12)$$

где $\varepsilon > 0$ – параметр, характеризующий точность выполнения условий периодичности.

На основе анализа результатов многочисленных вычислительных экспериментов при практических вычислениях параметр ε следует выбирать в диапазоне 0,01-0,1. Необходимо отметить, что с увеличением уров-

ня демпфирования в динамической системе значение параметра ε можно уменьшить.

Если временной ряд $\{x^n\}$ является аперiodическим, то его автокорреляционная функция должна иметь конечный носитель, т. е. обращаться в нуль вне конечного интервала времени. Для конечных отрезков временных рядов критерий аперiodичности можно сформулировать следующим образом: для любого $\varepsilon > 0$ существует $M(\varepsilon)$ такое, что

$$|\psi_m| \leq \varepsilon, \text{ для любого } m > M(\varepsilon). \quad (13)$$

Таким образом, вычисление автокорреляционной функции для данного временного ряда позволяет не только установить является ли он периодическим, но и определить его период в этом случае.

Одним из наиболее распространенных способов исследования периодических движений динамических систем является спектральный анализ. С механической точки зрения, разложение исследуемого движения в ряд Фурье соответствует его представлению в виде совокупности простых гармонических движений.

Разложение в ряд Фурье применимо как к непрерывным функциям, так и к дискретным последовательностям. При этом они представляются в виде суммы гармонических функций либо комплексных экспонент с частотами, образующими арифметическую прогрессию [13].

Пусть временной ряд $\{x^n\}$ является периодическим с периодом K , т. е.

$$x_{n+K} = x_n \text{ для любого } n. \quad (14)$$

Такой временной ряд полностью описывается конечным набором чисел, в качестве которого можно взять произвольный фрагмент длиной K , например $\{x^n\}$, $n = 0, \overline{K-1}$. Известно [13], что вещественный периодический дискретный сигнал (временной ряд) имеет периодический дискретный спектр $\{x^n\}$, обладающий свойством симметрии

$$X_{n+K} = X_n \text{ для любого } n, \quad (15)$$

$$X_{K-n} = X_n, \quad 0 < n < K. \quad (16)$$

В этом случае временной ряд $\{x^n\}$ можно представить в виде конечного ряда Фурье в тригонометрической форме

$$x_n = \sum_{k=0}^{K/2} A_k \cos \frac{2\pi kn}{K} + \sum_{k=0}^{K/2} B_k \sin \frac{2\pi kn}{K}, \quad (17)$$

где A_k , B_k – коэффициенты ряда Фурье, вычисляемые по формулам

$$A_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{K-1} x_n \cos \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 1, \dots, \frac{K}{2} - 1; \quad (18)$$

$$A_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{K-1} x_n \cos \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 0, \frac{K}{2}; \quad (19)$$

$$B_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{K-1} x_n \sin \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 1, \dots, \frac{K}{2} - 1. \quad (20)$$

Ряд Фурье можно также представить в виде

$$x_n = \sum_{k=0}^{K/2} C_k \cos \left(\frac{2\pi kn}{K} + \varphi_k \right), \quad (21)$$

где C_k – амплитуда k -й гармоники, вычисляемая по формуле

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}, \quad k = 0, \dots, \frac{K}{2}, \quad (22)$$

где φ_k – фаза k -й гармоники, вычисляемая по формуле

$$\varphi_k = \arctg \left(-\frac{B_k}{A_k} \right), \quad k = 0, \dots, \frac{K}{2}. \quad (23)$$

Вычисление спектров скоростей и ускорений может производиться двумя способами. Первый состоит в последовательном дифференцировании по времени ряда Фурье для перемещений, соответствующего (21)

$$\dot{x}_n = \sum_{k=0}^{K/2} E_k \sin \left(\frac{2\pi kn}{K} + \varphi_k \right); \quad (24)$$

$$\ddot{x}_n = \sum_{k=0}^{K/2} E_k \cos \left(\frac{2\pi kn}{K} + \varphi_k \right), \quad (25)$$

где

$$E_k = -C_k \frac{2\pi k}{Kh}; \quad (26)$$

$$E_k = -C_k \left(\frac{2\pi k}{Kh} \right)^2. \quad (27)$$

Второй способ состоит в вычислении скоростей и ускорений на основании временного ряда перемещений $\{x^n\}$ с помощью разностных соотношений

$$\dot{x}_n = \frac{x_{n+1} - x_{n-1}}{2h}; \quad (28)$$

$$\ddot{x}_n = \frac{x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1}}{h^2} \quad (29)$$

и представлении временных рядов скоростей $\{\dot{x}^n\}$ и ускорений $\{\ddot{x}^n\}$ в виде конечных рядов Фурье

$$\ddot{x}_n = \sum_{k=0}^{K/2} \tilde{C}_k \cos\left(\frac{2\pi kn}{K} + \tilde{\varphi}_k\right); \quad (30)$$

$$\dot{x}_n = \sum_{k=0}^{K/2} \tilde{C}_k \cos\left(\frac{2\pi kn}{K} + \tilde{\varphi}_k\right), \quad (31)$$

где

$$\tilde{C}_k = \sqrt{\tilde{A}_k^2 + \tilde{B}_k^2}, \quad k = 0, \dots, \frac{K}{2}; \quad (32)$$

$$\tilde{\varphi}_k = \arctg\left(-\frac{\tilde{B}_k}{\tilde{A}_k}\right), \quad k = 0, \dots, \frac{K}{2}; \quad (33)$$

$$\tilde{A}_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{K-1} \dot{x}_n \cos \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 1, \dots, \frac{K}{2} - 1; \quad (34)$$

$$\tilde{A}_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{K-1} \dot{x}_n \cos \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 0, \frac{K}{2}; \quad (35)$$

$$\tilde{B}_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{K-1} \dot{x}_n \sin \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 1, \dots, \frac{K}{2} - 1; \quad (36)$$

$$\tilde{\tilde{C}}_k = \sqrt{\tilde{\tilde{A}}_k^2 + \tilde{\tilde{B}}_k^2}, \quad k = 0, \dots, \frac{K}{2}; \quad (37)$$

$$\tilde{\tilde{\varphi}}_k = \arctg\left(-\frac{\tilde{\tilde{B}}_k}{\tilde{\tilde{A}}_k}\right), \quad k = 0, \dots, \frac{K}{2}; \quad (38)$$

$$\tilde{\tilde{A}}_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{K-1} \ddot{x}_n \cos \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 1, \dots, \frac{K}{2} - 1; \quad (39)$$

$$\tilde{\tilde{A}}_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{K-1} \ddot{x}_n \cos \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 0, \frac{K}{2}; \quad (40)$$

$$\tilde{\tilde{B}}_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{K-1} \ddot{x}_n \sin \frac{2\pi kn}{K}, \quad k = 1, \dots, \frac{K}{2} - 1. \quad (41)$$

Для апостериорного анализа точности получаемых численных результатов необходимо проводить сравнение спектров ускорений вычисленных двумя способами.

Учитывая свойства спектра дискретного периодического временного ряда, в настоящей работе использована следующая методика спектрального анализа колебаний тормозного механизма.

1. Вычисляется шаг интегрирования по времени

$$h = \frac{T_1}{N}, \quad (42)$$

где N – количество шагов по времени за период свободных колебаний колодки T_1 .

В вычислительных экспериментах полагалось $N = 200$.

2. Вычисляется временной ряд перемещений $\{X^n\}$ масс рассматриваемой динамической системы на временном отрезке $[0, T_0]$, где $T_0 = MT_1$. В вычислительных экспериментах полагалось $M = 50$.

3. Используя конечный отрезок временных рядов $\{x^n\}$ и $\{y^n\}$, $n = \overline{(M - K)N, MN}$, строятся автокорреляционные функции перемещений колодки на отрезке $[(M - K/2)N, MN]$. В вычислительных экспериментах полагалось $K = 32$.

4. Используя приближенные условия периодичности автокорреляционных функций (11)–(12), определяется период колебаний T рассматриваемой динамической системы.

Если на рассмотренном конечном отрезке $[(M - K/2)N, MN]$ условия периодичности (11)–(12) не выполняются, то необходимо увеличить параметр M , определяющий длину отрезка $[0, T_0]$, на котором вычисляются временные ряды перемещений $\{x^n\}$ и $\{y^n\}$ колодки, или увеличить параметр K , определяющий максимально допустимый период колебаний.

5. Используя конечный отрезок временных рядов $\{x^n\}$ и $\{y^n\}$, $n = \overline{(M - K)N, MN}$, вычисляется по формулам (18)–(20) спектр перемещений колодки. Если спектр имеет ограниченную полосу частот, то выполняется условие

$$l < kN/2 - s, \quad (43)$$

где $s > 0$ – параметр, определяющий ширину спектра.

Если выполняется условие (43), то дискретное преобразование Фурье позволяет восстанавливать исходные непрерывные функции перемещений колодки. В противном случае, необходимо увеличить частоту дискретизации, т.е. уменьшить величину шага интегрирования по времени h и вернуться к п. 2 методики.

Разработанная методика спектрального анализа колебаний тормозного механизма основана на предположении, что его движения являются периодическими. Если в рассматриваемой динамической системе возникает детерминированный хаос, то автокорреляционная функция временного ряда перемещений $\{X^n\}$ должна иметь конечный носитель, т.е. обращаться в нуль вне конечного интервала времени. Для конечных

отрезков временных рядов критерий аperiodичности можно сформулировать следующим образом: для любого $\varepsilon > 0$ существует $M(\varepsilon)$ такое, что

$$|\psi_m| \leq \varepsilon, \text{ для любого } m > M(\varepsilon). \quad (44)$$

Рассматриваемая динамическая система описывается нелинейной диссипативной неавтономной системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Движения диссипативных систем целесообразно разделить на два класса: переходных, нестационарных движений, соответствующих процессу релаксации от начального к предельному множеству состояний, и класс установившихся, стационарных движений, фазовые траектории которых целиком принадлежат предельным множествам. Важными с физической точки зрения являются притягивающие предельные множества – аттракторы. С течением времени произвольное начальное состояние из некоторой области притяжения G , включающей в себя аттрактор G_0 , релаксирует к G_0 . Движение, которому отвечает фазовая траектория в области притяжения, есть переходной процесс. Установившееся движение характеризуется принадлежностью фазовых траекторий инвариантному предельному множеству, т. е. аттрактору G_0 .

Для анализа процесса установления колебаний тормозного механизма и визуального выявления аттракторов используются фазовые диаграммы в переменных «перемещение-скорость».

При исследовании зависимостей амплитуд перемещений, скоростей и ускорений рассматриваемой динамической системы от изменения её параметров использовался метод продолжения по параметру при пошаговом изменении параметров системы [14]. В качестве начального приближения решения выбирается решение, полученное на предыдущем шаге.

При выполнении расчётов параметры системы изменялись с постоянным шагом от начального до конечного значений, заданных в исходных данных, а затем в обратном направлении – от конечного значения до начального. Такой подход позволяет получить, в частности, полные амплитудно-частотные зависимости для динамической системы с учётом наличия неустойчивых ветвей.

Для верификация разработанных алгоритмов и программного обеспечения выполнено компьютерное моделирование фрикционных колебаний простейшей одномассовой системы. В результате вычислительных экспериментов установлено, что при использовании трехслойных разностных схем целесообразно выбирать следующие значения весовых коэффициентов

$$\theta_1 = \theta_3 = 0,25, \quad \theta_2 = 1,0 - \theta_1 - \theta_3 = 0,5,$$

а при использовании двухслойных разностных схем целесообразно выбирать следующее значение весового коэффициента

$$\theta = 0,5.$$

Проведенные расчеты подтвердили высокую вычислительную эффективность интегрирования во времени уравнений движения рассматриваемой динамической системы.

Выводы. Получена вариационная формулировка в виде квазивариационного неравенства динамической задачи для колебательной системы с двумя степенями свободы при наличии вязкого и сухого трения Амонтона и деформировании шероховатых контактирующих поверхностей. Дискретизация вариационной задачи по времени выполнена на основе двух- и трехслойных разностных схем. Для решения полученных на каждом шаге интегрирования по времени квазивариационных неравенств предложен итерационный процесс, позволяющий свести решение задачи к решению последовательных вариационных неравенств с недифференцируемыми слагаемыми, обусловленными наличием сил трения. Построены эквивалентные вариационным неравенствам с недифференцируемыми слагаемыми задачи минимизации, решение которых получены в явном виде.

Разработаны вычислительные алгоритмы численного моделирования фрикционных колебаний в тормозе методом установления, реализованные в виде пакета прикладных программ. На основе вычислительных экспериментов установлено, что при использовании для решения рассматриваемого класса задач трехслойных разностных схем минимальной схемной вязкостью обладают симметричные схемы при $\Theta_1 = \Theta_3$. Предложенная математическая модель, учитывающая нормальные колебания колодки, вызванные шероховатостью контактирующих поверхностей и наличием конструктивной связи между нормальными и тангенциальными колебаниями, описывает возникновение фрикционных колебаний в упругой системе, в которой не вводится искусственная разница между статическим и динамическим коэффициентами трения.

В зависимости от значений параметров динамической системы тормоза возможны три варианта движения тормозной колодки: затухающие, установившиеся релаксационные и установившиеся квазигармонические колебания. Зависимость коэффициента трения тормоза, при котором возникают колебания в тормозном механизме, от угла наклона подвески колодки линейная, от отношения жесткостей двух конструктивных связей в нормальном c_2 и тангенциальном c_1 направлениях – нелинейная. При этом минимальное значение коэффициента трения, при котором возникает установившиеся колебания, соответствуют случаю $c_1 = c_2$.

Анализ нормальных и тангенциальных фрикционных колебаний в рабочем процессе тормоза выполнен в результате применения методов корреляционного и спектрального анализа дискретных сигналов: выбор шага интегрирования по времени уравнений и критериев восстановления движения динамической системы тормоза на основе численного решения; применение автокорреляционных функций для определения периода колебаний; разложение исследуемого движения в ряд Фурье; использование фазовых диаграмм в переменных «перемещение – скорость» для анализа

процесса установления колебаний и визуального выявления аттракторов; построение амплитудных зависимостей перемещений, скоростей, ускорений динамической системы методом продолжения по параметру.

Разработанные математические модели и вычислительные алгоритмы могут быть использованы для моделирования и анализа процессов тяжело нагруженных режимов трения в трибологических системах с контактным возбуждением колебаний различного технического назначения (горные машины, оборудование для подводной добычи полезных ископаемых и др.) и выявить новые технические решения.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабаєв А.М. *Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць: Навч. посібник* / А.М. Бабаєв, Д.В. Дмитрієв; під заг. ред. Д.В. Дмитрієва. – К.: ДЕТУТ, 2005. – 176 с.
2. Коптовец А.Н. *Выбор формы связи между параметрами трения в тормозном механизме с применением дискриминантного анализа* / А.Н. Коптовец // *Подъемно-транспортная техника* – 2007. – № 4 – С. 27-32.
3. *Справочник по триботехнике. Т.3. Теоретические основы* / Под общ. ред. М. Хебты, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
4. *Правила технічної експлуатації залізниць України*. – К.: Транспорт України, 2003. – 133 с.
5. Zander С.Р. *Metal-ceramicbrakingclampsonpowerfullocomotives* / С.Р. Zander // *Glaser's Annalen*. – 2001. – № 4. –Р. 157-165.
6. Зверев И.И. *Проектирование авиационных колес и тормозных систем* / И.И. Зверев, С.С. Коконин. – М.: Машиностроение, 2005. – 222 с.
7. Гребенюк П.Т. *Правила тормозных расчетов* / П.Т. Гребенюк. – М.: Интекст, 2004. – 111 с.
8. Свириденко А.И. *Механика дискретного фрикционного контакта* / А.И. Свириденко, С.А. Чижик, М.И. Петроповец. – Минск.: Наука и техника, 1990. – 100 с.
9. Горячева И.Г. *Механика фрикционного взаимодействия* / И.Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 582 с.
10. Горячева И.Г. *Контактные задачи в трибологии* / И.Г. Горячева, М.Н. Добычин. – М.: Машиностроение, 1988. – 253 с.
11. Буданов Б.В., Кудинов В.А., Толстой Д.Н. *Взаимосвязь трения и колебаний* / Б.В. Буданов, В.А. Кудинов, Д.Н. Толстой // *Трение и износ*. – 1980. – Т. 1. – С. 79-89.
12. Кудинов В.А. *Исследование колебаний металлорежущих станков при резании металлов* / В.А. Кудинов. – М.: Машигиз, 1958. – 198 с.

13. Сергиенко А.Б. *Цифровая обработка сигналов* / А.Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
14. Шалашилин В.И. *Метод продолжения по параметру и наилучшая параметризация (в прикладной математике и механике)* / В.И. Шалашилин, Е.Б. Кузнецов. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 224 с.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гірничої механіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» **В.І. Самуся**

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу механіки машин та процесів переробки мінеральної сировини інституту геотехнічної механіки НАН України **В.П. Надутий**

УДК 656.611.2.001.13

М.Я. Постан, И.В. Савельева

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗОРЕНИЯ
ОПЕРАТОРА ПОРТОВОГО ТЕРМИНАЛА**

В статье предложен метод оценки вероятности разорения портового оператора, основанный на теории хранения запасов. Задача сводится к нахождению распределения времени до первого момента опустошения хранилища, а процессом риска является текущая прибыль оператора. Принципиально новым моментом, с точки зрения теории разорения, является совместное описание динамики производственного процесса (обработки судов) и соответствующего текущего финансового результата деятельности оператора.

Ключевые слова: оператор портового терминала, обработка судов, текущий финансовый результат, обслуживающая система, вероятность разорения.

У статті запропоновано метод оцінки ймовірості розорення портового оператора, що заснований на теорії збереження запасів. Задачу зведено до знаходження розподілу часу до першого моменту опорожнення складу, процесом ризику є поточний прибуток оператора. Принципово новим моментом, з точки зору теорії розорення, є сумісний опис динаміки виробничого процесу (обробки суден) та відповідного поточного фінансового результату діяльності оператора.

Ключові слова: оператор портового терминала, обробка суден, поточний фінансовий результат, система обслуговування, ймовірність розорення.

In the article, a method for port's operator ruin probability assessment is proposed. This method is based on stochastic storage theory. The problem is solved by its reduction to finding the distribution of time till first moment of warehouse emptiness. The process of risk is the value of current profit of operator. From the point of view of ruin theory the new approach is proposed which is based on simultaneous description of port terminal as a queueing system and corresponding financial flows.

Keywords: port's terminal operator, service of ships, current financial result, queueing system, ruin probability.

Постановка проблемы. Деятельность оператора портового терминала (ОПТ) как субъекта хозяйственной деятельности сопровождается определенными рисками, среди которых основным является риск снижения (возможно, временного) грузопотока и соответствующего финансового результата в некотором временном интервале.

Этот риск возникает из-за того, что коммерческая деятельность ОПТ подвержена различным факторам внешней и внутренней неопределенности, например:

- политическая нестабильность;
- действие конкурентов;
- объективно существующая неравномерность прибытия судов в порт;
- несовершенное законодательство;
- действие природных сил;
- непредвиденные простои судна в процессе его грузовой обработки (например, вследствие внезапных отказов перегрузочного оборудования);
- субъективные факторы и др.

Учет факторов риска в деятельности ОПТ необходим для повышения его финансовой устойчивости и конкурентоспособности. Практически это дает ему возможность объективно оценить целесообразность страхования указанных рисков. Поэтому исследования в данном направлении являются актуальными.

Обзор последних достижений и публикаций. В проведенных за ряд последних лет исследованиях проблемы учета факторов риска в деятельности ОПТ и порта в целом делались попытки использования отдельных результатов теории разорения для совершенствования управления указанными рисками. Так, например, в работе [1] решались задачи оценки вероятности принятия текущей прибылью ОПТ значения не ниже заданного уровня на фиксированном промежутке времени. В статье [2] рассматривалась задача оценки вероятности достаточности накоплений фондов, формируемых за счет портовых сборов, для выполнения плановых работ по поддержанию технических элементов портовой инфраструктуры в надлежащем состоянии. Отметим также работу [3], посвященную оценке инвестиционных рисков при разработке проектов реконструкции портовых терминалов.

В то же время следует отметить недостаточность существующих исследований по проблеме оценки риска разорения ОПТ с учетом его основной производственной деятельности, а именно: организации приема и грузовой обработки судов на терминале.

Здесь следует также отметить следующее обстоятельство, касающееся современного состояния математической теории риска [4, 5]. Исторически эта теория начала разрабатываться более 100 лет назад в связи с коммерческими интересами страховых компаний. Классические постановки задач теории разорения посвящены нахождению вероятностей разорения страховщиков. В настоящее время теория разорения страховщиков является глубоко разработанной областью прикладной вероятности. Хозяйственная же практика, в том числе и на морском транспорте, ставит аналогичные задачи также и для страхователей. Однако анализ специальной литературы показывает, что исследования в этом направлении нахо-

дятся пока еще в лучшем случае в зачаточном состоянии (см., например, монографии [4, 5]). С теоретической точки зрения трудность исследования данной проблемы связана с необходимостью учета не только динамики изменения финансовых показателей деятельности предприятия, но также и специфики производственного процесса [6].

Цель исследования. Целью данной статьи является разработка метода оценки вероятности разорения ОПТ с учетом особенностей работы портового терминала как некоторой обслуживающей системы.

Основной материал исследования. Если предположить, что плата оператору фрахтователем за проведение грузовых операций предоставляется сразу после окончания обработки судна, то в упрощенном виде процесс финансового риска ОПТ может быть представлен следующим образом:

$$\Pi(t) = u + pX(t) - rt, t \geq 0, \quad (1)$$

где $X(t)$ – суммарное количество груза, перегруженного ОПТ из судов (на суда) в интервале $(0, t]$, причем

$$X(t) = \sum_{k=1}^{\omega(t)} \gamma_k, \quad (2)$$

где γ_k – чистая грузоподъемность k -го по счету обработанного судна (случайные величины $\gamma_1, \gamma_2, \dots$ предполагаются независимыми в совокупности и одинаково распределенными); $\omega(t)$ – суммарное число обработанных на терминале судов в указанном интервале времени; p – аккордная ставка; r – эксплуатационные расходы по терминалу; u – значение процесса $\Pi(t)$ в начальный момент времени $t = 0$.

В целях простоты анализа в равенстве (1) мы не учли возможную прибыль оператора от коммерческого хранения груза на складе (доходы ОПТ от технологического хранения включены в аккордную ставку, а соответствующими расходами пренебрегаем).

Как видно из выражения (2), случайный процесс $X(t)$ имеет достаточно сложную вероятностную структуру, поскольку ее имеет процесс $\omega(t)$. Для нахождения вероятностного распределения процесса $\omega(t)$ портовый терминал можно представить в виде обслуживающей системы. Как известно из теории массового обслуживания [7], нахождение распределения процесса $\omega(t)$ даже для классических n -канальных систем массового обслуживания (СМО) с ожиданием типа M/G/n и GI/M/n представляет очень сложную математическую задачу. Нас же, согласно (1), интересует распределение момента времени первого достижения процессом $\Pi(t)$ множества $(-\infty, -u]$, (т.е. момента «разорения» ОПТ), что является еще более сложной проблемой.

В то же время для ряда СМО, например, типа $M/M/n$ и $M/G/\infty$ с пуассоновским входящим потоком в установившемся режиме их работы распределение процесса $\omega(t)$ найти легко: оно просто совпадает с распределением входящего потока, т.е. тоже является однородным пуассоновским с той же самой интенсивностью, что и у входящего потока [7]. При этом необходимым и достаточным условием существования установившегося режима в СМО типа $M/M/n$ служит неравенство

$$\lambda < n\mu, \quad (3)$$

где λ – интенсивность входящего потока заявок;

$1/\mu$ – среднее время обслуживания одной заявки.

Поэтому мы будем интересоваться поведением процесса $\Pi(t)$, предполагая, что работа портового терминала описывается либо моделью пуассоно-эрланговской СМО $M/M/n$, либо моделью бесконечноканальной СМО типа $M/G/\infty$. В последней модели СМО ожидание заявками на обслуживание (т.е. судами) начала обслуживания отсутствует, что соответствует наблюдаемой в крупных морских портах практике.

Таким образом, учитывая вышесказанное, можно считать, что

$$P\{\omega(t) = k\} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

В формуле (4) считаем, что λ – это интенсивность прибывающих на терминал судов. С учетом (4) случайный процесс

$$Y(t) = pX(t) - rt$$

является сложным пуассоновским процессом со сносом, равным $-r$. Такого рода случайные процессы широко используются в теории хранения запасов (или в теории водохранилищ) [8].

Обозначим через $T(u)$ время до первого достижения процессом $\Pi(t)$ множества $(-\infty, -u]$, т.е. по определению

$$T(u) = \inf\{t : Y(t) \leq -u\}, u > 0.$$

Считаем, что $T(0) \equiv 0$. Из теории водохранилищ [8] следует, что

$$Me^{-sT(u)} = e^{-u\eta(s)}, \operatorname{Re} s > 0, \quad (5)$$

где $\eta(s) \equiv \eta$ – единственный корень уравнения

$$r\eta = \lambda(1 - \gamma(p\eta)) + s, \quad (6)$$

$$\gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-zx} dG(x), \operatorname{Re} z > 0; G(x) = P\{\gamma_1 \leq x\}.$$

Вероятность разорения ОПТ определяется по формуле [8]

$$P\{T(u) < \infty\} = \begin{cases} 1, & \text{если } \lambda gp \leq r \\ e^{-uR}, & \text{если } \lambda gp > r \end{cases}, \quad (7)$$

где $g = M\gamma_1$ – среднее значение чистой грузоподъемности судна;

$R = \eta(+0)$ – наибольший положительный корень уравнения (см.(6)).

$$rR = \lambda(1 - \gamma(pR)). \quad (8)$$

Соответственно, вероятность неразорения равна

$$1 - P\{T(u) < \infty\} = \begin{cases} 0, & \text{если } \lambda gp \leq r \\ 1 - e^{-uR}, & \text{если } \lambda gp > r \end{cases}.$$

Отметим, что для модели СМО типа $M/M/n$ вероятность (7) равна e^{-uR} только в случае выполнения условий (см. (3))

$$\frac{r}{p} < \lambda g < ng\mu.$$

Условие $r < \lambda gp$ имеет простой экономический смысл, а именно: для того, чтобы вероятность разорения была меньше 1, суточные эксплуатационные затраты по терминалу должны быть строго меньше средней скорости поступления доходов ОПТ.

В таблице приведены численные значения вероятности разорения (7) для случая $G(x) = 1 - e^{-x/g}$, $x \geq 0$, при $\lambda = 0,1$ суд./сут., $g = 100$ тыс.т и различных значениях параметров u, r, p . В данном случае (см. (8))

$$R = \frac{\lambda g - r/p}{rg}, \lambda gp > r.$$

Из таблицы видно, что, как и следовало ожидать, с ростом параметра p вероятность разорения снижается. С другой стороны, из (7), (8) видно, что при больших значениях p эта вероятность стремится к предельному значению, равному $e^{-\lambda u/r}$. Если считать, что интенсивность судопотока есть убывающая функция параметра p (из-за влияния конкуренции), причем $\lambda(p) \rightarrow 0$ при $p \rightarrow \infty$, то вероятность разорения с ростом p будет стремиться к 1 (при фиксированных значениях u и r).

Варьируя параметры u, r, p , можно сделать вероятность разорения достаточно малой величиной ε , т.е.

$$e^{-uR} = \varepsilon,$$

откуда находим

$$u = -\frac{1}{R} \ln \varepsilon.$$

Таблиця

Численные значения вероятности разорения ОПТ

r , тыс.ден.ед. / сут.	p , тыс. ден.ед./т	R , 1/тыс.ден. ед.	u , тыс.ден. ед.	Вероят- ность разорения
1,0	0,3	$(2/3) \cdot 10^{-1}$	20	0,26360
1,5		$(1/5) \cdot 10^{-1}$	25	0,60653
2,0		$(1/6) \cdot 10^{-1}$	30	0,60653
2,5		$(1/15) \cdot 10^{-1}$	35	0,79189
1,0	0,4	$(3/4) \cdot 10^{-1}$	20	0,22313
1,5		1/24	25	0,35287
2,0		$(1/4) \cdot 10^{-1}$	30	0,47237
2,5		$(3/2) \cdot 10^{-2}$	35	0,59156
1,0	0,5	$8 \cdot 10^{-2}$	20	0,20190
1,5		$(7/15) \cdot 10^{-1}$	25	0,31140
2,0		$3 \cdot 10^{-2}$	30	0,40657
2,5		$2 \cdot 10^{-2}$	35	0,49659

При этом значении начального запаса финансовых средств ОПТ (u) вероятность разорения будет достаточно мала.

Выводы. Полученные выше результаты могут использоваться для прогнозирования прибыли ОПТ и для приближенной оценки его финансовой устойчивости в условиях случайного колебания частоты судозаходов. Они могут быть также полезными при анализе возможности снижения риска разорения, например, за счет привлечения заемных средств или страхования, что требует проведения специальных дополнительных исследований в данном направлении.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Медведева С.А. Методические обоснования целесообразности страхования некоторых рисков в деятельности стивидорной компании / С.А. Медведева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ. – 2008. – Вип.13. – С. 120-129.
2. Медведева С.А. Методы оценки рисков, связанных с инвестиционными проектами создания портовых перегрузочных комплексов / С.А. Медведева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ. – 2006. – Вип.11. – С. 112-119.

3. Махуренко Г.С. Моделирование инвестиционной программы развития порта / Г.С. Махуренко, Д.П. Боу-Торган // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ*. – 2010. – Вип. 16. – С.18-30.
4. Королев В.Ю. Математические основы теории риска / В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. – М.: Физматгиз, 2007. – 544 с.
5. Grandell J. *Aspects of Risk Theory* / J. Grandell. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1992. – 175 p.
6. Постан М.Я. Метод оценки рисков при оптимизации планирования выпуска продукции предприятием в условиях случайного спроса / М.Я. Постан // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна*. – 2013. – № 4(46). – С. 321-325.
7. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания. – 3-е изд., испр. и доп. / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: КомКнига, 2005. – 400 с.
8. Prabhu N.U. *Stochastic Storage Processes: Queues, Insurance Risk, Dams, and Data Communication*. 2nd Ed./N.U. Prabhu. – Springer, 1997. – 206 p.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт»
Одеського національного морського університету **А.В. Шахов**

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські перевезення» Одеської національної морської академії **Л.Л. Ніколаєва**

УДК 656.615.078.111/.117

А.О. Мурад'ян

**МОДЕЛЮВАННЯ Й ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВАЛКИ ВАНТАЖІВ
У ЗАГАЛЬНОТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ**

У статті вперше запропонована постановка задачі оптимізації процесу перевалки вантажів у транспортних вузлах, заснована на логістичній концепції «точно в строк», визначений конструктивний підхід до моделювання задачі й наведені її оригінальні економіко-математичні моделі із вказівкою методів реалізації.

Ключові слова: загальнотранспортні вузли, процес перевалки вантажів (ППВ), постановка задачі управління ППВ, моделі оптимізації ППВ-детермінована, в умовах ризику й невизначеності.

В статье впервые предложена постановка задачи оптимизации процесса перевалки грузов в транспортных узлах, основанная на логистической концепции «точно в срок», определен конструктивный подход к моделированию задачи и приведены ее оригинальные экономико-математические модели с указанием методов реализации.

Ключевые слова: общетранспортные узлы, процесс перевалки грузов (ППВ), постановка задачи управления ППВ, модели оптимизации ППВ-детерминированная, в условиях риска и неопределенности.

In article the problem definition of optimization of cargo transfer process in transport hub, based on logistic conception «just in time» is offered for the first time, the constructive approach to modeling of a task is defined and are provided its original economic-mathematical models with the indication of methods of realization.

Keywords: transport hubs, the cargo transfer process (CTP), a problem definition of management of (CTP), models of optimization of cargo transfer process-determined, in the conditions of risk and uncertainty.

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку науки управління транспортом характеризується націленістю на збагачення теорії й методів управління комплексами сполучених транспортних систем методологічним інструментарієм ринкової економіки. У додатку до загальнотранспортних вузлів (ЗТВ) дана констатація означає, що раніше сформована концепція формування механізму управління ЗТВ, включаючи управління процесом перевалки вантажів (ППВ), що передбачає використання обчислювального арсеналу класичної теорії управління, має бути радикально перетвореною. При цьому на початковому етапі такого роду перетворення найбільш актуальним є пророблення питань, пов'язаних з моделюванням завдання оптимізації ППВ в ринковій постановці як ключового елемента процесу функціонування ЗТВ, чому присвячується ця стаття.

Ступінь вивченості проблеми. Протягом останніх 10-15 років був виконаний ряд досліджень, присвячених критичному аналізу сучасного стану згаданих вище питань [1-4 та ін.]. При цьому було встановлено й в [5] показано, що в цей період намітилася стійка тенденція в прагненні дослідників використати при розробці проблем організації управління ЗТВ поряд із традиційними підходами класичної теорії управління також можливості теорій, що залишалися в тіні, взаємодіючих систем, морфологічного й когнітивного моделювання, побудови фреймових моделей, системного програмування й мультиагентної оптимізації. Однак ці ініціативи поки не привели до створення методів управління ЗТВ, що враховують умови роботи транспорту в ринковому середовищі й обладують науковою новизною. Таке твердження повною мірою поширюється й на задачу оптимізації ППВ, дослідження якої усе ще залишається в зародковому стані.

Наведені відомості підтверджують актуальність теми даної публікації й необхідність її подальшого поглибленого пророблення.

Задача дослідження. Виходячи з вищевикладеного, загальна мета дійсної роботи зв'язується з обґрунтуванням підходу до оптимізації й моделювання ППВ у постановці, адекватній механізму забезпечення погодженого управління ЗТВ у сучасних ринкових умовах.

Основні результати. Відповідно до поставленої вище мети дійсного дослідження обговоримо спочатку найважливіші передумови розгляду завдання управління ППВ в оптимальній постановці, а потім перейдемо до її моделювання з обліком практично реального інформаційного забезпечення процесу проходження вантажів і транспортних засобів через ЗТВ.

Вихідні положення. Приступаючи до постановки розглянутого завдання, будемо виходити із принципу, який затверджує, що ефективність управління ППВ прямо залежить від ступеня досконалості економіко-математичної моделі цього процесу як умови й засоба його оптимізації. При цьому будемо враховувати, що ключову роль у побудові моделі грає вибір критерію оптимальності, який гарантує досягнення необхідного рівня результативності ППВ. В нашому випадку критерій оптимізації ППВ необхідно конструювати з позицій, які відповідають, з одного боку, природі ринкових відносин в економіці й, з іншого боку, практиці регулювання взаємин між суб'єктами ЗТВ й їхніми контрагентами в особі власників вантажів і транспортних засобів.

Обидва охарактеризованих фактора націлюють на універсальний ринковий критерій, тобто на максимізацію прибутку від реалізації ППВ із використанням виробничих ресурсів всіх діючих у ЗТВ суб'єктів. Однак, у силу того, що на етапі оперативного управління всі дохідні ставки (тарифи, плати, збори) по всіх операціях ППВ є константами (відповідно до норм угод між суб'єктами ЗТВ), як критерій оптимізації ППВ варто прийняти мінімум витрат на здійснення ППВ, включаючи витрати на обслуговування вантажопотоків і транспортних засобів, а також на зміст

виробничих ресурсів. Така орієнтація представляється цілком коректною в силу того, що обидві складові зазначених витрат піддаються варіації (по вантажопотокам, що перевалюються, технологічним схемам освоєння кожного вантажопотоку, режимам використання виробничих ресурсів порту й станції та ін.) при обов'язковому забезпеченні пропускну здатності вантажних фронтів без зміни їхньої технічної оснащеності.

Підкреслимо, що остання умова грає надзвичайно важливу роль у постановці й моделюванні обговорюваного завдання, тому що «працює» на підвищення ймовірності забезпечення проходження вантажів і транспортних засобів через ЗТВ у строки, передбачені угодами між суб'єктами ЗТВ і закріплені в нормах «Єдиного технологічного процесу роботи транспортного вузла», що повністю відповідає концепції «точно в строк». А це означає, що запропонований критерій оптимізації ППВ може розглядатися як загальна мета функціонування ЗТВ, що відповідає інтересам кожного суб'єкта транспортного вузла. Одночасно ця умова є вигідною і для транспортної клієнтури в силу того, що мінімізує ймовірність зриву її контрактних зобов'язань перед контрагентами, завдяки чому підвищується в її сприйнятті привабливість й, виходить, конкурентоздатність ЗТВ.

Відзначимо, що охарактеризований критерій оптимізації ППВ повністю узгоджується із запропонованим нами в [5] критерієм й є його природним узагальненням.

Настільки ж важливу роль у постановці й моделюванні обговорюваного завдання грає фактор якості інформації про вантажопотоки і транспортні засоби, що направляються у ЗТВ. Як показано в [6], на сучасному етапі цей фактор необхідно розглядати з позицій створення автоматизованої системи інформаційного забезпечення взаємодії суб'єктів ЗТВ із виділенням спеціальних полігонів взаємодії – далеких, середніх й ближніх з передачею з них у ЗТВ відповідно до попередньої, уточненої й остаточної інформації про переміщення вантажів і транспортних засобів. При цьому (див рис. 1) границями далеких полігонів (П-Д) є моменти початку перевезення вантажів «першим» видом магістрального транспорту (MT_1) після доставки їх промисловим транспортом відправників вантажів – виробників продукції (ВТВ) для перевалки на магістральний транспорт в «першому» транспортному вузлі ($ЗТВ_1$) і завершення перевезення вантажів «передостаннім» видом магістрального транспорту (MT_{o-1}); середні полігони (П-С) обмежуються моментами початку перевалки вантажів в «передостанньому» транспортному вузлі ($ЗТВ_{o-1}$) і моментом закінчення перевезення вантажів «останнім» видом магістрального транспорту (MT_o); границі ближніх полігонів збігаються з моментами початку-закінчення перевалки вантажів в «останньому» транспортному вузлі ($ЗТВ_o$) «останнього» виду магістрального транспорту (MT_o) на промисловий транспорт одержувачів вантажів-споживачів продукції (ПТО).

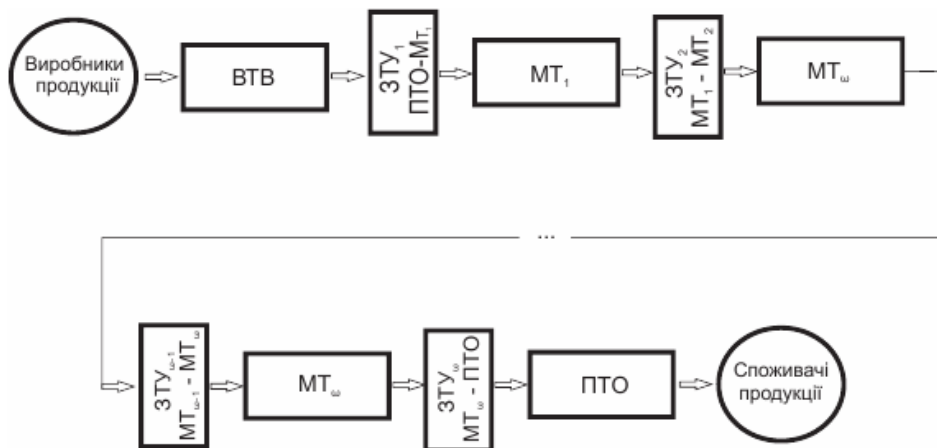


Рис. 1. Модель інформаційної взаємодії суміжних видів транспорту

Відзначимо, що при такому підході забезпечується послідовне підвищення якості інформації про вантажопотоки і транспортні засоби, що направляються у ЗТВ. Дійсно, зазначена інформація в далеких полігонах взаємодії звичайно відрізняється гранично низькою якістю, у середніх полігонах – її якість, як правило, підвищується, а в ближніх погонах – ця інформація має найбільш високу якість. Ці обставини обумовлює можливість моделювання ППВ як завдання оптимізації вантажоперевалювального процесу, розглянутого в умовах невизначеності (для далеких полігонів), в умовах ризику (для середніх полігонів) і в детермінованій постановці (для ближніх полігонів).

Постановка задачі. Розглянемо спочатку детермінований варіант задачі оптимізації ППВ у статичній постановці. Припустимо, що протягом деякого інтервалу часу, (наприклад, обліково-звітного періоду, прийнятого спільно портом і станцією), розбитого на рівні відрізки (тривалістю наприклад, по одній годині), необхідно реалізувати ППВ шляхом переміщення в межах ЗТВ певних обсягів вантажопотоків (наприклад, що відповідають завантаженню залізничних вагонів, або магістральних автомобілів, або судовим партіям) по заздалегідь прийнятим організаційно-технологічним варіантам (ОТВ).

Введемо поняття «виробничих зон», під якими будемо мати на увазі комплекси стаціонарних і мобільних технічних засобів, призначених для обслуговування вантажів і транспортних засобів.

При цьому в якості виробничих будемо розглядати зони, обладнані на припортовій залізничній станції (шляхи – головний, приймально-відправний, відстійні й сполучні з портом), у порту (виставочні залізничні колії, вантажні фронти – кордоні, тилові, складські) і поблизу порту (транзитно-вантажні термінали для обслуговування магістральних автомобілів).

Умовимося, що ППВ характеризується двома показниками – питомими витратами на обслуговування вантажопотоків і транспортних засобів і питомими витратами на утримання зон.

Відзначимо, що перший із зазначених показників є в загальному випадку змінною величиною в силу того, що його складова по транспортних засобах, залишаючись постійною величиною (тарифом) протягом нормативного часу, починає прогресивно зростати. Це обставина в сполученні з ідеєю штрафних функцій [7] дозволяє представити закон зміни показника питомих витрат на обслуговування вантажопотоків і транспортних засобів у вигляді ступінчастого графіка так, як показано на рис. 2 для деякого гіпотетичного приклада.

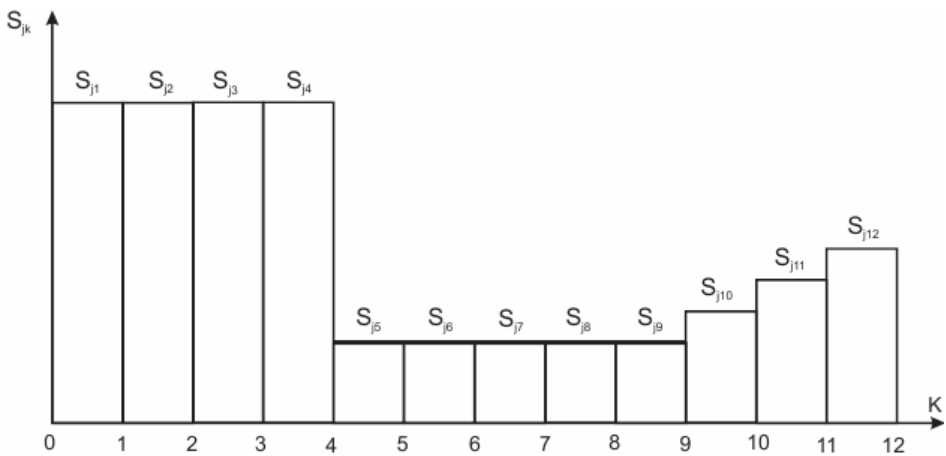


Рис. 2. Графік зміни питомих витрат по реалізації ППВ

Позначенням на рис. 2 відповідають: k – шифр відрізка часу тривалістю одна година як частини роботи зміни ЗТВ ($k=1, \overline{12}$); S_{jk} – питомі витрати по ППВ для деякого вантажопотоку протягом k -го відрізка часу.

Як видно з рис.2, у розглянутому прикладі j -й вантажопотік разом із транспортним засобом необхідно обслужити протягом п'яти годин – з п'ятої по дев'яту ($k=5, 9$) при мінімальних значеннях показника витрат S_{jk} . При цьому протягом перших чотирьох годин ($k=1, 4$) ППВ не слід робити (через, наприклад, неприбуття в порт вантажу), що передбачається умовою $S_{j1} = S_{j2} = S_{j3} = S_{j4} \gg S_{j5} = S_{j6} = S_{j7} = S_{j8} = S_{j9}$, а у випадку недотримання нормативних умов, тобто переходу ППВ на дев'яту і наступні години починається зростання показника питомих витрат за законом $S_{j5} = \dots = S_{j9} < S_{j10} < S_{j11} < S_{j12}$.

Точно так само можна показати, що й показник витрат на утримання виробничих зон змінюється в часі, на що зверталася увага вище.

Перейдемо до формалізації обговорюваної задачі і введемо необхідні позначення при суцільній нумерації варійованих величин.

Відомі величини (задані константи):

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

j – шифр вантажопотоків, що обслуговуються ($j = \overline{1, n}$);

k – шифр проміжку часу розглянутого інтервалу управління ($k = \overline{1, r}$);

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

a_{ijk} – питома ресурсомісткість обслуговування j -го вантажопотоку в i -й зоні протягом k -го відрізка часу;

\underline{x}_{ijk} та \overline{x}_{ijk} – відповідно мінімальний і максимальний обсяги j -го вантажопотоку, які необхідно обслужити в i -й зоні протягом k -го відрізка часу;

\underline{t}_{ijk} та \overline{t}_{ijk} – відповідно мінімально й максимально припустимий час використання i -ї зони для обслуговування j -го вантажопотоку протягом k -го відрізка часу;

s_{ijk} – питома собівартість обслуговування j -го вантажопотоку в i -й зоні протягом k -го відрізка часу;

c_{ik} – питома витрати на утримання i -ї зони протягом k -го відрізка часу.

Невідомі величини (керовані змінні):

x_{ijk} – обсяг обслуговування j -го вантажопотоку в i -й зоні протягом k -го відрізка часу;

t_{ijk} – час використання i -ї зони для обслуговування j -го вантажопотоку протягом k -го відрізка часу.

Залежності між відомими й невідомими величинами характеризуються в такий спосіб – обсяги освоєння вантажопотоків і показники використання виробничих зон повинні відповідати заздалегідь заданим границям їхньої зміни, тобто

$$\left. \begin{aligned} \underline{x}_{ijk} \leq x_{ijk} \leq \overline{x}_{ijk}, \quad j = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, r}; \\ \underline{t}_{ijk} \leq t_{ijk} \leq \overline{t}_{ijk}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, r}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

– використання робочого часу виробничих зон визначається ресурсоемістю освоєння вантажопотоків, тобто

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{ijk} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r a_{ijk} x_{ijk}; \quad i = \overline{1, m}; \quad (2)$$

дотримання обмеження на використання робочого часу виробничих зон, тобто

$$\sum_{j=1}^n t_{ijk} \leq T_{ik}, \quad i = \overline{1, m}; \quad k = \overline{1, r}; \quad (3)$$

– підсумовування загальних витрат на реалізацію ППВ на обслуговування вантажопотоків і зміст виробничих зон, тобто

$$R = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r S_{ijk} X_{ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r c_{ik} t_{ijk}. \quad (4)$$

Зазначимо, що співвідношення (1)-(4) є основою для побудови економіко-математичних моделей задачі оптимізації ППВ для всіх згаданих вище випадків її постановки.

Моделювання задачі. Представляється очевидним, що в детермінованому випадку модель оптимізації ППВ може бути представлена сукупністю наведених вище співвідношень з деяким перетворенням умови (2), тобто у вигляді наступної системи:

$$R = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r S_{ijk} X_{ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r c_{ik} t_{ijk} - \min; \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r a_{ijk} X_{ijk} - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{ijk} = 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n t_{ijk} \leq T_{ik}, \quad i = \overline{1, m}; \quad k = \overline{1, r}; \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \underline{X}_{ijk} \leq X_{ijk} \leq \overline{X}_{ijk}, \quad j = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, r}; \\ \underline{t}_{ijk} \leq t_{ijk} \leq \overline{t}_{ijk}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, r}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Модель (5)-(8) відповідає задачі лінійного програмування, для вирішення якої може використовуватися широко відомий пакет «Пошук рішення» Excel.

Звернемося тепер до випадку відшукування варіантів оптимізації ППВ в умовах ризику, тобто коли параметри S_{ijk} та c_{ik} трактуються як випадкові величини з відомими статистичними характеристиками. У цьому зв'язку зазначимо, що на сучасному етапі приділяється підвищена увага так званому операційному ризику, під яким розуміється ризик діяльності підприємства, обумовлений невизначеністю стану і функціонуванням його внутрішнього середовища під впливом як зовнішніх, так і внутрішніх факторів [8]. У додатку до ЗТВ операційний ризик природним чином пов'язується з невисокою якістю інформації про терміни прибуття транс-портних засобів та вантажів із зазначенням найменувань і кількості останніх, а також про реалізації ППВ, що в сукупності веде до неможливості однозначного завдання показників S_j й C_i . Будемо вважати, що ці

показники є випадковими величинами з відомими їхніми очікуваними значеннями й стандартними відхиленнями. При такій умові з'являється можливість прийняття рішень по управлінню ППВ в умовах ризику й невизначеності.

Слідуючи цій орієнтації, побудуємо економіко-математичну модель оптимізації ППВ в умовах ризику, трактуємого як охарактеризований вище операційний ризик. З метою спрощення записів, але без порушення спільності формулюючих тверджень, перейдемо до усереднених значень величин, які характеризують ППВ – об'ємів вантажопотоків (по зонам та по інтервалу управління в цілому), часу використання виробничих зон (за вантажопотоками та інтервалами управління) і введемо для них відповідні позначення:

T_i – резерв робочого часу i -ї зони;

a_{ij} – ресурсомісткість обслуговування j -го вантажопотоку у i -ї зоні;

\bar{x}_j та \underline{x}_j – співвідношення мінімального й максимального обсягу j -го планового вантажопотоку;

\underline{t}_i та \bar{t}_i – мінімальний й максимальний допустимий час використання i -ї зони;

x_j – плановий обсяг обслуговування j -го вантажопотоку;

t_i – плановий час використання i -ї зони;

s_j – середня питома собівартість обслуговування j -го вантажопотоку;

c_i – середня величина питомих витрат на утримання i -ї зони.

Зазначимо, що при трактуванні показників S_j та C_i у якості випадкових величин витрати по реалізації ППВ R являють собою також випадкову величину, характеристики якої визначаються статистичними характеристиками цих параметрів, а саме:

очікуваним значенням

$$\bar{R} = \sum_{j=1}^n \bar{s}_j \bar{x}_j + \sum_{i=1}^m \bar{c}_i \bar{t}_i; \quad (9)$$

дисперсією

$$\sigma^2(R) = \sum_{j=1}^n \sigma_j^2 \bar{x}_j^2 + \sum_{i=1}^m \delta_i^2 \bar{t}_i^2, \quad (10)$$

де σ_j та δ_i – середньоквадратичні відхилення відповідно до витрат на освоєння й утримання виробничих зон вантажопотоків і часу використання виробничих зон.

Зазначимо також, що у теорії ризику звертається увага на залежність прийнятих управлінських рішень від характеру відносин системи управління (особи, що приймає рішення) до ризику, яке може бути нейтральним, або прямо протилежним [9]. При цьому характер ставлення до ризику у формальному плані визначається функцією очікуваної ефективності прийнятих рішень, яка (функція) може бути: лінійною, що

зв'язується з нейтральним ставленням до ризику; опуклою, що припускає схильність до ризику; ввігнутою, що відповідає відсутності схильності до ризику. Ці обставини означають, що у випадку нейтрального ставлення до ризику оптимізаційні задачі можна вирішувати в детермінованій постановці з використанням однокритеріальних моделей, що передбачають забезпечення екстремальних значень як оптимізаційного показника, так і його середньоквадратичного відхилення.

Спираючись на охарактеризовані положення теорії ризику, побудуємо відповідні економіко-математичні моделі задачі оптимізації ППВ, використовуючи наведені вище усереднені значення показників витрат по вантажопотокам і виробничим зонам. Очевидно, що при нейтральному відношенні до ризику дана модель буде в структурному плані відповідати схемі (5)-(8), тобто мати вигляд:

$$\bar{R} = \sum_{j=1}^n \bar{s}_j x_j + \sum_{i=1}^m \bar{c}_i t_i - \min; \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - t_i = 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} \leq T_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (13)$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{x}_j \leq x_j \leq \bar{x}_j, \quad j = \overline{1, n}; \\ \underline{t}_i \leq t_i \leq \bar{t}_i, \quad i = \overline{1, m}. \end{array} \right\} \quad (14)$$

У разі, коли ставлення до ризику відрізняється від нейтрального, необхідно переходити, як зазначалося вище, до двокритеріальної задачі, модель якої записується наступним чином:

$$\bar{R} = \sum_{j=1}^n \bar{s}_j x_j + \sum_{i=1}^m \bar{c}_i t_i - \min; \quad (15)$$

$$\sigma^2(R) = \sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2 + \sum_{i=1}^m \delta_i^2 t_i^2 - \max(\min); \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - t_i = 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} \leq T_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (18)$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{x}_j \leq x_j \leq \bar{x}_j, \quad j = \overline{1, n}; \\ \underline{t}_i \leq t_i \leq \bar{t}_i, \quad i = \overline{1, m}. \end{array} \right\} \quad (19)$$

Відмітимо, що рішення (16)-(19) відшукується на множині розв'язків задачі оптимізації ППВ, оптимальних за Парето [10].

Зазначимо також, що оптимізаційна спрямованість показника дисперсії витрат $\sigma^2(R)$ визначається характером відносин управляючої системи до ризику: якщо система схильна до ризику, то дисперсію витрат необхідно максимізувати; в іншому випадку – цей показник підлягає мінімізації.

Для пошуку оптимального рішення задачі управління ППВ з використанням охарактеризованих моделей можуть бути застосовані методи багатокритеріальної оптимізації, описані, наприклад, в [10, 11]. І, нарешті, досліджуємо ситуацію, коли ППВ необхідно оптимізувати в умовах невизначеності, тобто в ситуації, коли параметри \overline{S}_j та \overline{C}_i визначаються лише з точністю до деяких заздалегідь фіксованих діапазонів їх зміни, а саме

$$\left. \begin{array}{l} \underline{x}_j \leq x_j \leq \overline{x}_j, \quad j=\overline{1, n}; \\ \underline{t}_i \leq t_i \leq \overline{t}_i, \quad i=\overline{1, m}. \end{array} \right\} \quad (20)$$

Скориставшись критерієм Вальда, який забезпечує, як відомо, найкращий результат при найгірших поєднаннях параметрів задачі, приходимо до моделі оптимізації ППВ виду

$$\min_{(s,c) \in B} R(x,t,s,c) \xrightarrow{(x,t) \in D} \min, \quad (21)$$

де $x = (x_1, \dots, x_n)$ та $t = (t_1, \dots, t_m)$ – допустимі плани відповідно обслуговування вантажопотоків і транспортних засобів і використання виробничих зон;

B – безліч, яка відповідає діапазонам можливої варіації параметрів $s = (s_1, \dots, s_n)$ та $c = (c_1, \dots, c_m)$;

D – безліч допустимих планів.

Дана задача відноситься до класу задач оптимізації, методи рішення яких ґрунтуються на методологічному інструментарії теорій рішень і матричних ігор. Як підкреслюється [11], такі методи передбачають перехід від максимінної до задачі мінімаксної (і навпаки) і є особливо корисними в ситуаціях, коли виявляється можливим виявити прогностичні тенденції в динаміці некерованих параметрів розглянутого процесу. Це дозволяє ввести в модель оптимізованого процесу додаткові співвідношення, які відображають зазначені тенденції, і, завдяки цьому, забезпечити «розв'язуваність» задачі.

Висновок. Узагальнення вищевикладеного дозволяє зробити висновок, що запропоновані в даній статті економіко-математичні моделі в єдності з методами їх реалізації можуть бути покладені в основу методики оптимізації ППВ при оперативному управлінні ЗТВ. Робота в такому напрямку проводиться автором на кафедрі «Експлуатація морських пор-тів» Одеського національного морського університету в контактi з працівниками Одеського порту та залізничної станції «Одеса-порт».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Куренков П.В. Управление доставкой внешнеторговых грузов в смешанном сообщении [Текст]: Дис. ... д-ра экон. наук / П.В. Куренков. – М.: ГУУ, 1999. – 478 с.

2. Клепиков В.П. *Методология комплексного развития транспортных систем в проектах взаимодействия железнодорожного и морского транспорта [Текст]: Дис. ... д-ра техн. наук / В.П. Клепиков. – М.: МГУПС (МИИТ), 2007. – 352 с.*
3. Сычев А.А. *Организация работы транспортного узла в составе транспортного коридора [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук / А. А. Сычев. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2009. – 167 с.*
4. Ботнарюк М.В. *Методология формирования морского транспортного узла как института сетевых партнерских отношений: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnozis.info/product54401.html>. (Дата обращения 15.10.2013).*
5. Muradian A.O. *Ensuring a coordinated cargo transshipment process management in general transport hubs // Technology audit and production reserves. – № 3/1 (17). – 2014. – P.48-53.*
6. Новиков П.А. *Организация эффективного взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых транспортных узлах [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук / П.А. Новиков. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 154 с.*
7. Тейман А.Н. *Управление комплексами операций: Доклад. – М.: Политехнический музей, 1967. – 44 с.*
8. Енгальчев О.В. *Совершенствование системы управления операционным риском на предприятии [Текст]: Дис. ... канд. экон. наук / О.В. Енгальчев. – МГТУ, 2005. – 174 с.*
9. Кигель А.В. *Свойства и поиск оптимальных финансовых портфелей для ЛПР с разными отношениями к риску // Финансовые риски. – 1999. – № 2. – С. 86-91.*
10. Подиновский В.В. *Парето – оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 256 с.*
11. Кини Р.Л. *Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.*

Стаття надійшла до редакції 22.12.2014

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, декан факультету «Транспортні технології та системи» Одеського національного морського університету **І.В. Савельєва**

заступник генерального директора ООО «Металзюклайн Корп. ЛТД» **І.Г. Фотев**

УДК 656.615.003

Б.А. Жіжа

**ВЗАЄМОВПЛИВ СТРУКТУРИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
АГЕНТСЬКО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ХОЛДИНГУ
НА КОНТЕЙНЕРНОМУ РИНКУ УКРАЇНИ**

У статті пропонується апробований підхід до модулювання емпіричної залежності загального фінансового результату діяльності агентсько-експедиторського холдингу від різномірних факторів, на які динамічно впливають чинники зовнішнього середовища, завдяки якій оперативно виявляються необхідні зміни структур як самого бізнесу, так і холдингу.

Ключові слова: лінійний агент, експедитор, наземний перевізник, LCL, FCL, front-office, back-office, метод групового обліку аргументів.

В статье предлагается апробированный подход к моделированию эмпирической зависимости общего финансового результата деятельности агентско-экспедиторского холдинга от разнородных факторов, находящихся под динамичным воздействием внешней среды, благодаря которой оперативно выявляются необходимые изменения структур как самого бизнеса, так и холдинга.

Ключевые слова: линейный агент, экспедитор, наземный перевозчик, LCL, FCL, front-office, back-office, метод группового учета аргументов.

The present article proposes well-aprobed way to model empiric dependence of general financial result of activity of an liner agency/forwarding holding from heterogeneous factors of environment, due to which, necessitive changes of business's structures and holding could be determinated.

Keywords: liner agent, forwarder, trucker, LCL, FCL, front-office, back-office, method of group account of arguments.

Постановка завдання. До теперішнього часу холдингова система ведення агентсько-експедиторського контейнерного бізнесу в Україні охоплює 79% ринку. Передумовами до цього послугували практика номінування контейнерними судовласниками своїми лінійними агентами великих експедиторських компаній в період становлення українського напрямку світових контейнерних перевезень, з одного боку (за винятком MAERSK, який відразу організував власну агентську фірму) та категоричну заборону номінованим лінійними агентам здійснювати будь-яку іншу діяльність, крім агентської, з іншого. З ростом фінансових можливостей таких компаній і жорсткістю податкового законодавства в цій сфері, власники лінійних агентств і експедиторських компаній створюва-

ли автопідприємства, перетарочні бази, формально не пов'язані один з одним, але фактично формували агентсько-експедиторський холдинг, який реалізує наскрізне перевезення з одного боку, і який керується загальною системою, з іншого.

Політико-економічні реалії останніх років і очікувані перспективи, змушують шукати інструмент адекватної гармонізації структури, обсягів, видів і взаємозв'язків бізнес-процесів таких холдингів, з динамічними процесами на відповідних ринках, не кажучи вже про внутрішню ситуацію в країні.

У цій статті пропонується апробований підхід до вирішення зазначеної проблеми, на прикладі своєчасного виявлення необхідності зміни структури агентсько-експедиторського бізнесу та відповідного впливу на структуру холдингу. Структуру агентсько-експедиторського контейнерного бізнесу визначають співвідношення обсягів FCL (full container loading, тобто контейнер, що затарен вантажами одного відправника для одного одержувача) і LCL (less container loading, тобто контейнер, що затарений вантажами одного або декількох відправників для декількох/одного одержувача); чисельність і структура автопарку; наявність власних представництв в інших регіонах; рівень надійного страхування традиційних і виявлених ризиків (військові, піратські, транспортувань в зоні АТО, анексованих територій тощо). У свою чергу, структуроформуючі елементи системи управління холдингом класифікуються за номенклатурою і за параметрами (наприклад, чисельності відповідних підрозділів, кількості тягачів, причепів, тентованих і машин з суцільнометалевим кузовом). Самі ж елементи системи управління поділяються на зовнішні: вид бізнесу, який, у свою чергу формується ситуацією на різних ринках і економіко-військовою ситуацією в країні або регіоні; стабільність податкового, валютного, митного, господарського законодавства; платоспроможність, легальність і потреба в кредитуванні клієнтури, і внутрішні: підрозділи, що реалізують відповідні конкретному виду бізнесу бізнес-процеси, підрозділи, що забезпечують їх діяльність, а також блоки навчання та управління кадрами.

Якщо вид бізнесу формує виробничу частину структури (front-office), то зовнішні елементи формують її частину забезпечення (back-office) – бухгалтерію, фінансовий, юридичний, адміністративно-господарський, кадровий підрозділи, як по номенклатурі, так і за чисельністю. У свою чергу, виробнича підструктура формується як бізнес-процесами, притаманними кожному виду бізнесу, в їх взаємозв'язку як з елементами зовнішнього середовища, так і між собою, так і якісним рівнем організації та реалізації цих бізнес-процесів, який, як показує практика, стає структуроформуючим фактором (не елементом) системи управління, як по номенклатурі, так і за чисельністю. Взаємовплив елементів структури системи управління та її ефективності виражається в тому, що вимога підвищення ефективності обумовлює формування цих елементів і їх розвиток, впливаючи на ефективність системи, динаміка якої і тренди, на

новому рівні якості реалізації бізнес-процесів, висувають нові вимоги, тим самим забезпечуючи динамічний стан всієї системи управління, в усіх аспектах.

Перехід до поставленого завдання: гармонізувати структуру агентсько-експедиторського бізнесу з новими умовами, випередимо зауваженням про фактично незначні можливості впливу на регулювання величини частки лінійного агентування в сукупному обсязі видів бізнесу агентсько-експедиторських холдингів в Україні, через підлегле положення лінійного агента Принципалу, що керується принципово іншими пріоритетами (починаючи з позиції українського напрямку в його дивізіоні інтересів), ніж номінований їм український лінійний агент.

В якості ввідної інформації, відзначимо, що в останнє десятиліття співвідношення обсягів LCL/FCL не перевищувало 8 %, що обумовлено відносно стабільними політико-економічною ситуацією, валютним курсом, купівельним попитом, платоспроможністю клієнтури. Зазначене співвідношення визначало як організаційну, так і керуючу систему агентсько-експедиторських холдингів в Україні, як по номенклатурі структурних і керуючих елементів систем, бізнес-процесів, так і за структурою і чисельністю автопарку, розгалуженістю власних представництв у регіонах, структурою і чисельністю front- і back-офісів. Докорінна зміна параметрів зовнішнього середовища, що почалася з кінця 2013 р. і наростає в цей час, гостро актуалізувала завдання динамічної комплексної адаптації структури бізнесу агентсько-експедиторських холдингів, в їх взаємозв'язку. Як інструмент адаптації, найбільшу придатність продемонстрував метод групового урахування аргументів (МГУА), а в якості статистичної бази використана бухгалтерська звітність одного з провідних українських агентсько-експедиторських холдингів, за період з 2005 р. (тобто охоплений і період першої хвилі економічної кризи 2008-2010 рр.).

Нагадаємо, що МГУА дозволяє будувати нелінійні моделі у вигляді рекурентної системи рівнянь, яка описує повний поліном Колмогорова-Габора. При постійному підвищенні складності моделі визначається рівняння, коефіцієнти якого залишаються незмінними при зміні безлічі експериментальних точок. Якщо при цьому виявляється модель зі значенням критерія незміщеності менше 0,05, то вважається, що завдання ідентифікації об'єкта вирішене однозначно, тоді як критерій мінімуму середньоквадратичної помилки, що використовується в більш поширеному кореляційно-регресійному аналізі, не дозволяє побудувати єдину модель оптимальної складності. Схема масової селекції відтворюється, використовуючи алгоритми, що містять генератори комбінацій, що поетапно ускладнюються, і системи порогового самовідбору кращих з них. При цьому, так званий «повний опис об'єкта» замінюється кількома рядами приватних описів – рядами селекції. За допомогою порогових відборів з ряду в ряд пропускаються тільки незміщені змінні, а ряди селекції нарошуються в міру зменшення значень критерія.

При побудові моделі структури агентсько-експедиторського бізнесу, виникло дві принципові проблеми: формального характеру – вимога дотримання коректності розміру показників (чи всі абсолютні або всі відносні, але з однаковим метрологічним вмістом знаменника розміру) і змістовного – традиційний набір аргументів для такого роду досліджень (національний валовий продукт, рівень інфляції, мінімальна і середньостатистична зарплата, чисельність працездатного населення, вартість споживчого кошика, палива, рівень інфляції, рівень безробіття, транзитний потенціал України, зовнішньоторговельне сальдо, фактична вартість переробки вантажів у портах, наземної доставки, дальність ходок, дефіцит держбюджету, ставки податків, величина митних зборів і т.д.) генерував моделі хоч і з допустимими значеннями критерія незміщеності, але практично неробочими, судячи з вихідних даних, що критично не співпадали зі звітними результатами.

Якщо формальної вимоги до коректності показників аргументів вдалося дотриматися, то «змістовну» проблему вдалося обійти лише при повній заміні «традиційних», перерахованих факторів на адаптовані до сучасних і перспективних умов. При цьому, серед факторів з високою кореляцією виявилися: орієнтація національної економіки (експорт/ імпорту), співвідношення кількості підприємств малого та великого бізнесу (на використання цього показника автора наштовхнуло міркування про те, що частка зарплат на підприємствах малого бізнесу, в сукупності з єдиним соціальним податком, на порядок вище, ніж на підприємствах великого бізнесу, де вона не перевищує 10 %); стабільність курсу національної валюти; рівень залученості населення в АТО, рівень страхового покриття «нових» ризиків (військових, піратських, знаходження автотранспорту, контейнерного обладнання та вантажів в зоні АТО); споживчий потенціал послуг агентсько-експедиторського бізнесу (використання цього показника дозволило врахувати факт анексії Криму і виключення з зовнішньоекономічної діяльності частини підприємств усіх форм власності в зоні АТО). Серед факторів з середніми і низькими рівнями кореляції виявилися офіційні оцінки часткою тіньового і «сірого» бізнесу.

Серед спеціальних факторів високу кореляцію продемонстрували розгалуженість власних представництв у регіонах, кількість контейнерних причепів, тентованих машин і машин з суцільнометалевим кузовом, плінність кадрів в автопідприємстві, а також площа перетарочної бази та її технічна озброєність, на відміну від таких «очевидних» показників як чисельність персоналу холдингу, співвідношення зарплат для back- і front-офісів, зношеність автопарку, потужність ремонтної бази, рівень страхування КАСКО та відповідальності експедитора/перевізника, фактичний збиток від загальних аварій, ДТП, крадіжок і пошкоджень вантажу, контейнерного обладнання.

Зобов'язання, взяті на себе автором, щодо збереження комерційної таємниці агентсько-експедиторського холдингу, на базі якого виконано дослідження й успішно реалізовані його результати, дозволяють в цей період часу, привести отримані моделі в найзагальнішому вигляді (1)

$$\begin{aligned}
 ЗФР &= A + Bx_1 - Cx_2 - Dx_1x_2 + Ex_1^2 + Fx_2^2 - Gx_2 + \\
 &+ Hx_1x_2 - Kx_2x_2 - Lx_1x_2x_2 + Mx_3^2 + \dots + Xx_9^2; \\
 x_1 &= N - Pk_1 + Qk_2 - Rk_1k_2 + Tk_1^2 - Sk_2^2; \\
 x_2 &= W + Yk_3 + Zk_2 - jk_2k_3 - Uk_2^2 + Vk_3^2; \\
 x_3 &= B - \Gamma k_4 - \mathcal{J}k_3 + 3k_3k_4 + Ik_3^2 + Jk_4^2 \\
 &\dots \\
 x_9 &= L + Pk_{10} + Uk_9 - \Phi k_9k_{10} - \Psi k_9k_{10} - \text{Ш}k_{10}^2,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де ЗФР – загальний фінансовий результат діяльності холдингу за квартал, грош.од.;

k_1 – кварталний обсяг LCL перевезень, TEU;

k_2 – кварталний обсяг національного експорту, грош.од.;

k_3 – кварталний товарообіг підприємств малого бізнесу, грош.од.;

k_4 – різниця курсів національної валюти на початок і кінець кварталу, грош. од.;

k_5 – різниця значень національного товарообігу на початок і кінець кварталу, грош.од.;

k_6 – кварталні витрати на страхування військових ризиків, грош.од.;

k_7 – кварталний обсяг перевезень, забезпечений власними представництвами в регіонах, TEU;

k_8 - k_{10} – чисельність наземних перевізних засобів різного типу, од.

Прописні букви алфавітів – конкретні числові значення, які потребують перерахунку (як і вся модель), при значних змінах зовнішніх впливів.

Інші показники, частина з яких перераховані вище, були автоматично відсіяні, а критерій незміщеності склав 0,028, що свідчить про досягнення достатнього мінімуму критерію селекції.

Очевидно, що отриману модель можна лише умовно класифікувати як емпіричну залежність ЗФР агентсько-експедиторського холдингу від різнорідних показників, однак порівняльна доступність цих показників, простота емпіричної залежності і достовірність результатів дозволяють рекомендувати запропонований підхід для адаптації структури бізнесу і власне агентсько-експедиторського холдингу в умовах динамічної зміни різних параметрів зовнішнього середовища, природно переглядаючи склад факторів, залежно від конкретних зовнішніх викликів.

Висновок. Практична реалізація результатів описаного дослідження в конкретному агентсько-експедиційному холдингу, на базі якого воно виконано, виразилася у збільшенні обсягів LCL перевезень, досягнутого завдяки створенню нового профільного підрозділу; розширення автопарку машин з суцільнометалевим кузовом (в силу відмови страхових компаній страхувати LCL наземні перевезення в тентованих машинах); створенні відповідних підрозділів у власних представництвах в регіонах; відкритті власних представництв у ряді країн ближнього і далекого зарубіжжя; розробці та пропозицією страховим компаніям нових страхових продуктів; освоєнні крос-трейдингового сегмента агентсько-експедиторського бізнесу, зі створенням відповідного підрозділу, що, в цілому, дозволило утриматися холдингу на досягнутих раніше позиціях.

«Очевидність» необхідності саме таких структурних перетворень, начебто не маючих потреби у будь-якому дослідженні і, тим більше, моделюванні (зниження купівельної спроможності і курсу національної валюти «природно» обумовлюють зростання частки дрібнопартійних відправок) проявилася тільки після проведення представленого дослідження, практична значущість якого підвищується ще й тією обставиною, що дає конкретні чисельні рекомендації по співвідношенню часток видів бізнесу, номенклатури та чисельності структурних підрозділів, додаткових капіталовкладень, конкретних обсягів необхідного поповнення основних фондів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Авилов В.А. Математико-статистические методы технико-экономического анализа производства. – М.: Экономика, 1967. – 264 с.*
2. *Ивахненко А.Г. и др. Принятие решений на основе самоорганизации. – М.: Сов. радио, 1976. – 280 с.*

Стаття надійшла до редакції 22.12.2014

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті» Одеського національного морського університету **М.Я. Постан**

кандидат технічних наук, керівник підрозділу експедиторської компанії ТОВ «Фенікс Транс Сервіс, ЛТД» **І.В. Колесов**

УДК 69.002.5

А.О. Балобанов, М.Я. Постан

**О ПРОБЛЕМАХ ПРАВОВОГО СТАТУСА И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЭЛЕМЕНТОВ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
В СВЕТЕ ЗАКОНА УКРАИНЫ «О МОРСКИХ ПОРТАХ УКРАИНЫ»**

Исследованы организационно-правовые и экономико-организационные проблемы, связанные с практической реализацией Закона Украины «О морских портах Украины». Предложены методы решения основных проблем с правовой, организационной и теоретической точки зрения.

Ключевые слова: Закон Украины «О морских портах Украины», элементы портовой инфраструктуры, правовой статус, безопасная эксплуатация, риски, страхование рисков, гидротехнические сооружения.

Досліджено організаційно-правові та економіко-організаційні проблеми, що пов'язані з практичною реалізацією Закону України «Про морські порти України». Запропоновано методи вирішення основних проблем з правової, організаційної та теоретичної точки зору.

Ключові слова: Закон України «Про морські порти України», елементи портової інфраструктури, правовий статус, безпечна експлуатація, ризики, страхування ризиків, гідротехнічні споруди.

The organizational, juridical, and economical problems are analyzed which are related to practical realization of Law of Ukraine «On Sea Ports of Ukraine». The methods of main problems solving from the juridical, organizational, and economical points of view are proposed.

Keywords: Law of Ukraine «On Sea Ports of Ukraine», elements of port's infrastructure, juridical status, safe operations, risks, insurance of risks, hidrotecnical constructions.

Постановка проблемы. Основы концепции реформы портовой деятельности фактически изложены в ст. 4 Закона Украины «О морских портах Украины» [1] в виде принципов организации функционирования и работы морских портов. Портовая реформа – это задача системная и решать ее нужно организационно-правовыми, техническими и экономическими методами. В процессе решения должны быть одновременно вовлечены все составляющие портовой деятельности, включая безопасную и эффективную эксплуатацию гидротехнических сооружений и водных путей.

Целью работы является анализ основных организационно-правовых и экономических проблем, относительно портовых гидротехнических сооружений в связи с реформами, предложенными Законом «О морских портах Украины».

Изложение основного материала. Вначале остановимся на проблеме правового статуса портовых гидротехнических сооружений. Закон Украины «О морских портах Украины» (далее для краткости Закон) впервые за последние десятилетия на законодательном уровне регламентировал статус гидротехнических сооружений, которые собственно и составляют основу порта как инженерного объекта. Причем, с точки зрения морских правоотношений, она значительной частью связана с объектами порта от акватории до рейдов и причалов. Имеется ввиду, что определенная часть международно-правовых и национальных норм «привязана» к портовым объектам. Например, часто используемое юридическое определение «безопасный порт» (см. конвенции, проформы договоров, правила морской практики [2]) является комплексным понятием, означающим наличие безопасных портовых условий как для обработки грузов, так и для отстоя и обслуживания судов. И то, и другое должны обеспечить должным образом оборудованные акватории, каналы, причалы, защитные сооружения.

Без юридических определений, т.е. понятийного аппарата относительно портовой акватории и других гидротехнических сооружений, система морского права, в части портового регулирования, да и в целом, работать не может. Поэтому как сам Закон развил систему национального морского права, так и понятийный аппарат в Законе, в том числе относительно акватории и др. гидротехнических сооружений, дал импульс более эффективной правоприменительной практике (по крайней мере, в вопросах портового регулирования).

Итак, в Законе дано юридическое определение акватории, судоходного канала, причалов, объектов инфраструктуры, рейда, якорной стоянки, территории порта. Вместе с тем уже в этих определениях есть позиции, затрудняющие четкую трактовку того или иного положения, а значит и принятие юридически значимых решений. Так, ст. 1 Закона в ч. 2 определяет акваторию морского порта как часть водного объекта, предназначенного для безопасности подхода, маневрирования, стоянки и отхода судов тоже. Эта же статья в ч. 4 называет портовую акваторию в числе гидротехнических сооружений. Каждое из определений само по себе верно (акватория – водная поверхность и одновременно гидротехническое сооружение), каждое служит конкретным целям, однако целесообразно было бы дать «связующее» пояснение через, например, подзаконный акт, посвященный акваториям. В Законе также впервые приводится юридическое определение «операционная акватория». Это очень важное положение, так как фактически операционные акватории как понятие давно используются в морской практике, фигурирует оно и в Обязательных постановлениях портов и различных портовых планах, связанных с безопасностью (СУБ, ЛАРН и др.).

Из текста ч. 10 ст. 1 Закона, далее ч. 3, 4 ст. 11, а также ст. 18, следует, что именно операционная акватория предназначена для обслуживания причала терминала при подходе, стоянке, отходе судна, т.е. для обеспечения грузовых операций у причала и безопасной стоянки грузового судна, а также работы судов портофлота. Поскольку временным владельцем и пользователем причала является портовый оператор, становится ясно, что последний совместно с портовой администрацией должен быть ответственным за безопасное состояние операционной акватории, что делает безопасной основную портовую деятельность. Юридического определения этому нет, что затрудняет взаимоотношения АМПУ со стивидорными компаниями (портовыми операторами). На сегодняшний день реальное правовое решение – устанавливать взаимодействие, т.е. правоотношения по операционной акватории через договоры АМПУ с операторами портовых терминалов. Однако, более правильным, на наш взгляд, было бы дать нормативное определение.

Основными задачами относительно акватории, в т.ч. операционной, являются: а) организационно-правовые, которые выражаются в разработке различных планов, связанных с обеспечением безопасности судоходства и защиты окружающей среды; б) организационно-технические (установка средств навигационного обеспечения, лоцманская проводка, буксирное обеспечение, поддержание паспортных/объявленных глубин акватории и содержание гидротехнических сооружений в должном техническом состоянии); в) технологические (грузовые операции и обслуживание судна). Представляется весьма проблематичным, что, даже активно развивая договорные отношения с операторами, АМПУ сможет обеспечить необходимое стабильное взаимодействие со всеми пользователями. Поэтому в перспективе необходима разработка комплекса нормативных актов относительно портовых объектов, в т.ч. акватории. В портовых условиях, особенно в сегодняшней деятельности многочисленных предприятий различного направления и форм собственности, невозможно что-либо выполнять без нормативно-правовой базы. Вот почему морское право, в том числе в вопросах обеспечения безопасности и портовой деятельности, строится, в основном, на технических нормах и правилах, нарушение которых грозит не только серьёзным ущербом, но и юридической ответственностью нарушителю. С другой стороны, бессмысленно разрабатывать и утверждать какой-либо, даже локальный акт, если он не способствует развитию судоходств, грузопереработки и других морских технологий.

Положения Закона являются основой для разработки новой нормативно-правовой базы деятельности портовых операторов и портовой администрации. Порты работали и работают в безостановочном режиме, поэтому новые нормативно-правовые акты уже разработаны и действуют. Это, например, «Правила предоставления услуг в морских портах Украины», «Порядок и размеры портовых сборов», «Порядок учёта и использования средств от портовых сборов», «Порядок предоставления услуг по

обеспечению предотвращения и ликвидации разливов загрязняющих веществ в морских портах Украины» и др. Этот перечень должны пополнить документы относительно гидротехнических сооружений.

Закон Украины «О морских портах Украины» предусматривает установление специального порядка относительно регистрации, проектирования, строительства, реконструкции и ремонта всех элементов портовой инфраструктуры: волноломов, акватории, причалов, складов, подъездных путей и др. Иными словами, необходимо в законном порядке планировать и координировать любые строительства, реконструкции и ремонты на портовой территории. Это также в полной мере относится и к акватории, которая в соответствии со ст. 8 отводится администрации морских портов. Из ч. 5 данной статьи следует, что строительные работы на территории и акватории в морском порту проводятся в порядке, установленном законом (понимаем, что имеется в виду, прежде всего, рассматриваемый Закон). Соответственно любые строительные, в том числе дноуглубительные работы, могут проводиться только планомерно (за исключением экстренно-аварийных ситуаций) и с согласования АМПУ, как представителя государства. Основные обязанности АМПУ изложены в ст. 15 Закона. Из 16 целей создания АМПУ, Закон предусматривает минимум 6, которые прямо относятся к гидротехническим сооружениям, включая акваторию. Остальные позиции с ними связаны, поскольку дноуглубление связано с организацией и обеспечением безопасности мореплавания (ч. 4 ст. 15). Закон также предписывает закрепить правила проведения дноуглубительных работ (ч. 8 ст. 17) в Обязательных постановлениях по порту. Приказ Министра инфраструктуры Украины № 316 «О порядке учёта и использования средств от портовых сборов», изданный в развитие установленных Законом правоотношений в сфере портовой деятельности, предусматривает использование самого большого сбора – корабельного – на благоустройство акватории и берегоукрепительные сооружения. Этим выполняется главная функция – безопасность судоходства. Однако, на наш взгляд, дноуглублению, как и всему комплексу работ по обслуживанию и технической эксплуатации гидротехнических сооружений, должен быть посвящен специальный пакет нормативно-правовых документов.

Из вышеприведенного краткого обзора комментария Закона Украины «О морских портах Украины» относительно портовых гидротехнических сооружений видно, что законодатель указал направление работы в области правового регулирования гидротехнического обеспечения. Для реализации задачи необходимо правовое регулирование строительства, реконструкции и ремонта гидротехнических сооружений, углубления акваторий.

Кроме организационно-правовых проблем, следует также отметить и проблемы чисто экономического характера, в том числе относительно гидротехнического комплекса. Они касаются проблемы накопления и эффективного использования фондов, формирующихся за счет портовых сборов. Указанные фонды должны служить основой экономиче-

ского механизма поддержания безопасного и качественного выполнения функций порта (портовых операторов), обеспечивать достаточный уровень конкурентоспособности портовых операторов.

Согласно Закону ответственность за эффективное использование фондов несет АМПУ, а ответственность за их пополнение разделена между портовыми операторами и АМПУ. Но в рыночной экономике существуют объективные риски пополнения фондов, вызванные межпортовой конкуренцией, политической нестабильностью, колебаниями курса валют и др. факторами. Политика АМПУ на жесткую фиксацию и контроль ставок портовых сборов снижает конкурентоспособность отечественных портов. Если к требуемому моменту времени на ремонт или реконструкцию данного элемента портовой инфраструктуры не окажется достаточно средств, то резко возрастет риск наступления аварийной ситуации со всеми вытекающими отсюда последствиями. Как вариант решения проблемы снижения такого рода рисков можно рассмотреть возможность их полного или частичного страхования, однако при этом возникает необходимость разработки соответствующих методических положений по обоснованию экономической целесообразности страхования. В их основе должно лежать сравнение затрат на эксплуатацию сооружения и страхование соответствующих рисков и ожидаемых (прогнозируемых) размера ущерба в результате наступления рискового события.

Такие положения для страхования рисков отказа причальных сооружений приведены в работах [3, 4]. Формально они основаны на использовании методов теории очередей и математической теории надежности (портовый терминал при этом представляется как некоторая обслуживающая система). С организационно-экономической точки зрения целесообразность страхования причальных сооружений от рисков их повреждения при швартовке судов или во время выполнения грузовых операций заключается в следующих соображениях. Согласно международной морской практике вся ответственность за повреждение причала лежит на судовладельце (фрахтователе), который эти риски и страхует (обычно в P&I клубах). Однако процедура получения денежной компенсации портовыми властями от судовладельца столь длительна, что портовой администрацией выгодней самой страховать этот риск, поскольку в этом случае она может получить соответствующую компенсацию значительно быстрее от своего страховщика.

Что касается страхования рисков недостаточности фондов, например, на плановое дноуглубление акватории или подходного канала, то здесь возможно использование методов теории разорения [5], которая позволяет оценить вероятность нехватки средств соответствующего фонда в условиях неравномерного во времени его пополнения и неэффективного использования.

Отметим, что применительно к условиям эксплуатации порта такого рода методические положения требуют специальных теоретических исследований.

Выводы. В целом, Закон Украины «О морских портах Украины» создает благоприятные условия для дальнейшего развития национального портового бизнеса, поскольку основывается на многолетнем успешном зарубежном опыте. В то же время его практическая реализация возможна только при условии преодоления ряда организационных и правовых трудностей. В основном они лежат в плоскости разделения ответственности, с одной стороны, и усиления взаимодействия, с другой, между администрациями портов и операторами терминалов. Это должно способствовать повышению безопасности выполнения производственных функций различными хозяйствующими субъектами. В первую очередь нормативно-правовое регулирование должно касаться гидротехнического комплекса.

Кроме того, следует отметить необходимость проведения специальных научных исследований, направленных на поддержание безопасности и эффективности работы портовых операторов и портовых администраций на требуемом конкурентоспособном уровне.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Про морські порти України: Закон України від 17.05.2012 р. № 4709-VI (із змінами, внесеними згідно із Законом № 406-VII від 04.07.2013 р. // Голос України від 13.06.2012 р. – № 107.*
2. *Балобанов О.О. Організаційно-правове регулювання безпеки мореплавства та проблеми Українського морського законодавства. Міжнародний досвід / О.О. Балобанов. – Одеса: ОНМУ, 2002. – 182 с.*
3. *Пойзнер М.Б. Эксплуатационная надежность причальных сооружений: вероятностные методы исследования / М.Б. Пойзнер, М. Я. Постан. – Одесса: Астропринт, 1999. – 148 с.*
4. *Postan M.Ya. Method of Assessment of Insurance Expediency of Quay Structures Damage Risks in Sea Ports / M.Ya. Postan, M.B. Poizner // Contrib. Chapter in the Book «Marine Navigation and Safety. Maritime Transport & Shipping. Adam Weintrit and Tomasz Neumann Eds.». – Boca Raton: CRC Press, 2013. – P.123-127.*

5. *Балобанов О.О. Організаційно-правові засади управління портовою діяльністю: Навч. посібник / О.О. Балобанов. – Одеса: ОНМУ, 2011. – 62 с.*
6. *Балобанов О.О. Организационно-правовые и коммерческие проблемы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений в портах / О.О. Балобанов, С.Г. Никулин, М.Б. Пойзнер, М.Я. Постан // Порты Украины. – 2013. – № 6.*

Стаття надійшла до редакції 19.01.2015

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія і кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко**

в.о. начальника інженерної служби Адміністрації морських портів України **В.В. Полухін**

УДК 65.012.123

В.М. Питерская

**ЦЕННОСТНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ
ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

В статье разработана модель управления ценностью проектно-ориентированной организации, позволяющая определить энергию и коэффициент ценности ресурсов организации.

Ключевые слова: энергия, проектно-ориентированная организация, коэффициент ценности ресурсов

У статті розроблена модель управління цінністю проектно-орієнтованої організації, що дозволяє визначити енергію і коефіцієнт цінності ресурсів організації.

Ключові слова: енергія, проектно-орієнтована організація, коефіцієнт цінності ресурсів.

The model of value management of project-oriented organization is described in the article, which allows to determine the energy of and resources value rate of the organization.

Keywords: energy, project-oriented organization, resources value rate.

Введение. Развитие методов оценки эффективности деятельности проектно-ориентированных организаций позволяет повысить качество управленческих решений на всех уровнях управления предприятием – от отдельных проектов до корпоративного управления и выделения инвестиций.

В качестве методологической основы управления такими организациями выступает ценностный подход, концептуальная модель которого представлена в работе [1].

Несмотря на пристальное внимание, уделяемое специалистами решению данной проблемы, эффективность практической реализации отдельных проектов, портфелей и программ остается на очень невысоком уровне.

Еще более важны объективные и достоверные оценки при реализации государственных целевых программ и приоритетных национальных проектов с привлечением компаний, осуществляющих производственную деятельность путем реализации множества отдельных проектов [2].

Предлагаемая в работе модель направлена на формирование портфеля или программы проектов, эффективных для достижения стратегических целей проектно-ориентированной организации.

Анализ основных достижений и литературы. Наиболее заметно особенности проектно-ориентированной компании проявляются в следующих областях – в системе требований к персоналу, который должен обладать уникальной совокупностью навыков и умений, и в системе мотивации, которая должна соответствовать этим требованиям; в организационной структуре компании, предполагающей возможность свободного манипулирования человеческими ресурсами в проектах вне зависимости от закрепления их за теми или иными функциональными подразделениями; в структуре бюджета компании, опирающейся на бюджеты отдельных проектов; в организации деловых процессов, исходящей из наличия жестких требований к срокам выполнения и бюджетам проектов, а также к качеству результата. Успешность проектно-ориентированной компании в значительной степени зависит от того, насколько хорошо используются ресурсы. При этом предполагается формирование на базе постоянных функциональных подразделений компании временных коллективов, создаваемых под конкретные проекты. При использовании таких структур усложняются как распределение ресурсов, так и процедуры управления [3].

В зависимости от масштаба компании и характеристик портфеля проектов, могут быть разработаны следующие составляющие: регламенты формирования и мониторинга реализации портфеля, методики по отдельным областям управления портфелем (методика ранжирования проектов, методика отбора проектов в портфель и другие), шаблоны рабочих документов по управлению портфелем.

Теория стратегического управления рассматривает развитие любой компании как процесс целенаправленного движения в направлении сформулированных стратегических целей [4]. Эффективность деятельности проектно-ориентированной организации может быть оценена с помощью элементов, представленных в табл.

Таблица

*Объекты оценок эффективности
проектно-ориентированной деятельности предприятия*

Элемент системной модели	Процессы управления	Объекты управления	Субъекты управления
Уровень возможности исполнения проекта	Бизнес-процессы проектно-ориентированной организации	Проектно-ориентированная организация	Персонал и партнеры организации
Уровень фактического исполнения проекта	Процессы управления проектом	Портфели проектов	Команда проекта Подрядчики

Использование естественнонаучных моделей при описании процессов управления проектами нашли свое отражение и в других работах [5, 6, 7]

При этом проекты, реализуемые организацией, зачастую рассматриваются в качестве движущих сил [8].

На основании данных гипотез, в работе [9] предлагается изучать закономерности движения организации в пространстве, сформированном стратегическими целями организации, методами полевой физики.

Целью исследования является разработка модели управления ценностью проектно-ориентированной организации, которая позволит решить задачу формирования эффективного, с точки зрения достижения стратегических целей, портфеля проектов компании.

Материалы исследования. Материалистическая концепция предполагает, что материя – это все, из чего состоит окружающий мир, множество явлений, объектов и их систем, носитель всех разнообразных свойств, отношений, взаимодействий объектов и форм движения [10].

При этом материя в природе существует в виде вещества и поля. Следовательно, можно сделать вывод о функционировании организации, как вещества, движущегося и взаимодействующего с другими организациями в поле рыночной среды.

Основное положение в структуре современного естествознания занимает определение энергии, как единой меры различных форм движения и взаимодействия материи [11].

Центральным понятием проектного управления является понятие ценности. Используя метод аналогий, сформулируем несколько ключевых подходов, которые составят теоретическую основу ценностной модели управления проектно-ориентированной организацией.

Следует отметить, что полная ценность организации, как системы, может рассматриваться как сумма ее внутренней и внешней ценностей.

В свою очередь, внутренняя ценность организации зависит только от ее состояния (основных фондов, оборотных средств, нематериальных активов, уровня квалификации сотрудников, совершенства используемой системы управления). Таким образом, в проектах существуют две взаимосвязанные группы ресурсов: материально-технические – сырье, материалы, конструкции, комплектующие, энергетические, технологические ресурсы, устанавливаемое оборудование; трудовые – осуществляют непосредственную работу с материально-техническими ресурсами.

При переходе из одного состояния в другое, внутренняя ценность организации будет равняться разности между ее значениями в конечном и начальном состояниях, независимо от траектории, по которой совершался переход.

Следовательно, внутренняя ценность включает в себя ценность всех видов ресурсов организации и является функцией ее состояния.

Что касается внешней ценности организации, то она характеризует процессы ее взаимодействия с другими организациями и окружающей средой.

Внешняя ценность состоит из кинетической составляющей (определяется скоростью движения организации – изменением параметров стратегических целей организации во времени) и потенциальной составляющей (расстоянием между текущим состоянием организации и желаемым в пространстве «целевых» координат).

Закон сохранения ценности предполагает, что при отсутствии внешних воздействий ценность изолированной системы остается постоянной, в организации происходит лишь процесс превращения одного вида ценности в другой.

В ходе реализации того или иного проекта, организация либо увеличивает свою внутреннюю ценность, либо совершает движение в направлении «желаемого» положения в пространстве стратегических целей. На основании данных гипотез можно определить проект как целенаправленный процесс создания или преобразования ценностей для всех заинтересованных сторон.

Ценностная модель может быть использована при решении целого ряда проблем управления проектно-ориентированными организациями, например, при помощи закона сохранения ценности можно рассчитать теоретическую возможность достижения стратегических целей без использования внешних заимствований.

Аналогичным методом можно решить и задачу определения необходимого объема инвестиций для реализации стратегии фирмы.

Важными этапами в успешном достижении целей проекта является идентификация состава участников проекта, определение их роли и порядка взаимодействия, формирование команды управления проектом, построение организационной структуры.

Одной из основных задач портфельного управления компанией считается задача формирования эффективного портфеля проектов.

Основной целью фазы создания портфеля проектов является формирование системы проектов, которые потенциально могут быть инициированы и приняты к реализации.

На данной фазе осуществляется сбор проектных (инвестиционных) инициатив и заявок без учета финансовых и иных ограничений организации.

Методы анализа портфеля проектов основаны, с одной стороны, на тщательном анализе рисков и, с другой стороны, на определении наиболее эффективных критериев, которые могут выступать в качестве меры доходности проекта и портфеля.

Решение задач по управлению портфелем проектов является критически важным для компании, т.к. обеспечивает увязывание проектов со стратегией и принятие к реализации максимально эффективных и нужных для организации проектов.

Проведем решение задачи формирования эффективного портфеля проектов на основании предлагаемой ценностной модели.

Пусть организация располагает потенциальной возможностью реализации T различных проектов и J видов ресурсов в количестве R_j .

При этом каждый проект N_T требует для своей реализации c_{ij} ресурсов j -го вида и оценивается по k стратегическим целям.

Разработка и выбор стратегии осуществляются на трех различных уровнях: функциональном стратегия (стратегия разрабатывается для каждого функционального подразделения с целью конкретизации выбранной стратегии проекта); корпоративном (общее направление развития, стратегия роста, сохранения или сокращения); деловом (конкуренция товара на конкретном рынке). Выбор стратегии развития проектно-ориентированной организации должен осуществляться в рамках уже выбранного общего направления деятельности (лидерство в издержках – высокий уровень технологичности процессов; стратегию дифференциация – уникальность по какому-либо направлению; концентрация на определенных направлениях – группе покупателей, номенклатуре изделий).

При этом ресурсы каждого вида, требуемые для реализации портфеля проектов, определяются суммированием количеств ресурса данного вида по всем проектам, входящим в портфель.

Отметим, что, если отказаться от этого предположения, то в общем случае для решения задачи формирования портфеля необходимо сравнивать все возможные портфели. Таким образом, система ограничений области допустимых решений может быть записана следующим образом:

$$\sum_{t=1}^T c_{Tj} \leq R_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, J \quad (1)$$

Следовательно, задача формирования эффективного портфеля может формулироваться таким образом: либо (если задана функция агрегирования оценок) – найти допустимый и наилучший с точки зрения значения функции агрегирования портфель; либо найти все удовлетворяющие ресурсному ограничению оптимальные по Парето портфели и предоставить лицу, принимающему решения, возможность выбора из этого множества.

В качестве целевой функции оптимизации портфеля можно принять степень достижения организацией ее стратегических целей, то есть минимизировать расстояние между точкой, характеризующей состояние организации после реализации данного портфеля и точкой, соответствующей желаемому состоянию компании (рис.) [12].

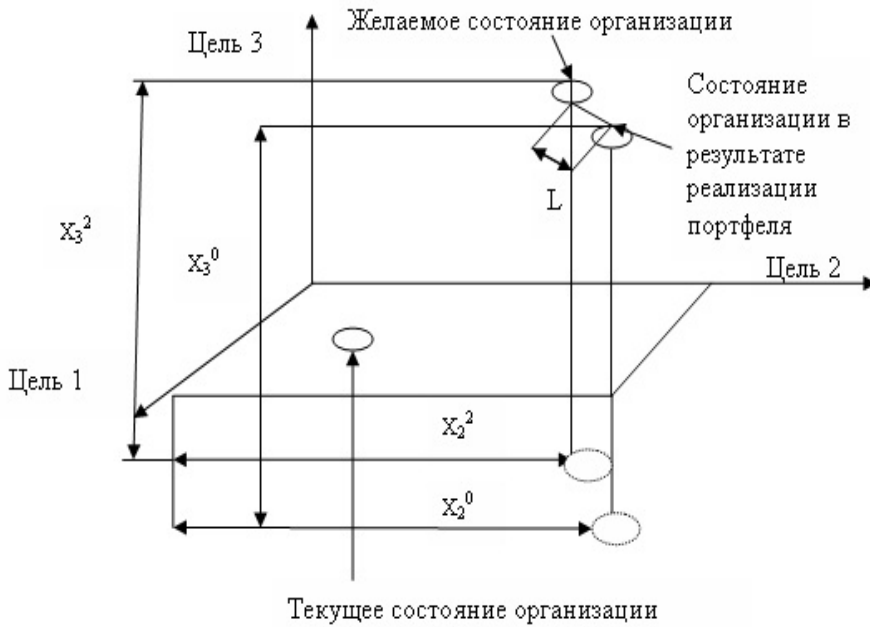


Рис. К задаче формирования эффективного портфеля проектов

Пусть $i = 1, 2, \dots, I$ – множество целей организации; F_i^2 и F_i^0 – значения целевых параметров организации в ее желаемом состоянии и в результате реализации принятого портфеля проектов, соответственно.

Тогда формирование эффективного портфеля проектов происходит в соответствии с моделью

$$H = \sqrt{\sum_{i=1}^I (F_i^2 - F_i^0)^2} \longrightarrow \min \quad (2)$$

Для получения численных решений используется метод линейного программирования.

С помощью разработанной модели можно производить также ранжирование различных видов ресурсов организации по их ценности.

Пусть в начальный момент времени p_1 ценность i -го вида ресурса составляла V_i^1 , а в момент p_2 – V_i^2 .

Разность между V_i^1 и V_i^2 объясняется физическим износом данного вида ресурса проектно-ориентированной организации.

Из внешней среды или внутренних резервов предприятия путем проведения работ по техническому обслуживанию или модернизации за

этот период же времени в этот ресурс была внесена дополнительная ценность ΔV_i .

Так как в течение времени $\Delta p = p_2 - p_1$ i -й ресурс участвовал в реализации некоторого множества проектов, на величину ΔV изменилась полная ценность организации.

Используя вышеизложенную информацию, можно ввести параметр, который характеризует эффективность данного вида ресурса для оцениваемой организации (коэффициент ценности)

$$k_i = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 - \Delta V_i + \Delta V}{V_i^1}, \quad (3)$$

Следует отметить, что физический смысл коэффициента эффективности ресурса аналогичен его двойственной оценке в случае решения задачи линейного программирования. При этом важно подчеркнуть, что, если коэффициент ценности $k_i < 1$, то данный ресурс является неэффективным для организации и от него следует избавляться.

Выводы. Определение доминирующих ценностей позволяет сформировать ценностно-ориентированный портфель развития, благодаря которому проектная организация может перейти на новый уровень конкурентоспособности. Подходом управления проектами, наилучшим образом отвечающей на вызовы глобальной экономики и глобальной конкуренции является подход, ориентированный на ценности.

Использование ценностного подхода в управлении развитием проектно-ориентированной организацией позволяет решить целый комплекс задач по:

- формированию эффективного, с точки зрения достижения стратегических целей, портфеля проектов организации;
- оценке эффективности различных видов ресурсов организации;
- оценке достижимости стратегических целей без привлечения внешних источников ценности (кредиты, инвестиции);
- расчету ценности проекта для всех заинтересованных сторон.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бушуев С.Д. Ценностный подход в деятельности проектно-управляемых организациях [Текст] / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушужева, Р.Ф. Ярошенко // *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету: Зб. наук. праць.* – Вип. 1. – Одеса: МГУ, 2010. – С.12-20.
2. Вайсман В.О. Моделі, методи та механізми створення і функціонування проектно-керованої організації. [Текст] – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами та програмами. – Одеський національний морський університет. – Одеса, 2010. – С. 4-6.
3. Брукинг Э. Интеллектуальный капитал / Перевод с англ. [Текст] / Э. Брукинг. – СПб.: Питер, 2001. – 243 с.
4. Ансофф И. Стратегический менеджмент. Классическое издание: Учебн. пособие [Текст] / И. Ансофф. – СПб.: Питер, 2011. – 344 с.
5. Бондарь А.В. Управление ценностью лизингового проекта [Текст] / А.В. Бондарь // *Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць.* – Вип. 33. – Одеса: ОНМУ, 2011. – С. 144-160.
6. Тесленко П.А. Проект как управляемая организационно-техническая система [Текст] / П.А. Тесленко // *Вісник НТУ ХПІ: Зб. наук. праць.* – Вип. 6 (57). – Харків: НТУ, 2010. – С. 198-202
7. Дружинін Є.А. Методологічні основи ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проектів і програм розвитку техніки. [Текст]. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами та програмами. – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”, Харків, 2006. – 34 с.
8. Ярошенко Ф.А. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М: Монография. [Текст] / Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуев, Х. Танака. – К.: Саммит-Книга, 2011. – 268 с.
9. Шахов А.В. Моделирование движения организации в проектной среде [Текст] / А.В. Шахов, А.В. Шамов // *Управління розвитком складних систем.* – Зб. наук. праць. – Вип. 7. – К.: КНУБА, 2011. – С.68-72
10. Кучевский В. Б. Анализ категории материя [Текст] / В.Б. Кучевский. – М.: Наука, 1983. – 255 с.

11. Гусейханов М.К. *Концепции современного естествознания: Учебник [Текст] / М.К. Гусейханов, О.Р. Раджабов. – М.: Дашков и К°, 2007. – 540 с.*
12. Питерская В.М. *Энергетическая модель управления ценностью проектно-ориентированной организации / В.М. Питерская, М.О. Бокарева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Вып. 1/10 (61). – Ч.3. – Харьков: Технологический центр, 2013. – С.199-203.*

Стаття надійшла до редакції 26.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт»
Одеського національного морського університету **А.В. Шахов**

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Менеджмент і управління проектами» Одеської державної академії будівництва і архітектури **П.О. Тесленко**

УДК 658.012.122:656.07

Ю.Ю. Крук

АДАПТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СТИВИДОРНОЙ КОМПАНИИ

В статье приведен сравнительный анализ эффективности различных организационных структур системы управления портовым терминалом и выявлены особенности применения адаптивных структур для повышения конкурентоспособности стивидорной компании.

Ключевые слова: портовый терминал, стивидорная компания, организационная структура управления, механистические структуры, адаптивные структуры.

У статті наведено порівняльний аналіз ефективності різних організаційних структур системи управління портовим терміналом і виявлено особливості застосування адаптивних структур для підвищення конкурентоспроможності стивідорної компанії.

Ключові слова: портовий термінал, стивідорна компанія, організаційна структура управління, механістичні структури, адаптивні структури.

The paper presents a comparative analysis of the effectiveness of different organizational structures of port terminal's management and the peculiarities of the application of adoptive structures to enhance the competitiveness of the stevedoring company.

Keywords: port terminal, stevedoring company, organization structure, mechanistic structure, adoptive structure.

Постановка проблемы. Закон Украины «О государственно-частном партнерстве» № 2404-VI от 1.07.2010 г. (далее – «Закон») впервые в истории Украины установил законодательную основу для осуществления любых видов государственно-частного партнерства. В рамках государственно-частного партнерства могут заключаться договора о концессии, совместной деятельности или другие договора, в том числе договора о государственных закупках. При этом, такие договора должны регулироваться соответствующим законодательством. Примером такого законодательства является «Закон о морских портах Украины» от 4 июля 2013 г. № 406-VII. Государственную собственность в морских портах представляет Администрация морского порта, которая создана с целью содержания и обеспечения эффективного использования государственного имущества, переданного ей в хозяйственное ведение, в том числе модернизации, ремонта, реконструкции и строительства гидротехнических

сооружений, других объектов портовой инфраструктуры, расположенных в пределах территории и акватории морского порта и др.

В пределах морского порта функционируют субъекты хозяйствования всех форм собственности, деятельность которых связана с обслуживанием судов, пассажиров, грузов, и предприятия, продукция и / или сырье которых транспортируется территорией и акваторией порта.

Новые институциональные условия настойчиво требуют проведения исследований по новым организационным формам управления в порту. Поэтому работа по анализу адаптивной структуры управления стивидорной компании является актуальной и целесообразной.

Обзор последних исследований и публикаций. Вопросам организации управления морским портом посвящено достаточно много публикаций, раскрывающих зарубежный [1-4] и отечественный опыт [5-9].

Одной из важнейших является работа Крыжановского С.В. [5], посвященная морским торговым портам Украины в рыночных условиях. В монографии рассматривается современное состояние морского портового хозяйства страны, динамика основных производственно-финансовых показателей его деятельности, техническая вооруженность и организационно-экономические вопросы развития. В монографии изложены теоретические и методологические вопросы развития системы управления предприятиями портовой деятельности, анализируются тенденции развития мирового портового хозяйства, рассматриваются экономико-организационные отношения в системе управления портовым комплексом Украины, развитие транспортно-производственных объединений. Особое внимание уделено формированию конкурентных преимуществ портового комплекса посредством создания морского кластера, излагаются теоретические основы оценки эффективности функционирования объединений субъектов морехозяйственного комплекса, методологические основы оценки состояния экономической обстановки для создания морского кластера, формализация информации и определение степени перспективности его создания.

В работе Холодняковой А.С. [6] рассматриваются механизмы реструктуризации системы управления морским портом (на примере стивидорной компании). В ней отмечается, что главной проблемой в сфере портовой деятельности Украины выступает несоответствие уровня развития портов, эффективности и качества их управления и функционирования современным международным требованиям, спросу экономики и общества на их услуги. Реструктуризация системы управления морским портом – это управление изменениями под воздействием рыночной конъюнктуры. Ее целью является поддержание оптимального соответствия организационно-функциональной модели морского порта и его стратегий (корпоративной, деловых и функциональных).

Вместе с тем в рассмотренных работах не рассматривались вопросы применения адаптивных структур для повышения конкурентоспособности стивидорной компании.

Постановка задачи исследования. Целью статьи является исследование механизмов адаптации системы управления стивидорной компании. Изменения, которые имеют место в развитии портовой системы, активно влияют на взаимодействие функциональных и производственных процессов управления различных подразделений морского порта. Эти изменения позволяют сформулировать требования к развитию адаптивных структур управления стивидорных компаний с учетом особенностей развития украинских портов на современном этапе.

Основной материал исследования. Стивидорные компании создают различные структуры для реализации своих основных функций и протекающих в них процессов. В организационной структуре выделяются следующие элементы: *звенья* (подразделения, отделы, бюро и т.п.), *уровни* (ступени управления) и *связи* – горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные связи носят характер согласования и, как правило, одноуровневые. Вертикальные связи – это связи подчинения, их необходимость возникает при наличии нескольких уровней или ступеней управления (иерархичность). Связи в структуре могут носить линейный и функциональный, формальный и неформальный характер.

Формирование (проектирование) и изменение организационной структуры должны быть направлены на обеспечение основных целей и задач стивидорной компании и базироваться на ее стратегических планах. Исходной точкой построения структуры является проектирование работы и рабочих мест, что зависит от формы организации труда: конвейерная, бригадная, модульная и др.

Выделение структурных подразделений, иерархически увязанных и находящихся во взаимодействии друг с другом, является следующим шагом в проектировании структуры стивидорной компании. Важная роль управления состоит в определении организационных размеров структурных подразделений, их прав, обязанностей и ответственности, системы взаимодействия и коммуникаций с другими подразделениями, а также в правильном определении целей и задач подразделений, наделении их необходимыми ресурсами.

Процесс формирования любой организационной структуры в значительной мере универсален. Можно выделить *три укрупненные стадии* этого процесса:

- 1) формирование общей структурной схемы аппарата управления;
- 2) разработка состава основных подразделений и связей между ними;
- 3) регламентация организационной структуры.

Организационная структура создается, развивается и изменяется под воздействием особенностей стратегии стивидорной компании, ее внутренней сложности и изменений во внешней среде.

Тем не менее, в этом многообразии можно выделить определенные типы организационных структур с делением на механистические и адаптивные. К механистическим структурам можно отнести линейные,

линейно-функциональные и дивизиональные структуры. К адаптивным структурам можно отнести проектные, матричные, программно-целевые и сетевые структуры.

В механистической структуре проблемы и задачи, с которыми сталкивается организация в целом разбиваются на множество мелких составляющих по отдельным специальностям [4]. Каждый специалист решает свою задачу как нечто обособленное от реальных задач, стоящих перед организацией в целом, как будто это его задача — предмет субконтракта. «Кто-то там наверху» должен решать насколько эти частные задачи соответствуют задачам всей организации. Технические методы и средства решения задач, права и обязанности каждого функционального элемента механистической системы точно определены. Взаимодействие в системе управления происходит в основном по вертикали, т.е. между начальником и подчиненным. Производственная деятельность и поведение персонала регламентируются инструкциями и решениями руководства. Такая управленческая иерархическая система строится на том, что вся информация о положении фирмы и ее задачах доступна или может быть доступна только главе фирмы. Управление такой организацией, хорошо известное по многочисленным схемам, как сложная иерархическая структура, использует очень простую систему контроля, где информация поступает снизу вверх, подвергаясь последовательному усилению.

Линейные и функциональные организационные структуры используются в тесном, органическом сочетании и образуют группу *линейно-функциональных структур*. При таком построении переплетается выполнение узкоспециализированных функций с системой подчиненности и ответственности за непосредственное выполнение задач по организации, производству услуг и отправки грузов потребителям, т.е. права и ответственность более углубленно разделяются между разными органами, руководящими техническими разработками, поставкой грузов, перевалки грузов, отправки грузов и т. д. Многолетний опыт применения линейно-функциональных организационных структур показывает, что они наиболее эффективны там, где аппарат управления выполняет рутинные, часто повторяющиеся и редко меняющиеся функции и задачи. Эти структуры не обладают достаточной гибкостью и адекватностью к быстро меняющейся внутренней и внешней среде. В результате замедляется прохождение информации, увеличивается объем работы высшего эшелона управления, превышаются нормы управляемости, допускается несоответствие между полномочиями и ответственностью руководителей различных уровней.

Дивизиональная организационная структура стивидорной компании может быть основана на дивизиональной департаментализации по грузопотоку, по потребителю, по территориальному принципу (причалам) или по их сочетанию. Эти организационные структуры, как правило, покрывают основные недостатки функциональных структур, но имеют свои

недостатки, например дублирование деятельности функций, а также недостаточное общение между сотрудниками и др.

Дивизиональная форма может рассматриваться как соединение организационно-производственных звеньев, каждое из которых обслуживает определенный причал (грузопоток, потребителя) и управляемых централизованно. В этой форме автономность организационно-производственных звеньев сочетается с централизованно контролируемым процессом распределения ресурсов и оценки результатов.

Когда возникающие проблемы и требуемые действия нельзя разложить на отдельные элементы и распределить по специалистам в соответствии с четко определенной иерархической ролью каждого, организационные системы *адаптируются* к нестабильным условиям. В этом случае сотрудники должны решать свои конкретные задачи в свете задач компании в целом. Значительная часть формальных характеристик и определений должностных обязанностей (в категориях полномочий, ответственности, а также методов) отпадает, так как их необходимо постоянно пересматривать в результате взаимодействия с другими участниками решения данной задачи. Это взаимодействие происходит как по вертикали, так и по горизонтали. Взаимодействие между сотрудниками различных рангов напоминают скорее консультацию двух коллег, чем приказ начальника подчиненному. Руководителя такой организации уже не считают всезнающим.

Примером такой адаптивной структуры стивидорной компании может служить *матричная* структура, представленная на рис.1.

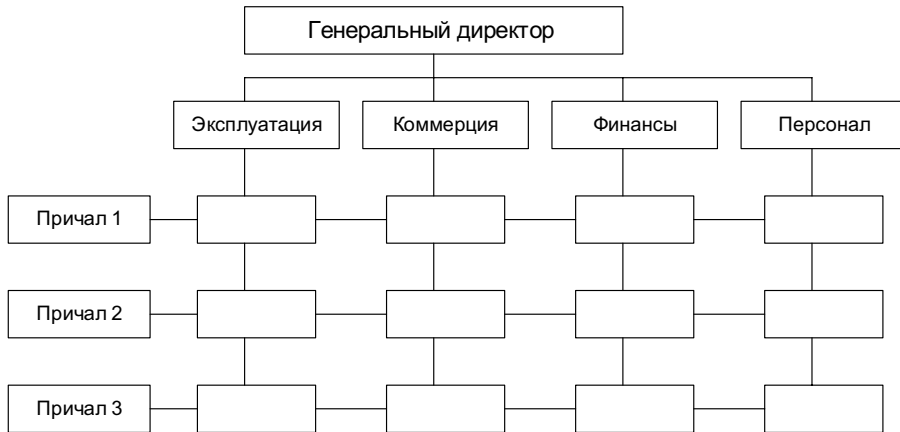


Рис. 1. Матричная организационная структура стивидорной компании

Матричная организационная структура характеризуется более высоким уровнем организации управления. Такой тип организации совмещает признаки функциональной и дивизиональной организаций. С одной стороны, создаются центральные отделы, занимающиеся маркетингом, коммерцией, производством, технической эксплуатацией, администрацией на уровне всей организации, а с другой стороны, такие же функ-

ции, частично, имеются в каждом организационно-производственном звене терминала стивидорной компании.

Общая схема управления грузовыми работами на терминале стивидорной компании представлена на рис. 2 [6]. Грузовой район стивидорной компании является основным производственным подразделением порта, где производятся погрузочно-разгрузочные, вспомогательные операции на судах и смежных видах транспорта, обслуживание судов, прием, хранение и выдача грузов. За грузовым районом закреплена территория, служебные помещения, перегрузочные комплексы с причалами, складами, перегрузочным оборудованием, железнодорожными и автомобильными путями, а также вспомогательными устройствами, приспособлениями, обеспечивающими его нормальную работу. Грузовой район располагает постоянным контингентом портовых рабочих, инженерно-технических работников и служащих, обеспечивающих выполнение поставленных перед районом задач.



Рис. 2. Общая схема управления грузовыми работами в порту

Генеральный директор стивидорной компании наделен соответствующими правами и в своей деятельности руководствуется действующими положениями, инструкциями и законами, приказами начальника порта, распоряжениями и указаниями заместителя начальника порта по эксплуатации и производственно-финансовым планом.

Руководство районом генеральный директор осуществляет через своих заместителей (по эксплуатации, механизации и складской части), помощников (по кадрам и хозяйственной части), старших специалистов по соответствующим функциям.

Заместитель по эксплуатации руководит организацией работ по загрузке-разгрузке судов и смежных видов транспорта (вагонов, автомашин), обслуживанию судов, а также технологической подготовкой производства района. Ему подчинены диспетчерская, технологическая и стивидорские группы и начальники специальных комплексов (контейнерного и др.).

Диспетчерская группа планирует и организует перегрузочные работы, ведет учет и анализ обработки транспортных средств, возглавляет работу смен, комплекзует бригады докеров-механизаторов, составляет графики их выхода на работу. Технологическая группа занимается вопросами технологической подготовки производства района.

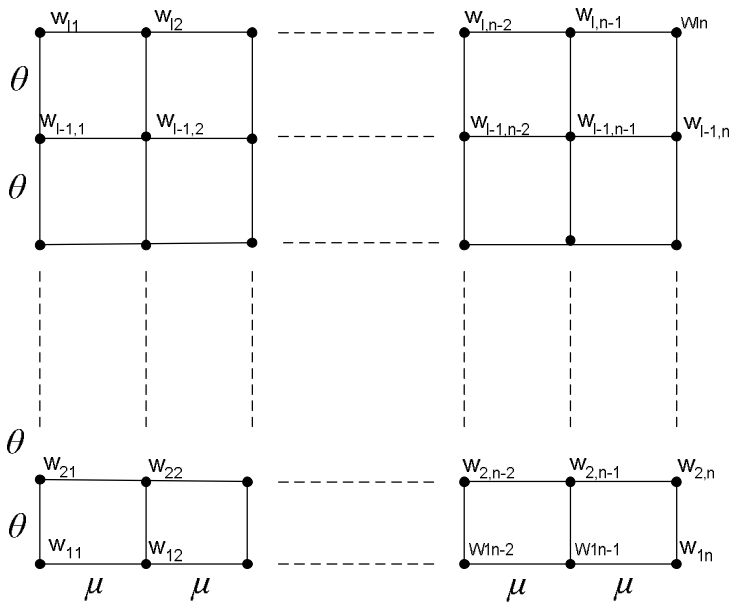
Старший стивидор осуществляет подготовку, планирует (составляет план-график обработки судна) и руководит обработкой судна, представляет грузовой район во взаимоотношениях с судном и поддерживает связь с судовой администрацией, оформляет документы, связанные с обработкой судна. Сменный стивидор руководит обработкой судна на своей смене в соответствии с грузовым планом, сменно-суточным планом, планом-графиком обработки судна и технологическими картами. Заместитель начальника района по складской части осуществляет руководство работой складов по приему, хранению, выдаче, учету и оформлению грузов. Начальники складов и их заместители, сменные заместители начальников складов занимаются организацией перегрузочных работ на складах, приемкой, хранением и выдачей грузов. Оформление и учет грузов ведут заместители начальников складов по учету группы учета, старшие тальманы и тальманы, старшие приемосдатчики и приемосдатчики.

Сменные стивидоры и сменные заместители начальников складов являются производителями грузовых работ, т. е. именно они непосредственно руководят работой бригад докеров, инструктируют их по технологии и правилам безопасности труда, лично обеспечивают выполнение на местах действующих инструкций, положений и правил, регулируют и направляют производственный процесс, заполняют и подписывают наряды на выполненные работы. Их непосредственные начальники — старшие стивидоры и начальники грузовых складов являются руководителями участков производства работ.

Моделирование иерархии управления грузовыми работами требует рассмотрения технологической сети, состоящей из нескольких технологических (производственных) линий, связанных функциональными взаимодействиями исполнителей.

Следуя работам [11, 12] определим технологическую сеть грузового района порта. Будем считать, что она состоит из l технологических (производственных) линий ($l \geq 2$). Каждая технологическая линия оказывает некоторый вид услуги (или обслуживает определенный причал, определенных клиентов и т.п.).

Для оказания услуги необходимо последовательное выполнение некоторых технологических операций. В технологической сети множество операций обозначим через $N = \{w_{i,j}\}$, где $1 \leq i \leq l$, $1 \leq j \leq n$. Индекс i обозначает номер технологической линии, индекс j – номер операции в линии. Таким образом, множество технологических операций содержит nl элементов и технологическая сеть на рис. 3. представляет собой функционально связанные производственные линии.



*Рис. 3. Функционально связанные производственные линии
(сеть с материальными и функциональными потоками)*

Считается, что операции с одинаковым номером выполняют в различных производственных линиях схожую работу. Таким образом, операции с одинаковым номером имеют схожую характеристику, могут использовать одно и то же оборудование, реализуют одни функции и т.п.

Через $N_i = \{w_{i,1}, \dots, w_{i,n}\}$ обозначим i -ю технологическую линию. Объединение технологических линий N_1, \dots, N_l соответствует всему множеству производственных операций: $N = N_1 \cup \dots \cup N_l$.

Через $N_j = \{w_{1,j}, \dots, w_{i,j}\}$ обозначим j -ю функциональную линию. Объединение функциональных линий N_1, \dots, N_n соответствует всему множеству функциональных операций: $N = N_1 \cup \dots \cup N_n$.

Рассмотренной сетью управляют менеджеры. Те менеджеры, которые управляют *материальным потоком*, называются производственными менеджерами, а те, которые управляют *функциональным потоком*, называются функциональными менеджерами. Обозначим через $\mu > 0$ интенсивность той части *материального потока*, которая должна управляться производственным менеджером. И обозначим через $\theta > 0$ интенсивность той части *функционального потока*, которая должна управляться функциональным менеджером.

Таким образом, на рис. 3 представлена система взаимодействия управления материальными и функциональными потоками матричной организационной структуры.

Суть **матричных структур управления** (МСУ) состоит в том, что на **функциональную иерархию** накладывается «горизонтальная» структура производственных процессов (проектов).

Одной из проблем МСУ является проблема **распределенного контроля**, когда один сотрудник одновременно подчиняется нескольким начальникам (например, функциональному руководителю и одному или нескольким руководителям производственного процесса). В условиях дефицита трудовых ресурсов между руководителями часто возникают конфликты по поводу приоритетов выполнения подчиненными задач.

Механизмы управления в МСУ предназначены для разрешения подобных конфликтов. Они относятся к **комплексным механизмам**, так как для корректного учета всех взаимодействий приходится одновременно рассматривать несколько уровней управления, не ограничиваясь одним подразделением. Процесс создания и управления МСУ можно разбить на следующие этапы

Этап 1. Формирование состава и структуры. Сначала высшее руководство решает задачу выбора **организационной структуры** (решать ли вообще множественное подчинение) и **состава** (сколько потребуется исполнителей для решения производственных задач в МСУ или при запрете множественного подчинения).

Этап 2. Определение регламентов взаимодействия. На этом этапе выбирается степень **делегирования полномочий** руководителей проектов по мотивации исполнителей – кто будет принимать решения о загрузке совместно используемых исполнителей и порядке выполнения работ, объеме и формах стимулирования исполнителей (это – разновидность **механизма стимулирования за коллективные результаты**). На этом же этапе закладываются **механизмы разрешения конфликтов** – какие проблемы взаимодействия решаются на уровне руководителей производства, а какие выносятся на уровень высшего руководства.

Этап 3. Разработка системы мотивации. Наконец, определяются **схемы мотивации** руководителей – руководителей технологических линий и начальников функциональных подразделений. Так, согласование интересов высшего руководства и руководителей технологических линий может потребовать разной политики премирования руководителей грузовых работ на разных причалах. Эту проблему обычно решают с помощью **механизмов внутренних цен** (внутреннего налогообложения).

Каждый руководитель проекта, в свою очередь, решает задачу **мотивации подчиненных** ему исполнителей (в рамках делегированных прав) с учетом имеющихся фондов и срочности работ. Взаимодействие с другими руководителями производства грузовых работ сводится к совместному **распределению ресурса** – рабочего времени исполнителя.

Все эти механизмы взаимосвязаны. На согласованность принятия решений руководителями производства существенно влияет **степень делегирования полномочий**. В свою очередь, для определения выгоды множественного подчинения высшее руководство должно задаться определенной политикой делегирования и предсказать решения руководителей производства.

Поэтому выработка обоснованных управленческих решений в МСУ требует согласованного применения результатов **теоретического** и **экспериментального** исследования самых разных механизмов организационного управления. Математические модели механизмов управления и результаты их исследования комбинируются вместе, проводится совместный синтез оптимального управления. В результате получается **комплексный механизм управления** (см. рис. 4) [13].

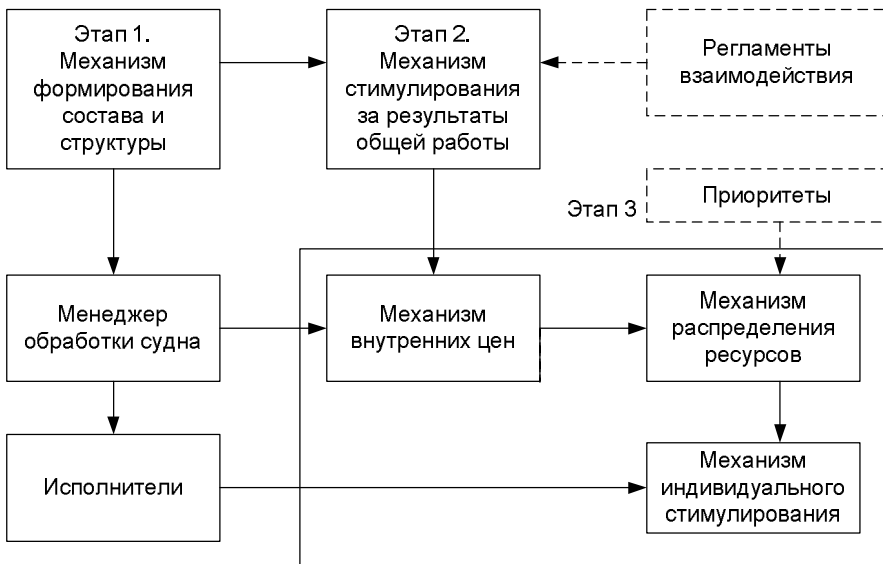


Рис. 4. Схема комплексного механизма управления в матричной организационной структуре

В целом из-за сложности матричной структуры в практической реализации, для ее внедрения необходима длительная подготовка работников и соответствующая организационная культура.

Однако по сравнению с механистическими структурами управления адаптивные структуры являются более гибкими, лучше приспособленными к динамичным изменениям и требованиям производства. Кроме того, адаптивные организационные структуры, как правило, характеризуются следующими признаками:

- способностью сравнительно легко менять свою форму, приспосабливаться к изменяющимся условиям;
- изменением параметров функционирования (состояния) в соответствии с установленными критериями эффективности (качества) предпринимательской структуры или параметров внешней среды. Например, изменение бизнес-процессов, технологии и др., в случае повышения процента брака, снижения прибыльности или рентабельности;
- интеграцией различных видов деятельности компании в рамках реализуемых видов и форм производства;
- вовлечением руководителей всех уровней и специалистов в сферу активной творческой деятельности по реализации управленческой деятельности, включая, ускоренное техническое совершенствование производства;
- сокращением нагрузки на руководителей высшего уровня управления путем передачи полномочий принятия решений на средний уровень при сохранении единства координации и контроля за ключевыми решениями на высшем уровне;
- усилением личной ответственности конкретного руководителя как за работу (программу) в целом, так и за ее элементы;
- преодолением внутриорганизационных барьеров, не мешая при этом развитию функциональной специализации.

Выводы. Приведенный выше сравнительный анализ различных организационных структур, которые можно использовать в управлении деятельностью портового терминала, показывает, что в условиях конкуренции и возникновения различных рискованных ситуаций наиболее эффективными могут оказаться адаптивные организационные структуры управления в силу их гибкости. В то же время их использование в портовой практике имеет ряд специфических особенностей, отражающих род производственной деятельности терминала, связанной с оказанием разнообразных материальных и информационных услуг клиентуре. При этом важную роль должны играть научные методы прогнозирования наступления неблагоприятных ситуаций (снижение грузооборота, действие конкурентов, политические, коммерческие и др. риски).

Показатели качества работы стивидорной компании, которые являются важнейшим конкурентообразующим фактором, существенно зависят от выбора ею вида организационной структуры. Однако выявление этой зависимости представляет собой сложную научную проблему, для решения которой требуются соответствующие исследования с использованием методов исследования операций и экономико-математического моделирования. Решению данной проблемы будут посвящены дальнейшие публикации автора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлюк Н. Анализ мирового опыта реформирования портов / Н. Павлюк, А. Кифак // *Судоходство*. – 2002. – № 3. – С. 7-8.
2. Павлюк Н. Анализ мирового опыта реформирования портов / Н. Павлюк, А. Кифак // *Судоходство*. – 2002. – № 4-5. – С. 9-11.
Чекаловец В.И. Эволюция мировой портовой системы и ее влияние на стратегию развития морских торговых портов Украины / В.И. Чекаловец // Транспорт. – 2003. – № 25-26. – С. 61-66.
4. Мескон М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Изд-во «ДЕЛЮ», 1997. – 701 с.
5. Крыжановский С.В. Морские торговые порты Украины в рыночных условиях: Монография / С.В. Крыжановский. – Одесса: Астропринт, 2008. – 184 с.
6. Холоднякова А.С. Механизмы реструктуризации системы управления морским портом (на примере стивидорной компании) / А.С. Холоднякова // *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць*. – Вип. 30. – Одеса: ОНМУ, 2009. – С. 78-92.
7. Ветренко Л. Д. Организация и технология перегрузочных процессов в морских портах: Учебник для вузов / Л.Д. Ветренко, В.З. Ананьина, А.В. Степанец. – М.: Транспорт, 1989. – 270 с.
8. Магамадов А.Р. Управление портами (оргструктуры и маркетинг): Конспект лекций / А.Р. Магамадов, П.А. Макушев. – Одесса: ИПК водного транспорта, 1992. – 92 с.
9. Тихомирова О.Г. Адаптивное управление предпринимательскими структурами как открытыми динамическими системами / О.Г. Тихомирова // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 9 (2). – С. 495-499.
10. Самочкин В.Н. Гибкое развитие предприятия. Анализ и планирование / В.Н. Самочкин. – М.: Дело, 2003.
11. Мишин С.П. Оптимальные иерархии управления в экономических системах / С.П. Мишин. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 190 с.

12. Воронин А.А. *Математические модели организаций: Учебное пособие* / А.А. Воронин, М.В. Губко, С.П. Мишин, Д.А. Новиков. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – 360 с.
13. *Механизмы управления: Учебное пособие* / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: УРСС (Editorial URSS), 2011. – 213 с.

Стаття надійшла до редакції 22.01.2015

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті» Одеського національного морського університету **М.Я. Постан**

доктор технічних наук, професор кафедри «Бізнес-адміністрування та корпоративної безпеки» Міжнародного гуманітарного університету **А.І. Рибак**

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Александровська Надія Ігорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету

Балобанов Олександр Олегович – кандидат юридичних наук, доцент, завідувач кафедри «Транспортне право», професор Одеського національного морського університету

Гончаренко Володимир Никонович – кандидат технічних наук, доцент Національного університету «Львівська політехніка»

Давиденко Михайло Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технології і організація будівництва» Національного університету біоресурсів та природокористування України

Єгоров Олександр Геннадійович – мол. наук. співпрацівник Морського інженерного бюро, м. Одеса

Єгоров Геннадій В'ячеславович – доктор технічних наук, професор, генеральний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

Жіжа Борис Андрійович – кандидат технічних наук, доцент, керівник агентсько-експедиторських компаній «ЛАМАН-ШИПИНГ ЕИДЖЕНСІ»

Льницький Ігор Анатолійович – 1-й заступник генерального директора Морського інженерного бюро, м. Одеса

Каніфольський Олександр Олегович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету

Коптовець Олександр Миколайович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри транспортних систем і технологій ДВНЗ «Національний гірничий університет»

Крук Юрій Юрійович – аспірант кафедри «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті» Одеського національного морського університету, начальник Іллічівського морського торговельного порту

Ларкін Юрій Маркович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Мошнянський Анатолій Федорович – кандидат технічних наук, професор кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

Мурад'ян Арсен Олегович – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Пізнцалі Людмила Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету

Пітерська Варвара Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету

Постан Михайло Якович – доктор технічних наук, професор завідувач кафедри «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті» Одеського національного морського університету

Савельєва Ірина Владиславівна – доктор економічних наук, професор кафедри «Морські перевезення», декан факультету транспортних технологій та систем Одеського національного морського університету

Сьомін Олексій Анатолійович – начальник департаменту суднобудування ООО «Лігір»

Черников Дмитро Володимирович – головний інженер Морського інженерного бюро, м. Одеса

Яровенко Володимир Олексійович – доктор технічних наук, професор завідувач кафедри «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

Редакційна колегія збірника наукових праць запрошує науковців до співробітництва в галузі інформування науково-технічної громадськості про нові теоретичні і практичні досягнення у сфері функціонування різних видів транспорту.

У журналі публікуються оригінальні та оглядові статті проблемного і дискусійного характеру.

Статті публікуються на одній з трьох мов: українській, російській або англійській.

Стаття повинна задовольняти вимогам ВАК України до публікацій статей у періодичних наукових виданнях.

Редакційна колегія приймає лише наукові статті, які мають **такі елементи**: постановка проблеми, огляд останніх досліджень і публікацій з цієї проблеми, формулювання завдання дослідження, виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів, висновки з цього дослідження, список використаних джерел.

Стаття має відповідати тематичному спрямуванню збірника і бути завізована власноручно підписом автора.

Матеріал необхідно викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела. Одиниці виміру слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI або в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно до вимог чинних державних стандартів.

Рекомендований обсяг статті, що включається у збірник, **не менше 6 та не більше 15 сторінок**.

Для опублікування у збірнику необхідно до підписаної всіма авторами статті та рефератів додати такі документи:

- ✓ експертний висновок;
- ✓ 2 рецензії фахівців з науковим ступенем за профілем статті (бажано докторів технічних наук), завірені печаткою;
- ✓ рекомендацію відповідної кафедри, лабораторії або наукового підрозділу, що рекомендує статтю до друку;
- ✓ авторську довідку, якщо автор подає рукопис до Видавництва ОНМУ вперше, з зазначенням місця роботи, посади, вчених ступенів і звань, адрес і телефонів.

Рішення про публікацію статті у збірнику приймає редакційна колегія на підставі висновку рецензентів про її наукове та практичне значення.

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

Вимоги до оформлення тексту статті

Редакційна колегія приймає до роботи диски і один примірник роздрукованого текстового оригіналу (файлів), що є на диску. Текстовий редактор Word – файли в форматі (Word 97-2003 & 6.0/95 RTF).

Необхідно дотримуватись головної вимоги – відповідність шрифтів документа його формату. Оформлення рівнозначних фрагментів документа (заголовків, підписів під рисунками, формул тощо), позначень ідентифікаторів перемінних та констант повинно бути однаковим по всій роботі. Одна і та ж величина (фізична, хімічна, економічна тощо) повинна мати однакове начертання літер.

Текст набирається з дотриманням нижченаведених правил:

- ✓ абзаци відокремлюються один від одного одним маркером кінця абзацу (застосування цього символу в інших цілях не допускається);
- ✓ усі слова всередині абзацу розділяються тільки одним пробілом;
- ✓ перед розділовим знаком пробіли не ставлять, після розділового знака – один пробіл;
- ✓ після ініціалів (перед прізвищем), перед скороченнями і між ними ставиться нерозривний пробіл;
- ✓ виділення курсивом, напівжирним, великими літерами забезпечуються засобами Word.

Розміри полів на сторінках видання

Розмір паперу – формат А4 210 x 297 мм.

- ✓ верхнє – 2 см;
- ✓ нижнє – 3 см;
- ✓ лівє – 2,5 см;
- ✓ правє – 1,5 см.

Стиль, рекомендований для друку – Times New Roman, 14 пт;
рядковий;

- вирівнювання – по ширині;
- міжрядковий інтервал – одинарний;
- заборона висячих рядків;
- режим переносу слів – відключений.

Розстановка переносу слів ручним способом забороняється

**ВИМОГИ
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ**

У лівому куті статті зверху проставляється індекс УДК, ініціали та прізвища авторів передують заголовку і друкуються рядковими літерами – у правому куті.

Заголовок

- ✓ відступ – 0,75;
- ✓ шрифт – Arial Сут, 14 пт, великий;
- ✓ напівжирний;
- ✓ вирівнювання – вліво.

Анотація складається **обов'язково трьома мовами**: українською, російською та англійською (обсягом до 50 слів кожна).

Ключові слова – **обов'язково трьома мовами**: українською, російською та англійською (5-10 слів) наводяться після анотації.

Далі наводяться всі обов'язкові елементи наукової статті.

Вступ

- а) постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними задачами;
- б) короткий аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор;
- в) виділення невирішених раніше питань загальної проблеми, яким присвячується стаття.

Постановка задачі – формулювання мети статті.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів з поділом його на частини з відповідними назвами

У цьому розділі рекомендується висвітлити такі питання, як:

- а) ґрунтовний огляд існуючих рішень поставленої задачі (якщо це необхідно);
- б) актуальність поставленої задачі;
- в) вибір методів, підходів, моделей та інструментів розв'язку поставленої задачі;
- г) власне розв'язок поставленої задачі;
- д) адекватність теоретичних рішень та переваги практичних рішень над існуючими;
- е) приклади застосування отриманих результатів.

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

Висновки

- а) підсумки даного дослідження;
- б) перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

Література

Список літератури подається в порядку посилання. Неприпустиме посилання на неопубліковані та незавершені праці.

Редакційна колегія звертає увагу авторів на те, що назва статті повинна коротко і максимально точно відображати суть проведених досліджень.

Розміри для введення формул

- ✓ основний – 16 пт;
- ✓ крупний індекс – 12 пт;
- ✓ дрібний індекс – 10 пт;
- ✓ крупний символ – 18 пт;
- ✓ дрібний символ – 14 пт;
- ✓ перемінна – курсив (на 2 пт більше базового);
- ✓ функція и константи – прямий шрифт (на 2 пт більше базового);
- ✓ скорочення в індексах – прямий шрифт.

Математичні формули набирають тільки вбудованим редактором формул Microsoft Equation 3.0. Вони потребують однакового написання та розміщення елементів. Індеси та показники степеня повинні бути однаковими за розміром, але не більше ніж у два рази меншими за основну строку формули та однаково опущеними чи піднятими по відношенню до лінії основного рядка формули, щоб при зменшенні в 1,5 рази вони безпомилково читались.

Номери формул позначають арабськими цифрами у круглих дужках, розташовуючи їх біля правого краю полоси. У разі, якщо номер не вміщується у рядку формули, його виділяють у наступний за формулою черговий рядок. Біля формули, що займає декілька рядків, номер ставлять біля останнього рядка, біля формули-дроби – навпроти основної ділильної лінійки. Невеликим формулам у одному рядку, якщо вони складають єдину групу, присвоюють один загальний номер. Групу формул, розташованих окремими рядками, охоплюють справа чи зліва

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

парантезом і номер групи розташовують проти його вістря, а якщо парантеза справа нема – проти середини цієї групи.

Якщо формула набирається у редакторі формул шрифтом Times курсивом, то і по тексту символи необхідно набирати курсивом, тобто символи по тексту повинні відповідати символам у редакторі формул.

Якщо формула набирається шрифтом Arial не курсивом, то і по тексту символи повинні відповідати формулі.

Рисунки набираються по тексту, повинні бути **згрупованими**, розмір не повинен перевищувати 10x12 см.

Підписи та надписи у графічних об'єктах (рисунках, схемах та т. інш.) неможна робити за допомогою інструменту надпису панелі інструментів (Рисування) у зв'язку з тим, що при збільшуванні чи зменшуванні графічних об'єктів текстові блоки викривлюються.

Для створення графічних об'єктів рекомендується використовувати графічні програми Paint, Corel Draw, AutoCad та інш.

Середня кількість ілюстрацій за обсягом не повинна перевищувати 20 % авторського тексту, що при розмірі 10x12 см складе 7-8 рисунків на авторській лист.

Якщо рисунок у статті один, то він не нумерується, посилання на нього робиться словом «рисунок» без скорочення, а під самим рисунком слово «рисунок» не пишеться. Підпис з експлікацією без підпису (теми зображення) неприпустиме.

Підпис завжди починають з великої літери, експлікації – з малої. Крапки у кінці підпису не ставлять. Після основного підпису, якщо далі йде експлікація, прийнято ставити двокрапку. Елементи експлікації відділяють один від одного крапкою з комою, а цифрові або буквені позначення від тексту пояснення – знаком тире.

Таблиці. Ширина таблиці повинна відповідати ширині текстового блоку видання. Розмір шрифту для набору таблиці – 14 кегль. Допускається розмір шрифту – 12 кегль.

Таблиці повинні бути надруковані у тексті після абзаців, що мають посилання на них. Таблиця має нумераційний заголовок та тематичний заголовок, що визначає її тему та зміст (без розділового знака на кінці).

Якщо в тексті одна таблиця, нумераційний заголовок не пишеться. Тематичний заголовок не пишеться у таблиці допоміжного характеру, у такій, що немає самостійного значення.

Основні вимоги до тематичного заголовка – точність, відповідність призначенню, зміст таблиці, виразність та короткість.

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

Над таблицею, що продовжується, пишеться нумераційний заголовок «Продовження табл._», якщо вона не закінчена, або «Закінчення табл._», якщо закінчена.

Текст таблиці не повинен виходити за лінії, що обмежують граfi. Числа у таблиці, що мають більше чотирьох цифр, повинні ділитися на класи по 3 цифри, інтервалом у один пробіл (виняток номери та дати).

Таблиці повинні бути закритими з боків та внизу. Графу «Номер з/п» давати тільки тоді, коли є посилання на цю нумерацію.

Заголовки граф ставлять у називному відмінку однини чи множини без довільного скорочення слів.

У однарусній головці усі заголовки пишуться з великої літери.

У дво- і багатоярусній головці заголовки верхнього ярусу пишуться з великої літери, а заголовки наступних ярусів – з великої літери, якщо вони граматично не підпорядковуються заголовку верхнього ярусу, що стоїть над ними.

Примітки та виноски за змістом таблиці необхідно друкувати тільки під таблицею.

Виноски позначаються зірочкою.

Матеріали і документи, які не повністю оформлені або не відповідають усім вимогам, не розглядаються.

УВАГА!

Матеріали, що подаються для опублікування, повинні бути актуальними, виключати паралелізм та дублювання.

Передрукування та будь-яке використання матеріалів здійснюється з обов'язковим посиланням на збірник.

Автори несуть повну відповідальність за науковий зміст, точність фактичних даних, посилань на джерело, а також ілюстративного матеріалу і цитат.

Редакція не завжди поділяє позицію авторів публікацій.

**ВИМОГИ
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ**

Приклади бібліографічного опису документа

Опис книги одного автора

Іванов О.К. Економічний аналіз: Учбовий посібник/ О.К. Іванов. – СПб.: Вид. СПбГТУ, 1998. – 88 с.

Опис книги двох авторів

Гаврикова Т.А. Дислокация в кристаллах: Учебн. пособие / Т.А. Гаврикова, Б.А. Зыков. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 72 с.

Опис книги трьох авторів

Сергеев К.Г. Физические методы контроля качества материалов и продукции: Учебн. пособие / К.Г. Сергеев, Н.А. Столярова, И.И. Горшков. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 52 с.

Опис книги під редакцією

Пористые проницаемые материалы: Справ./ Под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1987. – 333 с.

Опис методичних вказівок

Управление проектами: Метод. указания / В.П. Капитанов. – Одесса: Изд-во ОНМУ, 2005. – 37 с.

Опис складової частини видання

Ильф И.А. Источник веселья / И.А. Ильф, Е.П. Петров // Собр. соч.: В 5 т. – М., 1961. – Т.5. С.94-97.

Опис статті зі збірника, книги

Кириллов В.Н., Демидюк А.В., Тонюк В.И. Экспериментальная установка для исследования гидродинамических характеристик продольной качки моделей судов // Вісник ОДМУ. – Одеса: Вид-во ОДМУ. – 1998. – № 1. – С.90-93.

Опис статті з журналу

Вечорин Е.Л., Константин Петрович Боклевский / Е.Л. Вечорин // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 1999. – № 1(15). – С. 113.

Синтез перенасыщенных аналогов пенициллина / Е.Ф. Панарин, М.В. Соколовский, М.Б. Беров, М.А. Жукова // Изв. АН СССР. Сер. хим. – 1974. – № 10. – С. 2300-2303.

**ВИМОГИ
ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ**

Опис статті з газети

Немировский Е.Л. Первопечатник Иван Федоров / Е.Л. Немировский // Лит.газ. – 1984. – 5 мая. – С.16.

Опис стандартів

ГОСТ 7.1-84 СИБИД. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила оформления. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 76 с.

Опис патентних документів

А.с. 1254421 СССР, МКИ G 03 G 15/00. Электрографический микрофильмирующий аппарат / А.Г. Арутюнов (СССР). Оpubл. 23.06.86. Бюл. № 32.

Опис авторефератів дисертацій

Касимовский Н.И. Разработка оксидного катализатора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук // Н.И. Касимовский; ЛТИ им. Ленсовета. – Л., 1988. – 16 с.

Опис дисертації

Талишинский Р.Р. Документализм в публицистике: Дис. ... канд. филол. наук / Р.Р. Талишинский; Моск.гос.ун-т. – М., 1986. – 203 с.

Опис іноземних літературних джерел підпорядковується тим же правилам. Наприклад:

Wyner F. The wire-tap channel / A. Wyner // Bell Sistem Technical J. – 1975. – Vol. 54. – № 3. – P. 1355-1387.

Наукове видання

**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

Випуск 3 (42)

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 05.11.2014.
Формат 70x108/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. .
Замовлення № .

Надруковано у Видавництві ОНМУ
65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.
Тел. 728 31 14