

ВІСНИК



ОДЕСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

41

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

ВИПУСК 2 (41)

Заснований у червні 1997 року

Одеса – 2014

**ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ВІСНИК

ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**№ 2(41)
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>	д-р техн. наук	<i>Дульнев О.І.</i>
	<i>(Росія)</i>		<i>(Росія)</i>
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 № 11 від 25 червня 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 СУДЕН

Егоров Г.В. Проектный ряд нефтеналивных судов смешанного река-море плавания	5
Сауляк С.В. Анализ состояния и перспектив применения многочерпаковых земснарядов в черноморско-азовском бассейне	23
Ларкин Ю.М., Онищенко А.Ф. Особенности проектирования газо-и химовозов	33

БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА, МІЦНІСТЬ СУДЕН ТА СПОРУД

Лукаш Э.П., Олейников В.В., Партолога М.И. Динамический расчет ограждений судовых помещений вблизи источников вибрации	44
Давиденко М.А. К расчету прочности нормальных сечений сталефибробетонных труб вертикального вибропрессования	51

**ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДЕН
ТА СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

Ивановский В.Г., Сиверин В.Г. Исследование влияния угла опережения впрыскивания топлива в цилиндр дизеля	58
Вычужанин В.В., Рудниченко Н.Д. Технические риски сложных комплексов функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок	68
Дворецкий В.А., Демиденко П.П. Экспериментальное подтверждение точности навигационного параметра	78
Латій М.Ф. Економічне охолодження повітря при непрямому випарі води	83

ПОРТИ ТА ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ

Гришин В.А., Гришин А.В. Математическое моделирование склонов (Ч. 3)	90
Безушко Д.И., Дубровский М.П. Вибропогружение при строительстве и реконструкции портовых причальных сооружений	107
Гришин В.А., Федорова Е.Ю. Морские искусственные острова (Ч. 4)	116
Дубровский М.П., Перейрас Р. Одноточечные стационарные причалы для украинского шельфа и морских портов: проблемы и перспективы развития	123
Мурад'ян А.О. Основи узгодження управління функціонуванням загальнотранспортних вузлів (методологічний аспект)	134

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Гловацкая С.Н., Руденко С.В., Колесникова Е.В. Сбалансированная система показателей для управления программами проектов международной деятельности университета	144
Магамадов О.Р., Русанова С.С., Джиджавадзе А.А. Основи вибору конкурентних стратегій портів	151
Питерская В.М. Риск-ориентированный подход в инновационной проектной деятельности	162
Бокарева М.О. Risk management in ship repair projects	170
Вігюк М.В., А.М. Вігюк Комбінаторні методи подібності в розв'язанні задачі «Зв'язок структура – активність»	179
Автори збірника	185
Вимоги до авторських текстових оригіналів	188

УДК 629.5

Г.В. Егоров

ПРОЕКТНЫЙ РЯД НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДОВ СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ

Обоснован размерный ряд современных нефтеналивных и комбинированных судов смешанного река-море плавания, представляющих интерес для постсоветских судоходных компаний, оперирующих на отечественные порты.

Ключевые слова: проектирование, внешняя задача проектирования судна, танкер, комбинированное судно, судно смешанного река-море плавания, главные характеристики.

Обґрунтований розмірний ряд сучасних нафтоналивних і комбінованих суден змішаного ріка-море плавання, які представляють інтерес для пострадянських судноплавних компаній, що оперують на вітчизняні порти.

Ключові слова: проектування, зовнішнє завдання проектування судна, танкер, комбіноване судно, судно змішаного ріка-море плавання, головні характеристики.

Dimensional line-up of modern mixed river-sea navigation tankers and combined vessels which are interesting for Post-Soviet shipping companies working on native ports is grounded.

Keywords: design, external task of vessel's design, tanker, combined vessel, mixed river-sea navigation vessel, main characteristics.

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» класса [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.

Цель статьи – обоснование размерного ряда современных нефтеналивных и комбинированных судов смешанного река-море плавания (ССП), представляющих интерес для постсоветских судоходных компаний, оперирующих на отечественные порты и, соответственно, отечественного судостроения.

Изложение основного материала. Решение внешней задачи проектирования, включая определения основных характеристик нефтеналивных ССП, основывается на анализе грузопотоков нефти и нефтепродуктов с определением основных видов наливных грузов, пунктов погрузки, перегрузки и выгрузки, коммерческих особенностей и продолжительности рейсов. Такие исследования имели место в публикациях [1, 2, 4] (по европейской части России), в [5, 7, 13, 14] (по восточным бассейнам), а также в обобщенном виде в [6, 8].

В связи с ростом объемов перевозимых грузов из речных и устьевых портов европейской части России в начале XXI века появилась задача создания новых универсальных танкеров с надежными корпусами и оборудованием, которые были бы экономически эффективными при линейной работе на внутренних водных путях (т.е. брали бы на борт груза примерно столько, сколько знаменитые «Волгонефти»), которые отвечали бы максимально возможным габаритам шлюзов Волго-Донского судоходного канала («Волго-Дон макс» класса), и при ограниченных осадках в Азовском и Каспийском морях [4]. Помимо этого они должны круглогодично эксплуатироваться с минимальными потерями ходового времени в прибрежных районах Европы, включая переходы через Бискайский залив в зимний период (класс PC R2). Другими словами, **это были суда с примерно равными возможностями как в реке, так и в море.**

Затем, по мере строительства этих универсальных танкеров «Волго-Дон макс» класса (проект 005RST01, типа «Армада») [3], со стороны заказчиков возникли дополнительные задачи по охвату других сегментов рынка, специализации, учету местных условий.

Главная тенденция – строительство грузовых судов для европейской части ВВП России, обладающих более развитой речной функцией, а именно:

- танкеров смешанного река-море плавания «Волго-Дон макс» класса с увеличенной речной грузоподъемностью за счет обоснованного снижения металлоемкости и рационального назначения класса Регистра по району плавания (классы PC R2-RSN 4,5 и PPP M-СП 4,5) проекта RST12, RST25 [16];

- «сверхполных» танкеров смешанного река-море плавания «Волго-Дон макс» класса с существенно увеличенной речной грузоподъемностью проекта RST27 [1, 9, 15] и судов, созданных на их базе;

- речных судов «устьевых»¹ типа «Волго-Дон макс» класса с пониженным надводным габаритом, позволяющим проходить под мостами на Неве, под ростовским железнодорожным мостом без их разводки, а также по Москве-реке [1];

¹ Под «устьевым» типом понимаются суда с классами PPP «О-ПР» и «М-ПР», которые работают в весенне-летний сезон с выходом из устьев рек в Финский залив и Азовское море (теоретически, и в северную часть Каспийского моря)

- речных комбинированных танкеров-площадок «устьевого» типа проекта RST54 на базе «сверхполных» обводов проекта RST27 для перевозки на открытой палубе грузов, не боящихся подмочки (гравий, прокат, «тяжелые» контейнеры, автомобили и т.п.), в одном направлении и нефтеналивных грузов в обратном направлении (в постройке 5 судов, всего ожидается заказ на 20 единиц);

- барже-буксирных составов (ББС), которые при правильной организации перевозочного процесса обеспечивают значительные преимущества по сравнению с «единым» судном.

Принципиальной особенностью этой новой тенденции является «расширение» узких мест внутреннего водного транспорта за счет новых технических решений. Другими словами, происходит увеличение провозоспособности за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике. Наконец, снижение надводного габарита позволяет снизить потери ходового времени в ожидании разводки мостов в Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону и позволить работать по Москве-реке до Южного порта.

Так, в 2010 году Бюро разработало на базе аналогичного сухогрузного судна проекта RSD44 концепт CP1002 «устьевого» танкера района «М-ПР» смешанного река-море плавания «Волго-Дон макс» класса с пониженным надводным габаритом – практически без выступающих над палубой тронка частей рулевой и жилой рубки, что позволило бы проходить под мостами в Санкт-Петербурге и Ростове, без их разводки. За счет снижения класса судна по району плавания, удалось снизить массу судна порожнем и увеличить полноту судна, что соответственно увеличило грузоподъемность танкера на ограниченных в реке осадках (при осадке 3,60 м дедвейт составляет 5520 тонн). Суда могут эксплуатироваться на внутренних водных путях, в Финском заливе Балтийского моря и в Азовском море до Керчи / Кавказа, поэтому их называют еще «устьевыми». Нелимитированный проход под мостами позволяет экономить до 20 суток ходового времени в сезон. Но при столь малом классе круглогодичная эксплуатация в данном варианте невозможна.

Поэтому, уже в 2011 году, используя полученное Бюро новое теоретическое решение о возможности увеличения коэффициента общей полноты, был создан танкер смешанного река-море плавания «Волго-Дон макс» класса проекта RST27 типа «ВФ танкер» с «сверхполными» обводами. Такой танкер, сохраняя по району плавания класс R2 и возможность круглогодичной эксплуатации танкера типа «Армада», получил существенно увеличенную грузоподъемность в реке – дедвейт при осадке 3,60 м 5420 тонн, что сделало его равноценным «устьевым» речным танкерам (при дедвейте в море 7000 тонн, как у универсальных танкеров проектов RST22, RST22M).

В свою очередь применение комбинированных судов проекта RST54 (проект 2013 года), которые помимо прочего получили «сверхполные» обводы и «устьевой» класс М-ПР 2,5:

- обеспечивает загрузку в обе стороны (нефтеналив – в одну и сухогрузы – в обратную);

- позволяет снизить нагрузку на автодороги за счет перевозки 200-280 легковых автомобилей, которые обычно из района Санкт-Петербурга в центральную Россию везут на грузовиках – автомобилевозах;

- обеспечивает 120 контейнеров с массами до 36 тонн, которые недопустимы для транспортировки автопоездами по условиям максимальной нагрузки на трассах, в том числе до 45 рефрижераторных контейнеров.

Особо следует пояснить наши особенности создания нефтеналивных толкаемых составных судов.

На водном транспорте США более чем 130 лет перевозка грузов по ВВП осуществляется исключительно методом толкания барже-буксирными составами – ежегодно около 600 млн. тонн груза.

Фактически перевозки осуществляются в режиме, аналогичном работе железной дороге. Толкачи с мощностью от 3 до 10 тыс. кВт работают, толкая «поезда» из десятков барж-секций, на своих «перегонах», как тепловозы, между «станциями» (портами или шлюзами). Магистральные толкачи не используются для портовых и маневровых работ, формирования «поездов». Снабжение топливом, продовольствием и расходными материалами осуществляется на ходу.

В одном составе находятся баржи с разными грузами, например, с нефтеналивом и сухими грузами. В одном нефтеналивном «поезде» могут быть нефтепродукты 5-6 сортов. Сухогрузные секции после перевозки угля могут быть поставлены на перевозку зерна, конечно перед этим трюма покрываются полиэтиленовой пленкой, на порожних нефтеналивных баржах могут перевозить автомобили.

Рейдовые работы обеспечиваются малыми толкачами, которые растаскивают прибывшие на место назначения секции, ставят на их место следующие «вагоны» и «поезд» следует дальше.

Исходя из подобных взглядов, в 2002 году для группы компаний «Палмали» был разработан ББС «Волго-Дон макс» класса – проект 004ROB05, который носил компромиссный характер, так как использовались существующие толкачи, имеющие длину 45-50 м.

В 2003 году для «Волготанкера АМС» был на базе проекта 004ROB05 спроектирован ББС «Волго-Балт макс» класса проекта 005ROB04 для перевозки мазута на северо-западном направлении, используя толкачи нового проекта 2000RPT01 с уменьшенной до 30 м длиной (отсюда увеличенная длина баржи и состава в целом, под габариты Волго-Балта). В силу известных причин, ни баржи, ни толкачи этого концепта в постройку не пошли. В этом варианте невозможна эксплуатация ББС по южному направлению (перевозки из Татыньки / Самары / Кашпир

на Керчь / Кавказ) из-за несоответствия габаритов составов (по длине) габаритам внутренних водных путей (шлюзов), а также в Черном и Средиземном морях в межнавигационный период.

Проекты 005ROB04 и 004ROB05 имеют принципиальное ограничение по мореходности, так как используют традиционные отечественные сцепы типа О-200Т, которые не обеспечивают безопасное соединение на волнении высотой свыше 2 м (т.е. уже в условиях Ладоги и Онеги, а тем более Финского залива и Азовского моря приходится баржи не толкать, а буксировать, что снижает скорость перемещения состава с 10 узлов до 5).

Поэтому в 2010 году был создан ББС «Волго-Дон макс» класса морского исполнения, использующий инновационный полужесткий «морской» сцеп, сохраняющий работоспособность на волнении до 7 м. Кроме того, корпуса баржи и толкача были сделаны под требования РС (т.е. более прочные и надежные, но и соответственно более тяжелые).

Вообще говоря, необходим переход на качественно новый уровень организации перевозок водным транспортом, который может быть по опыту высокоразвитого речного транспорта США достигнут за счет более широкого использования толкаемых барже-буксирных составов как классического речного типа (отечественные сцепы типа О-200, УДР-100 и т.п.), так и морского типа со сцепами японского, финского или американского типа. При этом следует ясно понимать, что просто созданием проекта ББС дело не обойдется, так как эффективная эксплуатация ББС требует коренной перестройки организации перевозок (т.е. применения так называемой «вертушки», когда на один толкач будут приходиться 2-3 баржи).

Пока же эта проблема не решена, и поэтому большую часть нового судостроения составляют не составные суда (толкач+баржа), а танкеры классического типа.

Совершенно иная ситуация в Сибири, на Севере Европейской части. Причем рассматривать вопрос о пополнении флота северных рек необходимо, исходя из имеющихся в наличии и перспективных грузопотоков конкретного региона, его народнохозяйственных потребностей.

В качестве примера приведем ситуацию с ведущим транспортным предприятием отрасли на Северо-Востоке – ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» («ЛОРП»), которое обеспечивает завоз грузов в Республику Саха (Якутия) и их доставку до устьевых пунктов арктических рек (см. рисунок 1).

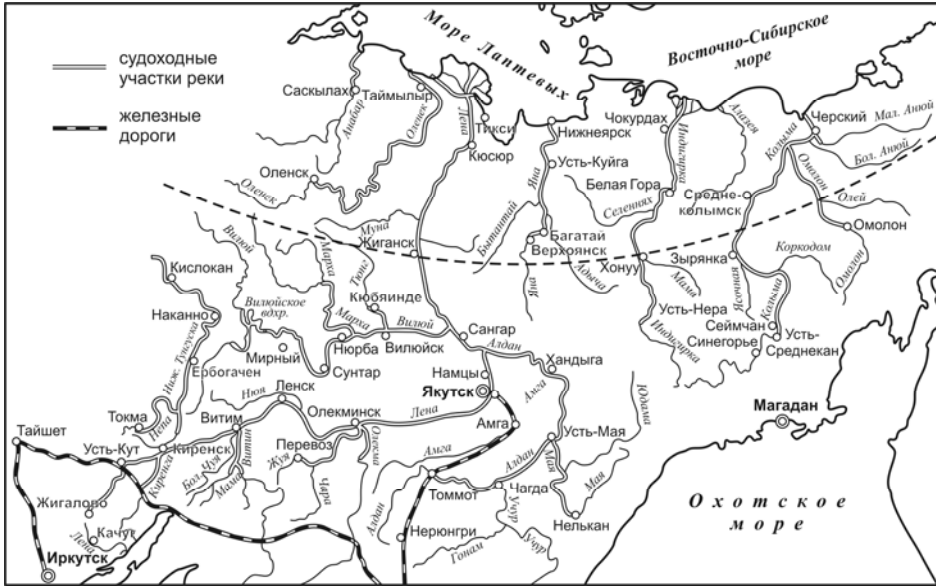


Рис. 1. Схема водных путей северо-востока России
Источник: [12], материалы автора

Современная концепция ССП для «северного» завоза была сформулирована автором следующим образом: «Лена макс» класса – грузовое ССП с полным использованием габаритов судового пути реки Лена от порта Якутск до порта Тикси (включая сезонные изменения осадок от 2,10 до 3,50 м), максимально возможным с позиций обеспечения ходкости коэффициентом общей полноты, повышенной грузоподъемностью при минимально возможной высоте борта; повышенной управляемостью в стесненных условиях и на мелководье за счет использования полноповоротных винто-рулевых колонок; обоснованной эксплуатационной надежностью конструкций судового корпуса при оптимальной металлоемкости последнего.

Но ССП с рабочими осадками от 2,10 до 3,50 м не могут обеспечить перевозки на всем диапазоне внутренних водных путей. Их работа эффективна (на примере Якутии) от Якутска и ниже по течению, с переходами по Северному морскому пути от Таймыра до Чукотки. Для обеспечения «северного» завоза на участках от Усть-Кута до Якутска, на «боковые» реки, а также через бары рек, впадающих в Северный Ледовитый океан (Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленек, Хатанга) требуются транспортные средства с рабочими осадками около 1,40-1,80 м. Такие суда, как правило, имеют небольшую грузоподъемность (600-1000 тонн) и при этом, как правило, с целью снижения массы судна порожнем, получают классы Российского Речного Регистра не выше «О» (т.е. без выхода в море).

Таким образом, выбор основных элементов танкера смешанного река-море плавания **определяется путевыми условиями** и стратегией будущего судовладельца, его позицией на рынке, приверженностью к тем или иным направлениям перевозок и типам грузов. В отличие от сухогрузных судов для танкеров, как правило, наиболее актуальным являются решения, обеспечивающие в заданных условиях **максимальную** грузоподъемность.

Анализ подобных альтернатив позволил выстроить параметрический ряд нефтеналивных ССП, объективно востребованных отечественными судовладельцами и на его основе разработать в Морском Инженерном Бюро проекты новых судов.

Версия такой линейки новых проектов дана в таблице 1. В состав данной сетки проектов входят востребованные на современном российском рынке следующие основные классы нефтеналивных ССП (причем, как самоходных, так и составных – барже-буксирных составов):

- «Волго-Балт макс»-класс, габаритные размеры которого определяются путевыми условиями Волго-Балтийского водного пути (ВБВП), в основном радиусами поворота и размерами рабочих камер шлюзов ВБВП, и имеет максимально возможную для характеристической в реке осадки 3,60 м грузоподъемность 5000-6000 т. Габариты и повышенная управляемость за счет полноповоротных винто-рулевых колонок и подруливающих устройств позволяют работать по Волге, вплоть до Астрахани;

- «Волго-Дон макс»-класс, который определяется габаритными размерами шлюзов ВДСК и имеет максимально возможную для характеристической в реке осадки 3,60 м грузоподъемность 4200-5500 т (нижнее значение относится к классам РС R1 и ББС, верхнее – к классам РРР «М-ПР 2,5»). Судно «Волго-Дон макс» класса может эксплуатироваться на линиях судов «Волго-Балт макс» класса;

- «ББК макс»-класс, размеры которого определяются путевыми условиями Беломорско-Балтийского канала (ББК) и имеет максимально возможную для характеристической в реке осадки 3,60 м грузоподъемность 2700-3000 т. Предполагает эксплуатацию на линиях, соединяющих речные поры и порт Беломорск через Беломорско-Балтийский канал, с возможностью выхода в Белое море. Судно «ББК макс» класса может эксплуатироваться на линиях судов «Волго-Балт макс» и «Волго-Дон макс» классов;

- «Лена»-класс, габаритные размеры которого определяются путевыми условиями реки Лена, а также путевыми условиями от возможного завода-строителя до выхода в море (например, от волжских верфей через ВБВП).








В рамках основных классов есть варианты по классам РС и РРР – R1, R2, R2-RSN, R3-RSN, «М-СП», «М-ПР» и «О-ПР», а также составные суда (ББС) под существующие толкачи типа «ОТ-2000» и под перспективные толкачи меньшей длины, под сцепы «речного» типа и под сцепы «морского» типа.

Таблиця 1

Основные типоразмеры нефтеналивных СОРП, спроектированных Морским Инженерным Бюро

Отличительная особенность класса судна, номер проекта Морского Инженерного Бюро	Вид сбоку (см. табл. 2)	Габаритные длина x ширина x высота борта, м	Дельтейт при максимально й осадке, т	Дельтейт при характеристической осадке, т	Дельтейт при осадке 3,60 м, т (в реке)	Объем грузовых танков, м ³	Класс Регистра
1	2	3	4	5	6	7	8
«Волго-Балт макс» класс, барже буксирный состав							
Баржа 005КОВ04+ толкач 2000РТ01, сцеп типа О-200	1	151,80×16,80×5,00	5132 (3,52 м, море)	5132 (3,60 м)	5132	5780	Баржа М-ПР 2.5 (лед) несамоходное нефтеналивное судно, толкач М-ПР 2.5 (лед) А
«Волго-Балт макс» класс							
005RST05	2	150,0×16,70×6,00	6100	6100 (3,60 м)	6100	7787	М-ПР 2.5 (лед) А
«Волго-Дон макс» класс, барже-буксирные составы							
Баржа КОВ07+ толкач типа «ОТ-2000», сцеп типа О-200	3	144,83×16,80×5,00	4403 (3,60 м, море)	4513 (3,60 м)	4513	4670	Баржа КЕ R3-RSN Oil tanker (ESP), толкач М-ПР 2.5 (лед) А или КМ R3-RSN tug (толкачи после реклассификации)
Баржа 004КОВ05+ толкач типа «ОТ-2000», сцеп типа О-200	4	142,60×16,70×5,00	4324 (3,60 м, море)	4432 (3,60 м)	4432	4620	Баржа К R3-RSN oil sampler (ESP), толкач М-ПР 2.5 (лед) А или КМ R3-RSN tug (толкачи «Палмалн» после реклассификации)



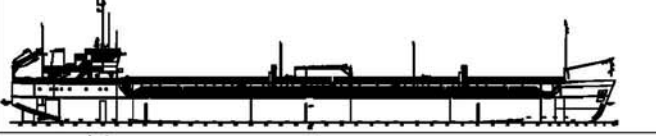

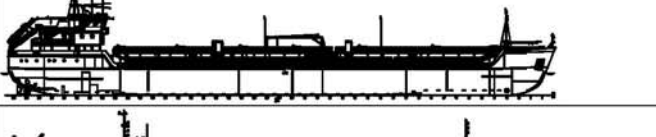

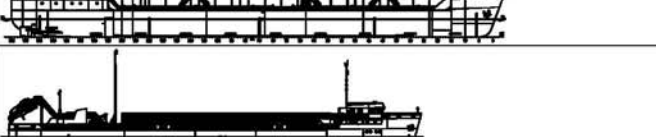

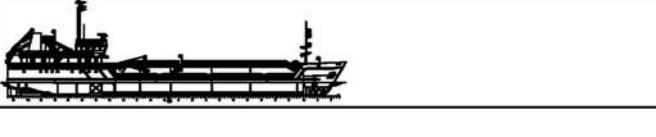

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8
«Волго-Дон макс» класс							
RST27	5	140,85×16,70×6,00	7030 (4,20 м)	5428 (3,60 м)	5428	8274	KM  Ice 1 R2 AUT1-JCS OMBO VCS ECO-S Oil tanker (ESP)
RST25	8	139,99×16,60×5,50	6703 (4,175 м)	5222 (3,60 м)	5222	6990	KM  Ice 1 R2-RSN AUT1- ICS VCS ECO BWM OMBO Oil tanker (ESP)
RST22M	9	139,95×16,60×6,00	7103 (4,599 м)	4706 (3,60 м)	4706	7833	KM  Ice 1 R2 AUT1-JCS VCS ECO-S BWM OMBO Oil tanker / chemical tanker type 2 (vegetable oil) (ESP)
RST22	10	139,95×16,60×6,00	7073 (4,599 м)	4676 (3,60 м)	4676	7833	KM  Ice2 R2 AUT1 ECO- S OMBO oil/chemical tanker type 2 (vegetable oil) (ESP)
005RST01	11	138,70×16,50×6,00	6444 (4,298 м)	4726 (3,60 м)	4726	7196	KM  Ice1  R2 AUT1 oil/chemical tanker type 2 (vegetable oil) (ESP)
RST11	12	131,64×16,50×5,50	6586 (4,477 м)	4677 (3,60 м)	4677	7042	 M-СП3.5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
	«Волга-Дон макс» класс, судно устьвого типа с пониженым наводным габаритом						
СР1002	7	139,99×17,00×5,00	5525 (3,52 м)	5522 (3,60 м)	5522	6280	М-ПР 2.5 А
	«Волго-Дон макс» класс, комбинированное судно						
RST54	6	140,85×16,70×5,00	5615 (3,527 м, море)	5589 (3,60 м)	5589	5653	М-ПР 2.5 (лед 30) А
	«БК макс» класс						
RST05	13	118,87×13,24×5,80	3955 (4,30 м)	2868 (3,60 м)	2868	4427	КМ CRUDE OIL TANKER ESP II E
RST26	14	118,87×13,24×5,80	4560 (4,784 м)	2787 (3,60 м)	2787	5009	КМ Ice 1 R2 oil tanker/chemical tanker type 2 (ESP)
	«Дена» класс						
003RST06	15	108,50×15,22×4,40	3531 (3,50 м, море)	3519 (3,573 м)	-	3859	М-СП 3.5 (лед 30) А
RST17	16	107,85×15,05×5,70	3705 (3,80 м, море)	3415 (3,60 м)	3415	3800	М-ПР 2.5 (лед 30) А
	Танкеры-бункеровщики						
001RST02	19	73,50×10,60×3,70	1168 (2,91 м, море)	1197 (2,91 м, река)	-	1007	КМ R3-RSN oil carrier (>60°C) (ESP)
RST09	17	89,67×12,20×5,80	2708 (4,00 м, море)	2216 (3,60 м, река)	2216	2585	КМ ЛУ1 ПСП нефтеналивное (>60°C) (ОПИ)
RST14	18	89,12×12,20×6,00	2821 (4,18 м, море)	2161 (3,60 м, река)	2161	2236	КМ ПСП нефтеналивное (>60°C) (ОПИ)


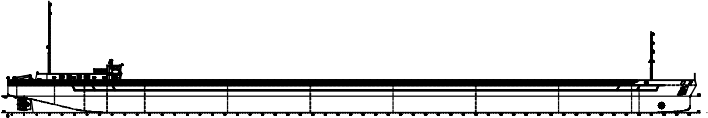
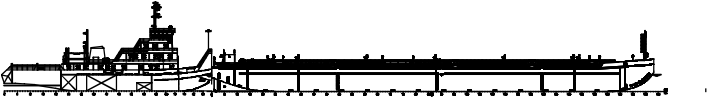

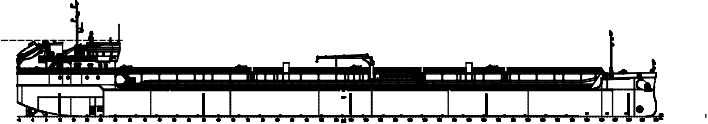

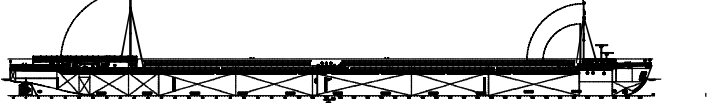
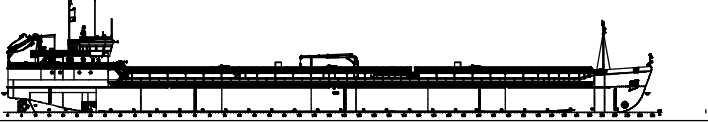
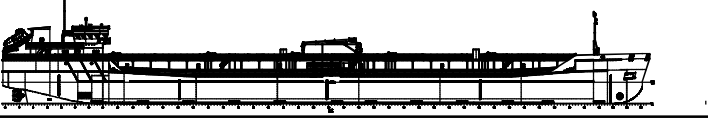
Продолжение табл. 2

№	Проект	Вид сбоку
10.	RST22	
11.	005RST01	
12.	RST11	
13.	RST05	
14.	RST26	
15.	003RST06	
16.	RST17	
17.	RST09	
18.	RST14	
19.	001RST02	

Боковые виды танкеров и нефтеналивных ББС смешанного река-море плавания нового поколения приведены в таблице 2.

Таблица 2

*Схемы общих боковых видов
параметрического ряда нефтеналивных судов МИБ*

№	Проект	Вид сбоку
1	2	3
1.	баржа 005ROB04+ толкач 2000RPT01	
2.	005RST05	
3.	баржа ROB07+ толкач типа «ОТ-2000»	
4.	баржа 004ROB05+ толкач типа «ОТ-2000»	
5.	RST27	
6.	RST54	
7.	CP1002	
8.	RST25	
9.	RST22M	

Важной особенностью новых проектов является наличие избыточного надводного борта для характеристической осадки, что позволяет увеличивать грузоподъемность судов при работе в морских портах, назначая при проектировании минимальный надводный борт.

В дополнение к перечисленным классам судовладельцы заинтересованы в танкерах меньшего дедвейта, как правило, предназначенных для заправки топливом и маслом других судов (бункеровщики) или иных видов наливного груза (растительное масло, этиленгликоль, сточные воды и т.п.).

Суда проектировались по правилам классификации и постройки РС – 10 проектов, PPP – 7 проектов, Польского Регистра – 1 проект, Регистра судоходства Украины – 1 проект.

Шесть проектов соответствуют требованиям R2, три – района R2-RSN, три – района R3-RSN, два – класса M-СП PPP, пять – класса M-ПР PPP.

В пяти проектах (005RST01, RST22, RST22M, RST25, RST27) отсутствует продольная переборка в ДП. Суда имеют шесть грузовых танков.

Девять из девятнадцати разработанных проектов используют в качестве объединенного средства обеспечения движения и управления судном полноповоротные винто-рулевые колонки (ВРК). Все суда двухвальные с винтами фиксированного шага в насадках. Главные двигатели девяти проектов могут работать на тяжелом топливе IFO 180-380. Все главные двигатели, примененные на проектах МИБ, относятся к среднеоборотным дизелям. Эксплуатационная скорость для состояния в полном грузу при 85-90 % использовании МДМ составляет 10,0-12,5 узлов.

За счет применения полноповоротных винто-рулевых колонок была обеспечена повышенная управляемость в стесненных условиях, увеличена длина грузовой зоны, уменьшен примерно на 20 % размер МО, сокращены затраты и необходимое время на монтаж и предполагаемые затраты на ремонт и обслуживание, что наиболее ярко отразилось на сроках постройки судов серии «Армада» в Турции.

Конструкция корпусов двух проектов соответствует ледовой категории РС Ice2 (в старой классификации ЛУ2 или Л3), пять – Ice1 (ранее ЛУ1 или Л4), пять – «Лед 30», остальные ледового класса не имеют.

Пять проектов имеют класс автоматизации. Экипаж составляет 8-14 человек.

Как показано в таблице 3 суда представленной «линейки» Морского Инженерного Бюро строятся на различных верфях в России, Украине, Турции и Болгарии. 78 нефтеналивных судов сданы в 2002-2014 годах в эксплуатацию, 23 судна находятся в постройке, что позволяет сделать вывод о решении поставленной задачи как в теоретическом, так и в практическом плане.

Таблиця 3

Строительство нефтеналивных ССП по проектам МИБ

№	Проект МИБ	Завод-строитель	Сдано	В постройке	Всего заказано
1	Танкер-продуктовоз-химовоз ИМО 3 «Волго-Дон макс» класса 6500 тонн проекта 005RST01 типа «Армада Лидер»	SELAN shipyard (Тузла, Турция) – первых три судна, ADA (верфь Палмали) shipyard (Тузла, Турция)	10		10
2	Многофункциональная природоохранная плавучая станция и танкер-бункеровщик грузоподъемностью 1000 тонн проекта 001RST02 типа «Есо Mariner»	Судоверфь им. Кирова (Астрахань)	1		1
3	Несамоходный танкер-продуктовоз грузоподъемностью 4300 тонн проекта 004ROB05 типа «Палойл»	Волгоградский СЗ	5		5
4	Танкер-продуктовоз дедвейтом 2972 тонн проекта 003RST06	Жатайский СРСЗ, Подгесовская РЭБ	2		2
5	Танкер-продуктовоз дедвейтом 2786 тонн проекта RST06	Севморзавод	2		2
6	Нефтеналивное судно дедвейтом 2720 тонн проекта RST09 типа «Астон»	СЗ «Моряк» (г. Ростов-на-Дону)	3		3
7	Танкер-продуктовоз «Волго-Дон макс» класса с повышенным коэффициентом полноты дедвейтом 7000 тонн проекта RST12	Верфь Армада (Турция)			5
8	Наливное судно для перевозки этиленгликоля, растительных масел и светлых нефтепродуктов дедвейтом 2750 тонн проекта RST14 типа «Роскем»	СЗ «Борремфлот», Бор	2		2

Продолжение табл.3

9	Наливное судно для перевозки этиленгликоля, растительных масел и светлых нефтепродуктов дедвейтом 2700 тонн проекта RST14.03 типа «Роскем-2»	Невский Судостроительный завод, Шлиссельбург	1		1
10	Танкер-продуктовоз-химовоз ИМО 2 «Волго-Дон макс» класса дедвейтом 7008 тонн проекта RST22 типа «Новая Армада»	Красное Сормово	7		7
11	Танкер-продуктовоз-химовоз ИМО 2 «Волго-Дон макс» класса дедвейтом 7100 тонн проекта RST22M типа «Новая Армада»	Верфь Бешикташ (Ялова, Турция), верфь Ярдымджи (Турция), верфь Турктер (Турция), верфь Армада (Турция)	7	7	14
12	Несамоходный танкер-продуктовоз грузоподъемностью 4400 тонн проекта ROB07	Верфь братьев Нобель, Рыбинск		2	2
13	Несамоходный танкер-химовоз грузоподъемностью 1267 тонн проекта ROB17 типа «Нерида» для Северного Каспия	ССЗ им. III Интернационала, Астрахань	1		1
14	Нефтеналивное судно дедвейтом 4000 тонн проекта RST05 типа «Истра»	Судоверфь Дон-Кассенс, Аксай	2		2
15	Нефтеналивное судно дедвейтом 6550 тонн проекта RST11	СЗ "Нефтефлот"		1	1
16	Танкер-продуктовоз-химовоз ИМО 2 дедвейтом 4600 тонн проекта RST26	Херсонский СЗ	1	1	2

Продолжение табл.3

17	Танкер-продуктовоз-2 «Волго-Дон макс» класса дедвейтом 6700 тонн проекта RST25	"Верфь братьев Нобель", Рыбинск, "Зеленодольский завод им. А.М. Горького", Астраханский судостроительный завод "Лотос"	5	2	7
18	Танкер-продуктовоз-химовоз ИМО 2 «Волго-Дон макс» класса с повышенным коэффициентом полноты дедвейтом 7000 тонн проекта RST27 типа «ВФ Танкер»	Красное Сормово, Окская судовой верфь, Херсонский СЗ	28	5	33
19	Танкер-продуктовоз «Волго-Дон макс» класса с повышенным коэффициентом полноты дедвейтом 7100 тонн проекта RST28	Болгария			3
20	Танкер-продуктовоз-химовоз ИМО 2 Ice 2 дедвейтом 4320 тонн проекта ST19	Турция	1		1
21	Комбинированное судно-площадка дедвейтом 5589 тонн с повышенным коэффициентом полноты проекта RST54	Окская судовой верфь		5	10
Итого			78	23	118

Выводы:

1. Выбор основных элементов танкера смешанного река-море плавания **определяется путевыми условиями** и стратегией будущего судовладельца, его позицией на рынке, приверженностью к тем или иным направлениям перевозок и типам грузов. В отличие от сухогрузных судов для танкеров, как правило, наиболее актуальным являются решения, обеспечивающие в заданных условиях **максимальную** грузоподъемность.

2. Общая потребность в танкерах «Волго-Дон макс» класса смешанного река-море плавания оценивается минимум в 100-120 единиц. **Наличие потребности в таком количестве новых судов смешанного плавания создает благоприятные условия для отечественного судостроения.**

ЛІТЕРАТУРА

1. Багаутдинов Р.Д., Егоров Г.В. Концепция танкеров смешанного плавания нового поколения // *Морская Биржа*. – 2012. – № 2 (40). – С. 22-35.
2. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
3. Егоров Г.В. Танкер смешанного река-море плавания дедвейтом 6440 тонн «Армада Лидер» с винто-рулевыми колонками // *Вісник ОНМУ*. – Одеса: ОНМУ, 2003. – Вип. 12. – С. 3-19.
4. Егоров Г.В. Выбор главных элементов сухогрузных и нефтеналивных судов смешанного «река-море» плавания // *Судостроение*. – 2004. – № 6. – С.10-16.
5. Егоров Г.В. Выбор основных параметров корпусов судов смешанного плавания для «северного завоза» // *Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова*. – 2010. – № 55 (339). – С. 47-56.
6. Егоров Г.В. Перевозки отечественным водным транспортом, состояние речного флота и перспективы нового судостроения // *Морская Биржа*. – 2010. – № 4 (34). – С. 20-26.
7. Егоров Г.В. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Ленского бассейна // *Проблемы техники*. – 2010. – № 3. – С. 3-22.
8. Егоров Г.В. Танкеры смешанного река-море плавания. Перспективы существующего флота // *Вісник ОНМУ*. – Одеса: ОНМУ, 2011. – Вип. 33. – С. 47-62.
9. Егоров Г.В. О возможности создания судна смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты // *Труды Крыловского государственного научного центра*. – 2013. – № 3 (2013). – С. 6-14.
10. 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.
11. Егоров Г.В., Исупов Ю.И., Ильницкий И.А. Танкер смешанного «река-море» плавания типа «Новая Армада» // *Судостроение*. – 2008. – № 4. – С. 23-29.
12. Егоров Г.В., Исупов Ю.И., Ильницкий И.А. Нефтеналивные баржи смешанного «река-море» плавания грузоподъемностью 4320 т // *Судостроение*. – 2009. – № 4. – С. 19-22.

13. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Енисейского бассейна // Проблемы техники. – 2010. – № 4. – С. 3-19.
14. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Западно-Сибирского региона // Проблемы техники. – 2011. – № 1. – С. 68-89.
15. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Серия из двадцати семи «сверхполных» танкеров проекта RST27 // Судостроение. – 2013. – № 6. – С. 24-31.
16. Егоров Г.В., Тонюк В.И., Дурнев Е.Ю. Танкер смешанного река-море плавания пр. RST25 дедевейтом в реке/в море 5220/6700 тонн // Судостроение и судоремонт. – 2014. – № 59. – С. 16-29.

Стаття надійшла до редакції 21.10.2014

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 621.879.443(262.5): 629.563.424(262.5)

С.В. Сауляк

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОЧЕРПАКОВЫХ ЗЕМСНАРЯДОВ В ЧЕРНОМОРСКО-АЗОВСКОМ БАССЕЙНЕ

Выполнен анализ состояния и перспектив применения многочерпаковых земснарядов в Черноморско-Азовском бассейне, для проведения дноуглубительных работ.

Ключевые слова: многочерпаковый земснаряд, Черноморско-Азовский бассейн, дноуглубительные работы, порт, акватория.

Виконано аналіз стану і перспектив застосування багаточерпак-ових земснарядів в Чорноморсько-Азовському басейні, для проведення днопоглиблювальних робіт.

Ключові слова: багаточерпаковий земснаряд, Чорноморсько-Азовський басейн, днопоглиблювальні роботи, порт, акваторія.

The analysis of the state of and prospects for bucket dredger in the Black and Azov basin, for dredging.

Keywords: dredger, the Black Sea-Azov basin, dredging, port waters.

Постановка проблемы. На сегодняшний день для нормального функционирования портов Черноморско-Азовского бассейна на их акваториях и подходных каналах к ним, необходимо выполнять капитальные и ремонтные дноуглубительные работы. Эти работы всегда выполнялись при помощи технического флота различных дноуглубительных компаний, в состав, которого входят самоотвозные землесосы и многочерпаковые земснаряды (МЗС).

Целью работы является проведение анализа состояния и перспектив применения многочерпаковых земснарядов в Черноморско-Азовском бассейне для проведения дноуглубительных работ.

Изложение основного материала. Основной функцией дноуглубительного флота является проведение дноуглубительных работ для изменения поверхности дна водоема и поддержания акваторий портов и каналов в состоянии пригодном для судоходства.

Дноуглубительные работы на морских подходных каналах и на акваториях портов выполняют в разнообразных гидрометеорологических условиях на различных грунтах: скальных, связных и несвязных.

Технологический процесс дноуглубительных работ можно разделить на четыре операции [1]:

- отделение грунта от дна водоема;
- подъем грунта из воды;
- перемещение грунта от снаряда к месту свалки;
- выгрузка грунта на месте свалки.

Грунт от дна водоема в основном отделяют двумя способами:

– гидравлическим, в этом случае наклонная струя воды, размывающая массив грунта, обрушивает его вниз котлована;

– механическим, в этом случае грунт от массива отделяет ножевой или ковшовый рабочий орган земснаряда путем резания, откола и т. п. Кроме того, грунт можно отделять взрывным способом, что характерно при разработке скальных пород.

Отделенный от дна водоема грунт может быть поднят либо гидравлическим, либо механическим способом. При первом способе подъема грунт в смеси с водой поднимается по всасывающей трубе грунтового насоса, а иногда (если насос установлен ниже уровня воды, т. е. так называемый погружной насос) и по нагнетательной трубе, при втором грунт поднимают черпаки (один или несколько) до уровня сброса, а оттуда он поступает для дальнейшей транспортировки к месту складирования или переработки.

По дальности транспортирования извлеченного грунта к месту укладки, навигационных условий и ряду других факторов различают:

– гидротранспортирование грунта в виде водогрунтовой смеси (пульпы) по плавучим или подвесным грунтопроводам;

– гидромониторный способ отвода грунта в виде пульпы через коническую насадку;

– транспортирование грунта в грунтоотвозных шаландах;

– транспортирование грунта по наклонным лоткам (лонгкулаурам);

– транспортерный способ (по ленточным транспортерам);

– транспортирование грунта в трюмах земснаряда – самоотвозной способ.

При небольших расстояниях до места укладки (складирования) транспортирование грунта может быть осуществлено непосредственно грунтозаборным органом земснаряда.

Все перечисленные выше дноуглубительные работы могут производиться только с помощью дноуглубительных снарядов.

В разное время, начиная с двадцатых годов прошлого столетия и по сегодняшний день, практически по всему побережью Черного и Азовского морей проводились и проводятся дноуглубительные работы по капитальному строительству портов, подчистке подходных каналов и фарватеров земснарядами дноуглубительных компаний.

В последние годы на взморье Килийской дельты для прохода крупных судов в Дунай, минуя Сулинский рукав (Румыния), Украиной построен и продолжает совершенствоваться судовой ход Дунай-Черное море через рукав Быстрый.

В таблице 1 приведены размеры основных подходных каналов Черноморско-Азовского бассейна [2].

В настоящее время необходима реконструкция Днепро-Бугского подходного канала морского торгового порта Николаев – для обеспечения безопасной проводки судов, которые обрабатываются в порту, и исключения аварийных происшествий. А также приведения ширины подходного канала порта Николаев в соответствие с шириной Бугско-Днепровского лиманского канала с учетом анализа количества обработанных крупнотоннажных судов типа «Панамакс».

Таблица 1

*Морфометрические характеристики подходных каналов
Черноморско-Азовского бассейна*

Наименование канала	Морфометрические показатели		
	длина, км	ширина, м	глубина, м
1	2	3	4
Бугско-Днепровско-Лиманский или Николаевский морской подходной канал	81,5	100	10,0
Херсонский канал (по Днепровскому лиману, реке Рвач, рукаву Ольховский Днепр и собственно Днепру)	39,5	100	8,0
Судоходные каналы портов Варны	30,0	100	14,0
Подходной канал Мариупольского порта	27,8	100	12,0
Керчь-Еникальский канал	24,3	120	10,0
Подходной канал Бердянского порта	20,0	90	8,5
Днестровский морской и Днестровско-Лиманский каналы	19,7	60	4,5
Подходной канал Таганрогского порта	19,0	90	5,0
Азово-Донской морской канал	15,0	70	4,5
Сулинский подходной канал	7,5	100	9,5
Подходной канал Березанского лимана	6,8	100	2,5
Подходные каналы Одесского порта (3)	6,5	100	16,0
Судоходный канал в Григорьевском лимане	6,5	170	16,0
Подходной канал порта Хорлы	6,0	50	5,0
Подходной канал порта Очаков	5,0	100	8,0
Судоходный канал в Сухом лимане	5,0	170	13,0
Подходной канал порта Южный	4,0	200	16,0
Судовой ход Дунай-Черное море (рукав Быстрый)	3,2	170	8,0
Подходной канал порта Констанца	2,9	170	18,0
Донузлавский входной канал	2,6	120	10,0
Подходной канал Ильичевского порта	2,2	180	14,0
Подходной канал Скадовского порта	2,2	50	8,0
Подходной канал порта Ейск	2,2	70	4,5
Подходной канал порта Темрюк	2,2	70	4,5
Подходной канал порта Бургас	2,0	170	15,0
Подходной канал порта Керчь	2,0	180	8,0

Продолжение табл. 1

Наименование канала	Морфометрические показатели		
	длина, км	ширина, м	глубина, м
1	2	3	4
Подходной канал Керченского рыбного порта	2,0	50	8,0
Подходной канал порта Аршинцево	2,0	150	8,0
Подходной канал порта Поти	1,4	100	10,0
Канал Большая Севастопольская бухта-устье реки Черной	1,0	45	5,0
Подходной канал Гениченского порта	1,0	60	4,5
Подходной канал порта Туапсе	0,5	120	13,5
Подходной канал порта Сочи	0,5	100	9,0

Тем более, что о своих планах развития заявили три порта так называемой большой Одессы (Одесский, Ильичевский и Южный).

Одесский и Ильичевский порты хотят довести глубины у кордонов своих причалов и на подходных каналах до 17 метров. Порт Южный хочет довести глубины у кордонов своих причалов и на подходном канале до 21 метра.

Из вышесказанного следует, что в процессе эксплуатации портового хозяйства Черноморско-Азовского бассейна функция дноуглубительного флота является незаменимой, так как для поддержания глубин у причалов портов, и обустройстве подходных каналов к ним привлекаются земснаряды.

Поэтому для нормального поддержания глубин у причалов и на подходных каналах необходимо наличие земснарядов разного типа, способных выполнять дноуглубительные работы.

О современном состоянии дноуглубительного флота Черноморско-Азовского бассейна можно судить по данным таблицы 2, в которой приведены технические параметры земснарядов иностранных и отечественных судоходных дноуглубительных компаний ОАО «Черномортехфлот» и «ЧерноморАзморпуть», и составляют основу технического флота этих компаний.

Количественное соотношение земснарядов представлено на рисунке 1.

Из шестнадцати земснарядов пять являются самоотвозными землесосами, предназначенными для выполнения ремонтных дноуглубительных работ. Остальные многочерпаковыми земснарядами, предназначенными для выполнения капитальных дноуглубительных работ.

Два из одиннадцати МЗС выбыли из строя при проведении дноуглубительных работ в порту Поти.

Оставшиеся девять земснарядов представляют собой шаландовые МЗС двух типов по расположению черпаковой прорези в корпусе снаряда.

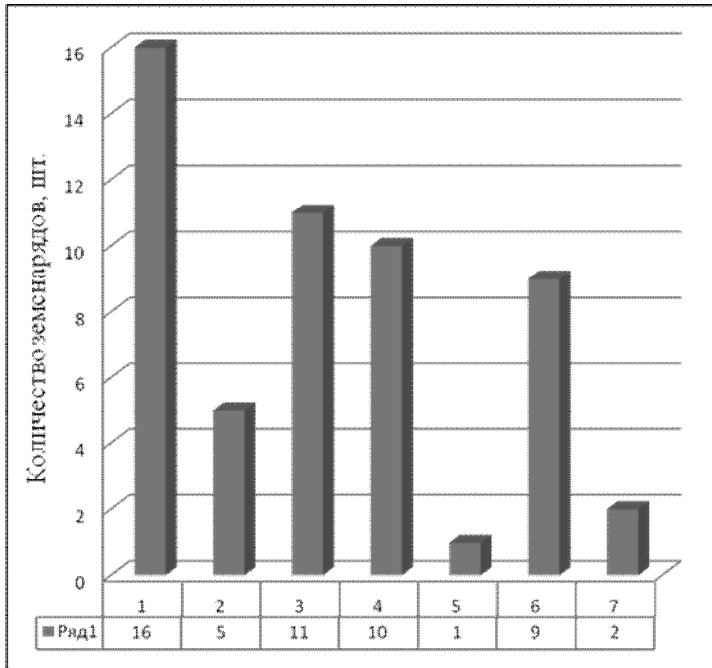


Рис. 1. Количественное соотношение земснарядов:

1 – общее количество земснарядов; 2 – число самоотвозных землесосов; 3 – число шаландовых многочерпаковых земснарядов; 4 – число шаландовых многочерпаковых земснарядов с кормовым расположением черпаковой прорези; 5 – число шаландовых многочерпаковых земснарядов с носовым расположением черпаковой прорези; 6 – число шаландовых многочерпаковых земснарядов, находящихся в строю; 7 – число шаландовых многочерпаковых земснарядов, выбывших из строя

Нижче описані два принципіально відмінних за архітектурно-конструктивному типу і розташуванню черпакової прорізи, многочерпакових земснарядів, які успішно експлуатуються на Чорноморсько-Азовському басейні і становлять основу технічного флоту.

Самохідний дизель-електричний МЗС «Багермейстер Федоренко» (рисунок 2) призначений для виробництва дноуглубительних робіт в портах і на морських акваторіях, не захищених від хвилювання.

Район плавання – обмежений II, перегоны – обмежений I. Автономність плавання 33 суток.

В таблиці 3 наведені технічні параметри земснаряду «Багермейстер Федоренко».

Таблиця 2

Технические параметры земснарядов

Название земснаряда	Тип	Главные размерения			Год постройки
		длина, L, м	ширина судна, В, м	высота судна, D, м	
«Азовское море»	СЗ	92,70	16,00	7,30	1986
«Арабатский»	СЗ	82,07	13,72	5,18	1966
«Багермейстер Федоренко»	ШМЗ ¹	65,70	14,00	5,10	1970
«Виктор Лекарев»	ШМЗ ²	70,88	14,40	5,20	1984
«Дунай»	ШМЗ ²	66,72	12,80	5,20	1975
«Кинбурн»	ШМЗ ²	47,72	9,00	3,30	1969
«Кинбурнский»	СЗ	70,42	13,50	6,00	1978
«Куяльник»	ШМЗ ²	54,76	13,50	4,50	1977
«Лаувер»	ШМЗ ²	59,00	17,50	3,50	1990
«Майкан»	ШМЗ ²	68,22	12,00	4,50	1976
«Невский – 1»	СЗ	99,50	14,80	4,30	1980
«Рион»	ШМЗ ²	66,00	12,80	5,20	1975
«Скадовск»	ШМЗ ²	70,88	14,40	5,20	1984
«Тилигульский»	ШМЗ ²	75,44	15,10	5,60	1985
«Цюрупинск»	ШМЗ ²	66,72	12,80	5,20	1975
«Черное море»	СЗ	87,23	16,00	7,30	1964

Примечание: СЗ – самоотвозный землесос; ШМЗ – шаландовый многочерпаковый земснаряд; 1 – носовое расположение черпаковой прорези; 2 – кормовое расположение черпаковой прорези.

Судно имеет главный дизель-генератор MAN G 8V30/45 мощностью 1030 кВт, два генератора постоянного и один – переменного тока, один гребной электродвигатель, дизель-генератор 6ЧН 25/34-2 и котел.

Рабочее устройство расположено в носовой части судна. Длина черпаковой рамы 39,46 м, а максимальная глубина черпания – 20 м. Установка и рабочее перемещение земснаряда, а также подъем черпаковой рамы осуществляется с помощью лебедок. Мощность черпакового привода – 500 кВт.

На судне установлен подъемный кран грузоподъемностью 5/3,2 т.

Производительность земснаряда от 80 до 1050 м³/ч в зависимости от группы грунта.

Самоходный дизель-электрический многочерпаковый шаландовый земснаряд «Дунай» (рисунок 3) предназначен для производства дноуглубительных работ в портах и на морских акваториях, не защищенных от волнения, а также прорытия каналов в сухом берегу.

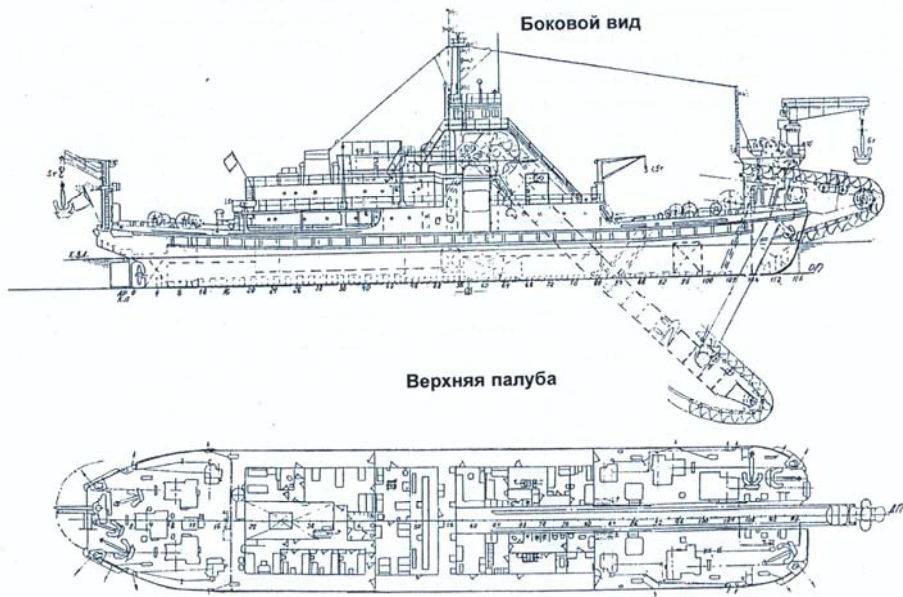


Рис. 2. Самоходный дизель-электрический многочерпаковый шаландовый земснаряд типа «Багермейстер Федоренко»

Таблица 3

Технические параметры снаряда «Багермейстер Федоренко»

Длина наибольшая, м	74,10
Ширина, м	14,00
Высота борта, м	5,10
Осадка судна в полном грузу, м	3,11
Класс РМРС	КМ★ Arc4R2
Водоизмещение судна в полном грузу, т	2223
Дедвейт, т	336
Экипаж, чел.	30
Скорость хода, узлы	7,8

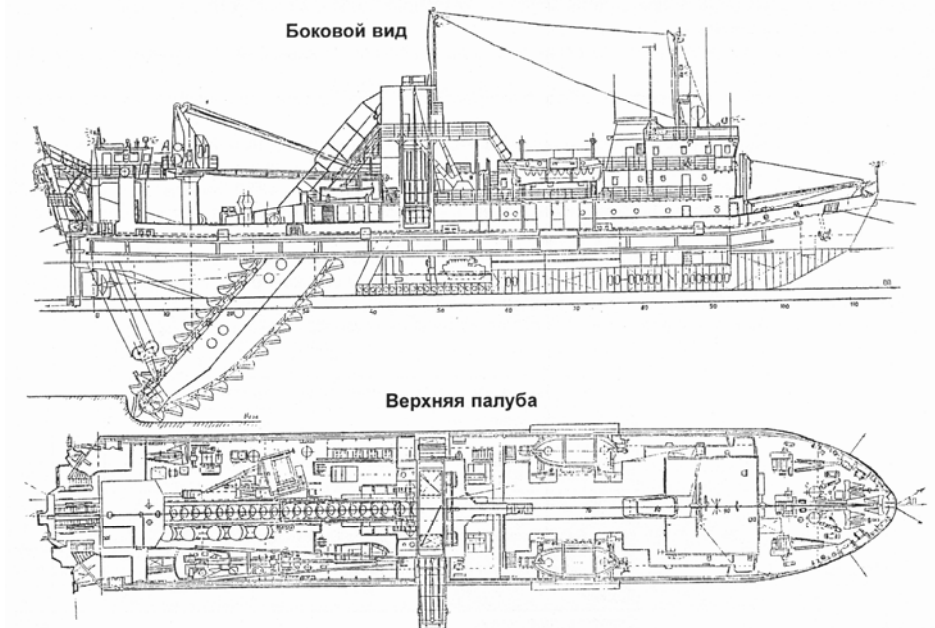


Рис. 3. Самоходный дизель-электрический многочерпаковый шаландовый земснаряд типа «Дунай»

Район плавания – ограниченный I, морские переходы – неограниченный район. Автономность плавания 30 суток.

В таблице 4 приведены технические параметры земснаряда «Дунай».

На судне установлены два гребных винта фиксированного шага; два балансирующих руля и две электрогидравлические рулевые машины.

Таблица 4

Технические параметры земснаряда «Дунай»

Длина наибольшая, м	71,09
Ширина, м	12,80
Высота борта, м	5,20
Осадка судна в полном грузу, м	3,85
Класс РМРС	КМ★ Arc6 R1AUT2
Водоизмещение судна в полном грузу, т	2586
Дедвейт, т	716
Скорость хода, узлы	8,7

Судно имеет два главных дизель-генераторных агрегата (дизель 8NVD 48A2, генератор GGES 1316-42) мощностью 970 кВт, аварийный дизель-генератор, два гребных электродвигателя GMFS 1316-32 и котел.

Рабочее устройство расположено в кормовой части судна. Длина черпаковой рамы 38 м, глубина черпания 18 – 24 м. Установка и рабочее перемещение земснаряда, а также опускание черпаковой рамы осуществляется с помощью лебедок. Мощность черпакового привода 460 кВт.

На судне установлен полноповоротный электрический кран грузоподъемностью 5/3,2 т.

Производительность земснаряда от 80 до 750 м³/ч в зависимости от группы грунта.

Выводы. В статье проанализирован флот земснарядов, работающих в Черноморско-Азовском бассейне, как по техническим параметрам, так и по предельному возрасту их эксплуатации. Большая часть существующих судов может быть признана морально устаревшими и имеющими предельную стадию физического износа корпуса и механизмов. Для дальнейшего поддержания в нормальном состоянии подходов каналов на акваториях портов Черноморско-Азовского бассейна необходимо проведение исследований, направленных на определение перспективных типов земснарядов, способных выполнять необходимые дноуглубительные работы, а также на формирование требований к техническим характеристикам этих судов.

Анализ особенностей функционирования многочерпаковых земснарядов в процессе дноуглубления выявил их неоспоримые преимущества по сравнению с самоотвозными землесосами:

- производительность многочерпаковых земснарядов меньше зависит от изменения грунтовых условий, так как грунтоотделение выполняется механическим способом. Некоторые преимущества дает этим земснарядам шаландовый способ удаления грунта при определенных условиях (транспортирование грунта на большие расстояния);

- возможность работы в условиях ветро-волнового режима, когда нельзя использовать плавучие грунтопроводы);

- рабочие устройства этих земснарядов меньше, чем у землесосов, подвержены износу, что обеспечивает стабильность технических характеристик на протяжении навигации;

- с точки зрения экологии производства дноуглубительных работ земснаряды меньше наносят вред акватории по сравнению с землесосами.

Все это обуславливает эффективность их применения на многих объектах дноуглубления Черноморско-Азовского бассейна.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бородулин Я.Ф., Сущенко Б.Н. Дноуглубительный флот и дноуглубительные работы. – М.: Транспорт, 1973.
2. Виноградов А.К., Богатова Ю.И., Синегуб И.А. Подходные каналы и их значение в функционировании экосистем акваторий морских портов // Екологічні проблеми Чорного моря. – Одеса: ЦНТЕПІ, 2012. – С.34-47.
3. Лоція Чорного та Азовських морів на воді України. – К., 2005.
4. Регістрова книга суден. – К., 2012.
5. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. Российский Морской Регистр Судоходства. – СПб., 2014.
6. Спитковский М.И. Суда технического и вспомогательного флота. – М.: Транспорт, 1965.
7. Техническая инструкция по производству морских дноуглубительных работ. – М.: Реклабюро ММФ, 1970.
8. Фрейлих Г.З., Иог Г.Н. Дноуглубительный флот. – М.: Транспорт, 1964.

Стаття надійшла до редакції 04.08.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та проектування суден 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 **А.Я. Король**

УДК 629

Ю.М. Ларкин, А.Ф. Онищенко

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГАЗО-И ХИМОВОЗОВ

Рассмотрены способы и условия морских перевозок сжиженных газов наливом, основные типы конструкций и расположения грузовых танков газозовов, применяемые материалы. Приведены характеристики (соответствующие давления, температуры, удельный вес) некоторых транспортируемых газов. Представлены характерные чертежи общего расположения. Приведена классификация судов для перевозки опасных грузов, попадающих под действие Кодекса по химовозам.

Ключевые слова: сжиженные газы, характеристики газов, условия транспортировка наливом, конструкции газозовов, типы химовозов.

Розглянуто способи й умови морських перевезень зріджених газів наливом, основні типи конструкцій і розташування вантажних танків газозовів, застосовувані матеріали. Наведено характеристики (відповідні тиски, температури, питома вага) деяких газів, що транспортують. Представлено характерні креслення загального розташування. Наведено класифікацію суден для перевезення небезпечних вантажів, що попадають під дію Кодексу по химовозам.

Ключові слова: зріджені газу, характеристики газів, умови транспортування наливом, конструкції газозовів, типи химовозів.

Ways and conditions of sea transportations liquefied gases in bulk, the basic types of designs and an arrangement of cargo tanks of LNG carrier, used materials are consider. Characteristics (corresponding pressure, temperatures, relative density) some transported gases are present. Typical the general arrangement are present. Classification of vessels for transportation the dangerous cargoes to come under action of the Code on chemical carrier is present.

Keywords: liquefied gases, characteristics of gases, conditions transportation in bulk, designs of LNG ships, chemical carrier types.

Морские перевозки сжиженных газов наливом ведутся примерно с 50-х годов XX-го столетия. Первые Правила классификации и постройки судов для их перевозки были опубликованы в 60-х годах того же столетия. В 80-е годы уже были введены в эксплуатацию газозовы вместимостью более 100 тыс. м³ сжиженного газа.

В настоящее время построены суда емкостью танков почти 180000 м³ и публикуются сообщения о проектах газозовов вместимостью 200000 м³ и более.

Кроме специализированных судов только для перевозки сжиженных газов в реальной практике существуют газозовы, имеющие возможность перевозить жидкие химические (и нередко опасные) грузы, харак-

© Ларкин Ю.М., Онищенко А.Ф., 2014

теризующиеся пределами давления испарения не превышающего 2,8 бар (40,6 psi) при температуре 37,8 градусов Цельсия (100 °F) [1].

Проектируют и строят суда-химовозы и комбинированные, например, нефтехимовозы. Сжижение газов, с критической температурой выше окружающей среды, (например, аммиак, хлор) осуществляется сжатием их компрессором с последующей конденсацией в теплообменниках, охлаждаемых морской водой или холодильным рассолом, кстати аммиак впервые был сжижен в 1792 г. Часто для сжижения применяются т.н. холодильные циклы, основанные на дросселировании сжатого газа (использование эффекта Джоуля-Томпсона), на расширении сжатого газа с производством внешней работы в детандере на расширении сжатого газа из постоянного объема без совершения внешней работы (метод теплового насоса) и т.п.

В настоящее время любой газ при соответствующем его охлаждении или сжатии может быть сжижен. Температура сжижения определяется давлением, под которым находится газ, но она всегда ниже критической. Охлаждение газа ниже $T_{кр}$ необходимо т.к. при температуре выше $T_{кр}$ жидкость существовать не может.

Сжиженные газы рассматриваются как грузы с давлением испарения около 2,75-2,80 бар при температуре 37,8 °С. При температуре ниже этой критической газ может перевозиться в жидком состоянии соответственно его давлению испарения при температуре перевозки.

Соответствующие температуры и давления некоторых транспортируемых газов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Критическое давление, кг/см ²	Критическая температура, °С	Температура кипения °С,	Удельный вес в точке кипения, кг/м ³	Плотность паров воздуха
Ангидрид аммония NH ₃	111,5	132,4	- 33,4	68	0,60
Бутан C ₄ H ₁₀	37,7	152	- 0,50	600	2,01
Хлор Cl ₂	78,6	144	- 34	1560	2,49
Этан C ₂ H ₆	49,8	32,1	- 88,6	549	1,052
Этилхлорид C ₂ H ₃ Cl	54,3	187,2	12,4	920	2,22
Этилен C ₂ H ₄	51,5	9,5	- 104	570	0,97
Этиленоксид C ₂ H ₄ O	75,8	195,7	- 10,7	870	1,52
Диоксид серы SO ₂	77,8	157,3	- 10,0	141.6	2,26
Метан CH ₄	45,6	- 82,5	- 161,5	420	0,55
Азот N ₂	35,5	- 147,0	- 195,8	808	0,97
Пропан C ₃ H ₈	43,4	96,8	- 42,3	580	1,56
Пропилен C ₃ H ₆	46,5	92,1	- 47,7	610	1,50

Оксид пропилена C_3H_6O	50,2	209	34,5	860	2,00
Винилхлорид C_2H_3Cl	53,9	158,4	- 13,9	970	2,152

Примечание: при сравнении данных по газам, приведенных в Правилах Бюро Веритас, справочниках по химии и отдельным публикациям обнаружены небольшие колебания значений. Число данных таблицы 1 ограничено по соображениям отбора с меньшими колебаниями значений.

Если критическая температура транспортируемого газа выше температуры окружающей среды существуют следующие возможности перевозки:

- под полным давлением при температуре окружающей среды;
- под охлаждением до температуры между температурой окружающей среды и критической температурой газа при атмосферном давлении, т.е. «частично под охлаждением» или «частично под давлением»;
- «полностью под охлаждением» при давлении около атмосферного.

Сжиженные газы LNG (метан CH_4) и этилен (C_2H_4) имеющие критическую температуру $- 82,5^{\circ}C$ и $9,90^{\circ}C$ соответственно могут нормально перевозиться в охлажденном состоянии при атмосферном давлении.

Сжиженные газы LPG аммиак (NH_3) и винилхлорид (C_2H_3Cl) имеют критическую температуру выше температуры окружающей среды ($NH_3 - t = 132,4^{\circ}C$; $- t = 158,4^{\circ}C$) и могут перевозиться как полностью охлажденными так и полностью под давлением.

Нормальными грузами для газозовов являются опасные химикалии, имеющие давление испарения между 1 баром и 2,75 барами при температуре $37,8^{\circ}C$. Некоторые из этих грузов перечислены в Газовом кодексе (IGC) [3] и в кодексе по химовозам (IBC) [4].

Для перевозки LPG и химических газов (NH_3 и летучие химикалии) на практике существуют разные возможности:

- Судовые цистерны под давлением.

Обычно эти танки оборудованы изоляцией и обслуживаются рефрижераторной установкой. Применение танков без изоляции и рефрижераторной установки возможно под давлением равным давлению испарения груза при температуре около $45^{\circ}C$, например, для чистого пропана такое давление составляет 14,8 бар выше атмосферного давления. С учетом небольших фракций этана в коммерческом пропане давление в танках обычно доводят до 17-18 бар. Давление в танках для аммиака при $45^{\circ}C$ без охлаждения обычно составляет 16,8 бар.

Применение танков без изоляции и рефрижераторной установки возможно под давлением равным давлению испарения груза при температуре около $45^{\circ}C$, например, для чистого пропана такое давление составляет 14,8 бар выше атмосферного давления. С учетом небольших фракций этана в коммерческом пропане давление в танках обычно доводят до 17-18 бар. Давление в танках для аммиака при $45^{\circ}C$ без охлаждения обычно составляет 16,8 бар.

– Независимые призматические и сферические танки (метановозы LNG).

Такие танки всегда изолированы, оборудованы охлаждением и поддерживают груз вблизи атмосферного давления.

Расчетное минимальное давление для охлаждаемых танков P_0 задается формулой Правил РМРС [2] и Кодекса IGC [4]

$$P_0 = (2 + A C \rho^{2/3}),$$

где A – коэффициент материала;

C – характеристика размеров танка;

ρ – относительная плотность груза.

Практические приемы проектирования рассматриваемых типов судов на начальных стадиях с достаточной степенью точности могут осуществляться с помощью статистических данных или существующих рекомендаций, например [1].

На следующих этапах проектирования необходимо определиться с типами и размерами танков (резервуаров), их конструкцией и материалами.

Таблица 2

*Минимальные проектные температуры
некоторых материалов для танков*

Материал	Минимальная температура °С
углеродисто-марганцевая сталь	-50
5% никелевая сталь	-105
9% никелевая сталь	-165
АМг	-196
19% хромоникелевая сталь	-196

Некоторые типы и формы танков представлены на рисунках 1-4.

В настоящее время известны проекты газовозов LCG для перевозки сжатого до 122 бар газа при температуре – 29 °С с резервуарами из промышленных стальных труб диаметром 1100 мм и толщиной 19 мм, установленных вертикально или уложенных в корпусе судна горизонтально и соединенных между собой, см. рис. 5-6.

Другой аналогичный проект LPG предлагает уложить в кормовой части примерно на 2/3 наибольшей длины судна около 240 м кольцами трубы длиной в несколько км, см. рис. 6.

Суда, попадающие под действие Кодекса по химовозам 2007 [3] должны быть спроектированы в соответствии с одним из следующих стандартов:

1. Судно *типа 1* – танкер-химовоз, предназначенный для перевозки продуктов (указанных в гл. 17), представляющих наибольшую опас-

ность для окружающей среды и человека и требующих принятия максимальных предупредительных мер для исключения утечки такого груза.

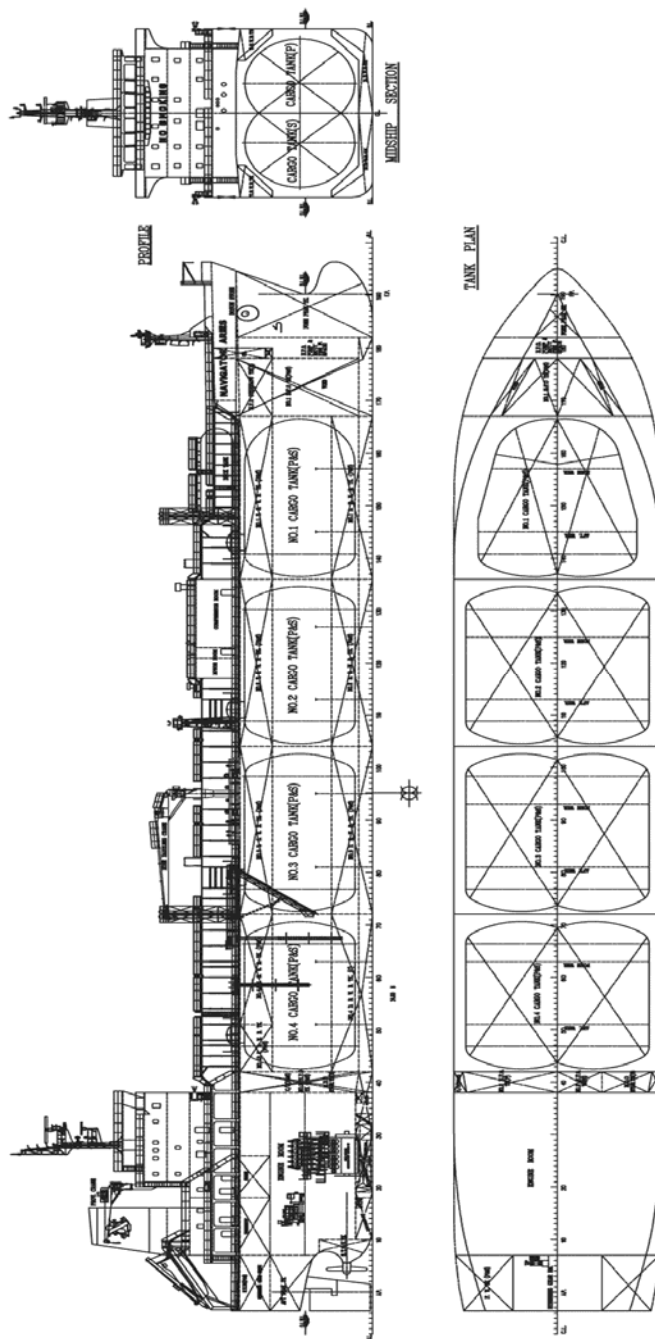
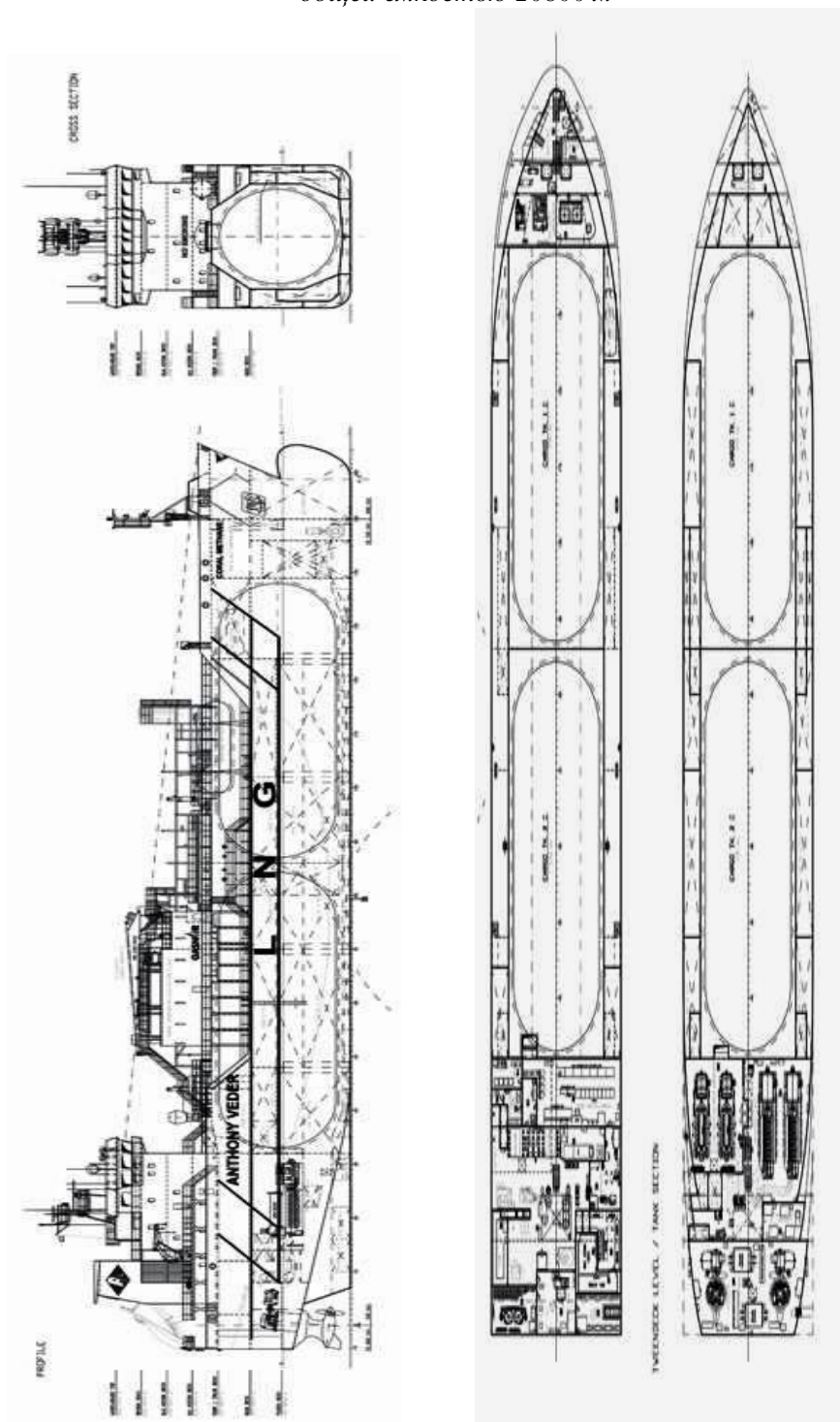


Рис. 1. LPG/NH₃/VCM танкер с цилиндрическими спаренными танками
общей емкостью 20800 м³



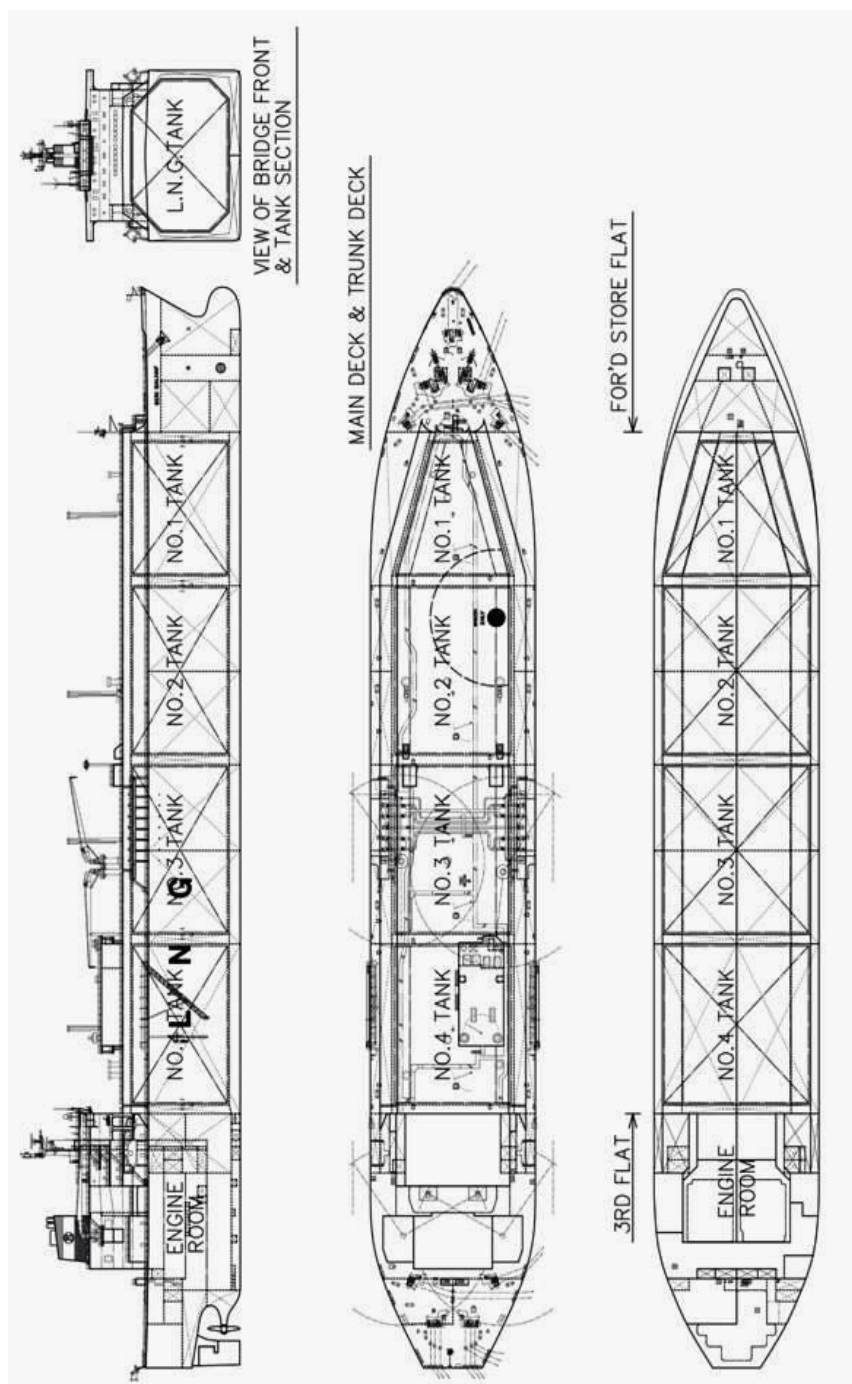


Рис. 4. LNGтанкер с призматическими танками

общей емкостью 157720 м³

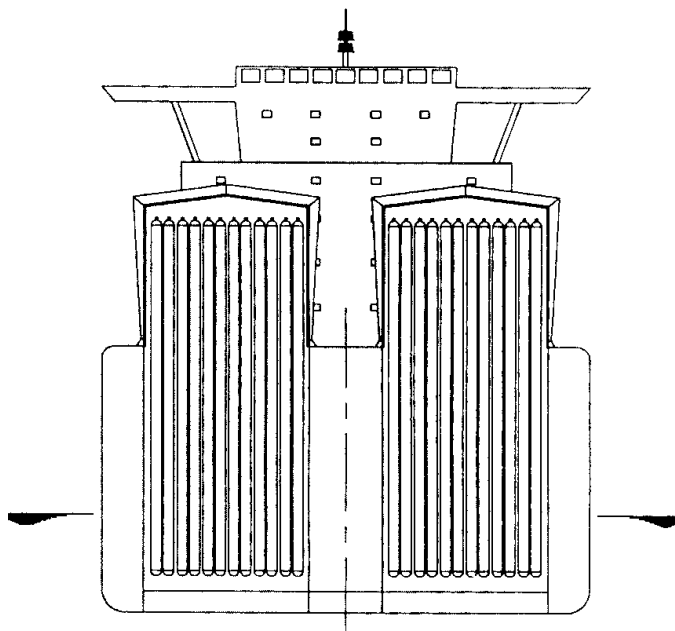
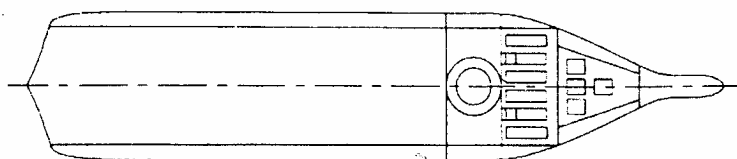
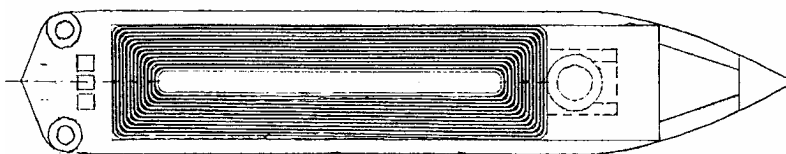


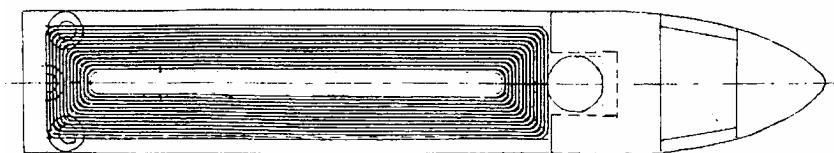
Рис. 5. Судно с резервуарами из стальных труб,
установленных вертикально



Top view at CWL



Top view on main deck



*Рис. 6. Судно с резервуарами из стальных труб,
уложенных горизонтально*

2. Судно *типа 2* – танкер-химовоз, предназначенный для перевозки продуктов (указанных в главе 17), представляющих значительную опасность для окружающей среды и человека и требующих принятия существенных предупредительных мер для исключения их утечки.

3. Судно *типа 3* – танкер-химовоз, предназначенный для перевозки продуктов (указанных в гл.17) представляющих ощутимую опасность для окружающей среды и человека для которых требуют достаточно умеренной степени защиты для увеличения живучести в поврежденном состоянии.

Таким образом, танкер-химовоз *типа 1*, предназначенный для перевозки продуктов, которые представляют наибольшую общую опасность и, следовательно, должно выдерживать наибольший стандарт повреждения и его грузовые емкости должны быть расположены на максимальном предписанном расстоянии внутрь от наружной обшивки.

Тип судна, требующийся для отдельных продуктов, указан в колонке «е» таблицы в главе 17 Кодекса [3] если предполагается перевозить более одного продукта (из перечисленных в главе 17), стандарт повреждения должен соответствовать тому продукту, для которого требуется судно, отвечающее наиболее строгим требованиям. Требования к расположению отдельных грузовых емкостей, однако, представляют собой требования к типам судов, соответствующие продуктам, подлежащим перевозке.

Судам, попадающим под действие Кодекса, может быть назначен минимальный надводный борт, разрешенный действующей Международной конвенцией о грузовой марке. Однако осадка, соответствующая этому назначению надводного борта, не должна быть больше максимальной осадки, разрешенной в отдельных случаях настоящим Кодексом.

Грузовые емкости должны располагаться на следующих расстояниях от обшивки:

- суда *типа 1 и 2*: от бортовой обшивки на расстоянии не меньше поперечной протяженности повреждения и от теоретической линии обшивки днища в диаметральной плоскости на расстоянии не меньше вертикальной протяженности повреждения, но в любом случае не меньше 760 мм от наружной обшивки;

- к судам *типа 3* требования не предъявляются.

Количество груза при перевозке на судне типа 1 не должно превышать 1250 м³ в любой одной емкости.

Количество груза при перевозке на судне типа 2 не должно превышать 3000 м³ в любой одной емкости.

Выводы. Материалы статьи позволяют выбрать тип и формы, а также определить параметры судна для перевозки определенных видов газов и химовозов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кохановский К.В., Ларкин Ю.М. Проектирование газозовов. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1981.
2. Российский морской регистр судоходства: Правила классификации и постройки химовозов. – СПб.: МРС, 2006.
3. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk. – London: IMO (IBC Code), 2007.
4. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGG Code). – London: IMO, 2004.
5. Зайцев В.В., Коробанов Ю.Н. Суда-газовозы. – Л.: Судостроение, 1990.

Стаття надійшла до редакції 02.10.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, старший науковий співпрацівник
Морського інженерного бюро **А.Е. Нильва**

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

УДК 629.12.001.66

Э.П. Лукаш, В.В. Олейников, М.И. Партолога

**ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДЕНИЙ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
ВБЛИЗИ ИСТОЧНИКОВ ВИБРАЦИИ**

Рассматривается динамический расчет ограждений судовых помещений на соответствие санитарным нормам вибрации. Подчеркивается целесообразность пластинчато-стержневой аппроксимации жилых блоков судна, которая приводит к компактным математическим моделям, обладающим достаточной для рассматриваемого анализа информативностью.

Ключевые слова: метод конечных элементов, конструктивно-ортоотропные пластины, гармонический анализ.

Розглядається динамічний розрахунок огорож судових приміщень на відповідність санітарним нормам вібрації. Підкреслюється доцільність пластинчато-стрижневої апроксимації житлових блоків судна, яка приводить до компактних математичних моделей, що володіють достатньою для даного аналізу інформативністю.

Ключові слова: метод кінцевих елементів, конструктивно-ортоотропні пластины, гармонічний аналіз.

The dynamic calculation of fencing marine facilities for compliance with sanitary norms of vibration. Emphasizes the feasibility of a plate-rod approximation residential blocks of the vessel, which leads to a compact mathematical models possessing sufficient for the analysis of information content.

Keywords: finite element method, structurally orthotropic plate, harmonic analysis.

В процессе эксплуатации жилые блоки корпуса судна испытывают различные динамические нагрузки со своими амплитудно-частотными характеристиками [1].

Целью работы является анализ эффективности пластинчато-стержневой аппроксимации корпуса судна при динамических расчетах ограждений судовых помещений вблизи источников вибрации.

Спектральная плотность возмущающих сил от работы главного двигателя S_F может быть определена по алгоритму [2, 3].

$$S_F = M^e \left(\frac{\lambda_a}{\omega} \right)^2 S_w^e, \quad (1)$$

где M^e – масса двигателя;

λ_a – частота собственных вертикальных колебаний двигателя;

S_w^e – спектральная плотность ускорений на лапах двигателя.

© Лукаш Э.П., Олейников В.В., Парголога М.И., 2014

$$L_w = 20 \lg \left(2 \pi f \cdot \frac{V}{3 \cdot 10^{-4}} \right), \quad (2)$$

$$V = 10^{\frac{L_v - 154}{20}}, \quad (3)$$

$$L_v = 10 \lg \left[N \cdot P^{0.55} \cdot \frac{1 + \frac{P}{N}}{\left(1 + \frac{f}{1500} \right)^3} \cdot \frac{M}{P} + 30 \lg \frac{N_0}{N} \right]. \quad (4)$$

В формулах (1)-(4) обозначено:

L_w – уровень вибрации по ускорению ДБ относительно 0,3 мм/с²;

N, N_0 – рабочее и номинальное числа оборотов двигателя в минуту;

P – номинальная мощность двигателя, кВт;

M – масса двигателя, кг;

f – частота, Гц;

L_v – уровень вибрации по скорости.

Возмущающие усилия лопастных порядков, обусловленные работой винтов, передаются на корпус судна двумя путями: непосредственно через воду (пульсирующие гидродинамические давления) и через опорные конструкции подшипников валопровода (усилия, возникающие на лопастях винта при его работе в неравномерном поле скоростей).

Формула для расчета вертикальной составляющей равнодействующих пульсирующих давлений лопастного порядка [4] имеет вид

$$P_l = 16 \sqrt{\overline{\Delta p_0}^2 + \overline{\Delta p_C}^2} \rho_g \omega^2 R^4, \quad (5)$$

$$\overline{\Delta p_0} = k_{o1} \frac{1}{z^{1.5}} \left(\frac{R}{d - 0.9R} \right)^{A_O}, \quad (6)$$

$$\overline{\Delta p_C} = k_{c1} \frac{V_S \bar{w}}{\sqrt{h_g + 10.4}} \left(\frac{R}{d - 0.9R} \right)^{A_C}, \quad (7)$$

где $\overline{\Delta p_0}$ – относительное давление, обусловленное нагрузкой на лопасть;

$\overline{\Delta p_C}$ – относительное давление, обусловленное кавитацией винта;

d – расстояние от точки, расположенной на лопасти винта на относительном радиусе 0,9 R до обшивки корпуса судна;

h_g – углубление оси винта;

A_O и A_C – коэффициенты, зависящие от отношения d / R ;

w – коэффициент неравномерности попутного потока.

В качестве основного расчетного метода используется МКЭ в варианте метода перемещений. Гармонический анализ выполняется в дискретном частотном диапазоне в рамках программного комплекса ANSYS. Зона контролируемых частот разбита на интервалы, соответствующие октавным полосам.

Введение концепции конструктивной ортотропности ограждений контролируемых помещений осуществляется с помощью известных зависимостей [5]

$$D_i = \frac{EJ_i}{s_i} + \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)},$$

где EJ_i – жесткость РЖ i -го направления;

s_i – шпация в i -м направлении;

h – толщина пластины;

μ – коэффициент Пуассона.

Результатом расчета являются уровни вибрации – среднеквадратические значения виброскорости по трем ортогональным направлениям V_x , V_y , V_z (мм/с) корпусных конструкций. Сопоставление результатов расчетного анализа с Санитарными нормами позволяет сделать вывод об уровнях комфортабельности помещений

Ниже рассмотрен пример расчета пластинчато-стержневой модели пассажирского судна (см. рис. 1, 2) смешанного плавания (проект МИБ-2013 г.). Уместно заметить, что решение главной проблемы проектирования судов смешанного река-море плавания сводится к обеспечению минимальной металлоемкости корпусов при сохранении достаточной их эксплуатационной надежности [6]. Выполнение этого условия неизбежно приводит к решению задач оптимизации конструкций и поиску соответствующих эффективных математических моделей.

Главные размерения и основные характеристики судна

Длина габаритная, м	90,10
Длина между перпендикулярами, м	83,00
Ширина габаритная, м	14,76
Ширина по КВЛ, м	13,5
Высота борта до главной палуб, м	4,00
Осадка по ЛГВЛ, м	1,70
Номинальная мощность ГД, кВт	3×337
Скорость хода при осадке 1,7 м, узл.	10
Водоизмещение при осадке по ЛГВЛ, т	1438
Экипаж/ мест, чел	45
Пассажиры/мест, чел.	112

Основные характеристики источников шума

Электроэнергетическая установка состоит из:

- главной установки, состоящей из трех дизельных двигателей максимальной длительной мощностью по 337 кВт каждый, работающих на 3 винта фиксированного шага через реверс-редукторы (970 / 473 об./мин.).
- вспомогательной установки в составе трех дизель-генераторов электрической мощностью по 330 кВт каждый и аварийного дизель-генератора электрической мощностью 59 кВт (1000 об./мин.).
- вспомогательных механизмов и аппаратов, обслуживающих энергетическую установку.
- водогрейных котлов системы кондиционирования воздуха мощностью 389 кВт

Таблица 1

Виброакустические характеристики источников шума и вибрации

Средне-геометрические частоты октавных полос, Гц	Главный двигатель		Дизель-генератор	
	уровни звуковой мощности, дБ	уровни вибрации (по ускорению) на фундаменте, дБ	уровни звуковой мощности, дБ	Уровни вибрации (по ускорению) на опорной поверхности, дБ
31.5	60	60	-	-
63	78	66	74	72
125	90	75	74	75
250	102	78	79	77
500	105	83	84	91
1000	110	81	93	101
2000	108	84	101	103
4000	105	87	102	100
8000	102	79	87	86

Расчеты общей вибрации выполнены с помощью HARMONIC RESPONSE анализа. В рамках HARMONIC RESPONSE анализа используется обращение полной динамической матрицы (FULL метод) с помощью алгоритма, оптимизированного для работы с разреженными матрицами (SPARSE solver). Рассматривается линейная задача возбуждения

корпуса системой возбуждающих сил от винтов и главных дизельгенераторов на лопастной и цилиндровой частотах соответственно.

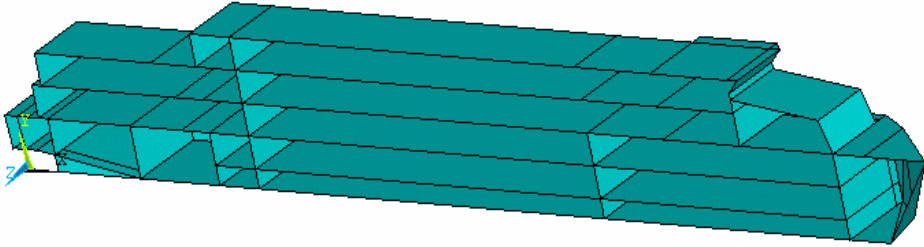


Рис. 1. Пластинчато-стержневая модель корпуса пассажирского судна (показана симметричная относительно ДП конструкция)

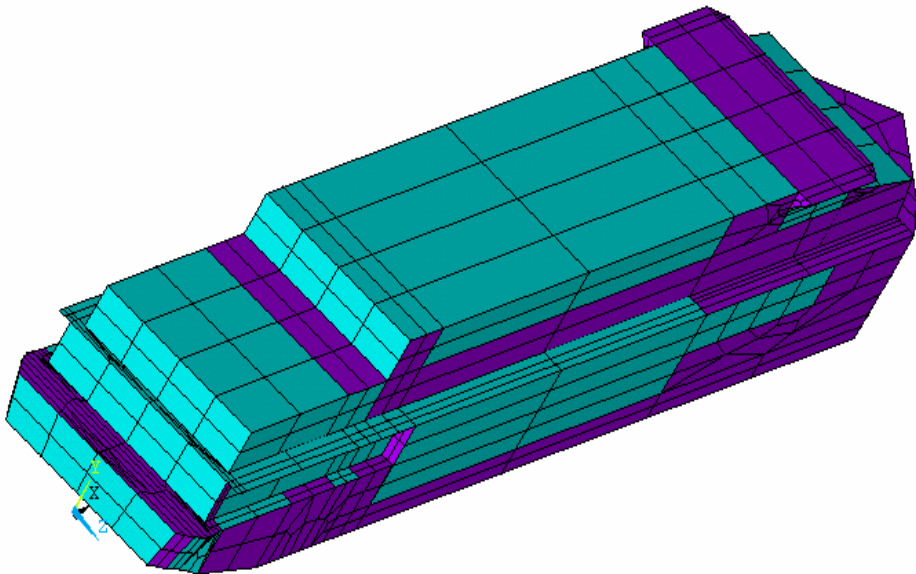


Рис. 2. Дискретная модель корпуса

В результате расчета определены уровни вибрации (среднеквадратические значения виброскорости V_x , V_y , V_z мм/с) корпуса и надстройки в продольном UX, вертикальном UY и траверзном UZ направлениях в районе расположения помещений. Отдельные результаты расчета помещены в табл. 2. На рис. 3 представлен график распределения амплитуд динамических перемещений жестких связей корпуса в характерном сечении судна .

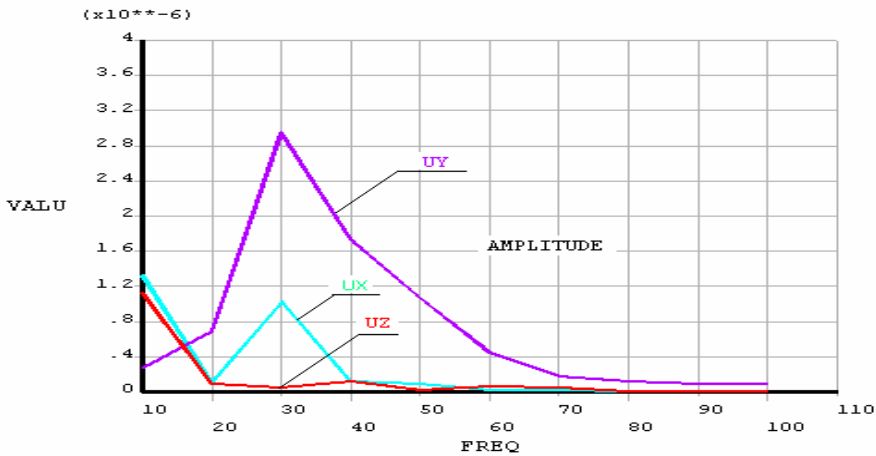


Рис. 3. Амплитуды перемещений UX,UY,UZ транца на уровне Москва-палуба

Выводы

1. Пластинчато-стержневая аппроксимация корпусных конструкций позволяет достаточно полно исследовать виброакустическую обстановку в жилом блоке судна.

2. Модель, построенная в рамках концепции конструктивной ортотропности элементов перекрытий, является удобным инструментом анализа динамических характеристик судовых конструкций и может служить универсальным средством построения функции ограничений и целевой функции в задачах оптимизации сложных судовых конструкций [9].

3. Простота построения конечных элементов ортотропных пластин открывает возможность использования итерационных процедур, предусмотренных методами случайного поиска оптимальных решений.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Санитарные нормы и правила. Водный транспорт. Сан-Пин 2.5.2.-703-98. – М., 2004.
2. Методика расчета параметров общей ходовой вибрации корпуса судна: Научно-технический сборник нормативно-методических документов РМРС. Кн. 14. – 2004.

3. *Расчетная оценка уровней вибрации в обитаемых помещениях морских судов: Методические указания МУ 2.2.4.1518-03. Минздрав России. – 2004.*
4. *Бабаев Н.Н., Лентяков В.Г. Некоторые вопросы общей вибрации судов. – Л., 1961. – 308 с.*
5. *Прочность, устойчивость, колебания: Справочник. – В 3-х т. / Под. ред. И.А Биргер, Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 2. – 463 с.*
6. *Сегаль А.И. Прочность и устойчивость судовых перекрытий // Речной транспорт. – М., 1955. – 372 с.*
7. *Строительная механика корабля и теория упругости // Под ред. В.А. Постнова. – Т.2. – С.301. – Л.: Судостроение, 1987. – 415 с.*
8. *Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.*
9. *Лукаш Э.П., Олейников В.В., Партолога М.И. Совершенствование алгоритма оптимизации сложных судовых конструкций // Вісник ОНМУ. – № 22. – 2012. – С. 114.*

Стаття надійшла до редакції 25.07.2014

Рецензенты:

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

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

УДК 624.01/.07

М.А. Давиденко

**К РАСЧЕТУ ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ
СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ТРУБ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВИБРОПРЕССОВАНИЯ**

У статті приведені пропозиції щодо розрахунку міцності сталевібробетонних труб та оцінці напружено-деформованого стану прямокутних перерізів фібробетонних елементів на основі діаграми Прандтля.

Ключові слова: сталевібробетонні труби; фібробетонні елементи; напружено-деформований стан.

В статье приведены предложения по расчету прочности стале-фибробетонных труб и оценке напряженно-деформированного состояния прямоугольных сечений фибробетонных элементов на основе диаграммы Прандтля.

Ключевые слова: сталевібробетонные трубы; фибробетонные элементы; напряженно-деформированное состояние.

The article presents suggestions for calculating strength steel fiber-reinforced pipes and evaluation of the stress-strain state of rectangular sections fiber concretes elements based on Prandtl chart.

Keywords: steel fiber-reinforced pipe; fiber concrete elements; stress-strain state.

Введение. Высокая трудоемкость изготовления железобетонных труб, связанная с установкой двойных стержневых каркасов, необходимых для восприятия двузначных изгибающих моментов, сложность обеспечения требуемой толщины защитного слоя бетона рабочей арматуры, низкая погонная нагрузка по трещиностойкости в сравнении с погонной нагрузкой по прочности, снижение эксплуатационного ресурса железобетонных труб [1] ставят задачи исследования изделий из сталевібробетона (рис. 1) с отказом от стержневого армирования труб Ø 400-600 мм [2].

Цель, задачи – внести предложения по расчету прочности сталевібробетонных труб и оценке напряженно-деформированного состояния прямоугольных сечений фибробетонных элементов на основе диаграммы Прандтля.

Проведенные испытания [2] показали достаточно равномерное распределение стальной фибры по объему бетона в изломе стенки сталевібробетонной трубы.

Ниже приведены предложения по расчету прочности сталевібробетонных труб и оценке напряженно-деформированного состояния прямоугольных сечений фибробетонных элементов на основе диаграммы Прандтля.

© Давиденко М.А., 2014

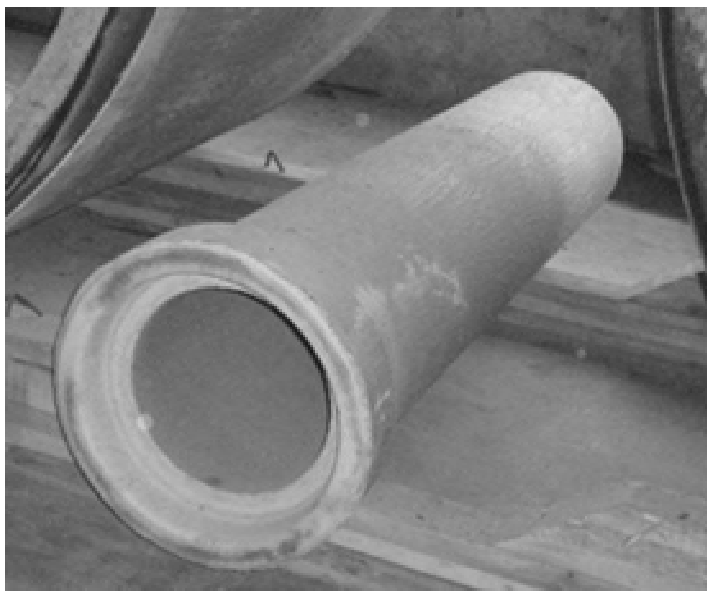
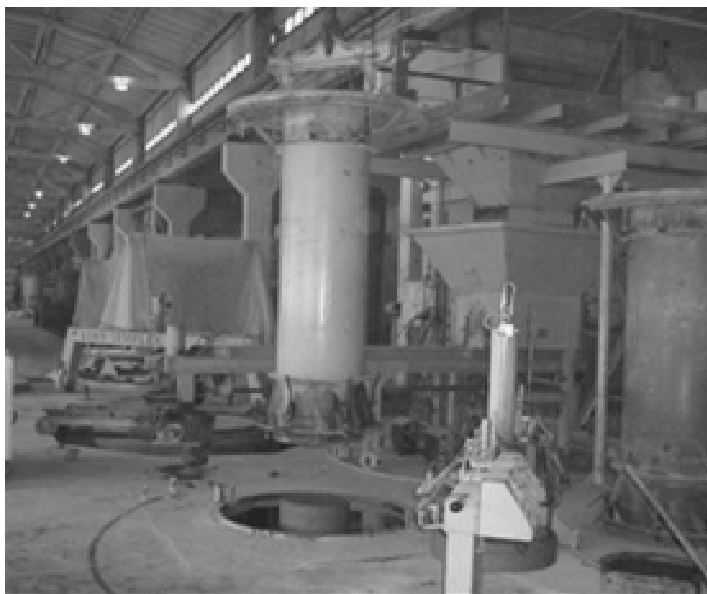


Рис. 1. Изготовление труб \varnothing 400 мм методом вертикального вибропрессования; сталефибробетонная труба \varnothing 400 мм

после набора прочности



Рис. 2. Равномерное распределение стальной фибры по объему бетона в изломе стенки сталефибробетонной трубы

Результаты исследований [2, 3] свидетельствуют, что в процессе деформирования в растянутой зоне сталефибробетонных труб проявляются упругопластические свойства вплоть до разрушения. Поэтому методика расчета сечений фибробетонных элементов, нормальных к продольной оси элемента должна учитывать развитие пластических деформаций в фибробетоне. Существующие нормативные методики расчета прочности фибробетонных и железобетонных элементов кольцевого сечения используют прямоугольную эпюру распределения напряжений по сечению элемента [4, 5], допуская неограниченную пластичность бетона и фибробетона в предельном состоянии, что приводит к завышению несущей способности, перерасходу бетона и фибры.

Расчетные зависимости напряженно-деформированного состояния и несущей способности внецентренно сжатых (изгибаемых) фибробетонных элементов прямоугольного сечения построены на основе предположений, приведенных в ДБН В.6.2-98:2009 [6], основные из которых:

- связь между напряжениями и деформациями фибробетона в сжатой зоне принимается в виде упругой диаграммы;

- связь между напряжениями и деформациями фибробетона в растянутой зоне принимается в виде диаграммы Прандтля. Использование приведенной предпосылки равносильно принятию эпюры напряжений в фибробетоне растянутой зоны расчетного сечения в момент, предшествующий разрушению, в виде прямоугольной трапеции с высотой участка

постоянных напряжений равной $\lambda_{cfu} \cdot (d - x)$, где λ_{cfu} – коэффициент

пластичности фибробетона; напряжения в условно пластической зоне равны предельному значению f_{cfd}

$$\text{При } \varepsilon_{cft} = \varepsilon_{cftu}, \quad \lambda_{cft} = \lambda_{cftu} = 1 - \frac{f_{cfd}}{\varepsilon_{cftu} \cdot E_{cftu}}. \quad (1)$$

Высота части сечения, работающей в условно пластической стадии

$$x_t = \lambda_{cftu} \cdot (d - x); \quad (2)$$

- сопротивление сталефибробетона растяжению представлено напряжениями, равными f_{cfd} , распределенными в соответствии с трапецидальной эпюрой напряжений в растянутой зоне сталефибробетона;

- сопротивление сталефибробетона сжатию представлено напряжениями f_{cfd} , распределенными в соответствии с треугольной эпюрой напряжений в сжатой зоне сталефибробетона.

За критерий исчерпания несущей способности сечения принимается:

– потеря равновесия между внутренними и внешними усилиями (достижение максимума на диаграммах "момент-кривизна" или «нагрузка - прогиб»);

– разрушение растянутого фибробетона происходит при достижении фибровыми деформациями предельных значений (ε_{cftu}).

Расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию f_{cfd} определяется по формуле Свода правил [7]

$$f_{cfd} = f_{cd} + (k_n^2 \cdot \varphi_f \cdot \mu_{fv} \cdot R_f), \quad (3)$$

где f_{cd} – расчетное сопротивление бетона-матрицы осевому сжатию;

k_n – коэффициент, учитывающий работу фибр в сечении, перпендикулярном направлению внешнего сжимающего усилия;

φ_f – коэффициент эффективности косвенного армирования фибрами

$$\varphi_f = \frac{5 + L}{1 + 4.5L},$$

где

$$L = \frac{k^2 \cdot \mu_{fv} \cdot f_f}{f_{fc}}.$$

Расчетное сопротивление сталефибробетона растяжению f_{cfd} в случае обрыва некоторого количества фибр и выдергивания остальных (при $l_{f,an} < 0,5 l_f$, первый случай), определяется по формуле [7]

$$f_{cfd} = m_l \left[K_r \cdot k_{or}^2 \cdot \mu_{fv} \cdot f_{fc} \left(1 - \frac{l_{fan}}{l_f} \right) + 0.1 f_{fc} \left(0.8 - \sqrt{2\mu_{fv} - 0.005} \right) \right]. \quad (4)$$

Расчетное сопротивление сталефибробетона растяжению f_{cftd} в случае выдергивания из бетона условно всех фибр (при $l_{f,an} > 0,5 l_f$, второй случай), определяется в соответствии с Сводом правил по проектированию и строительству. Сталефибробетонные конструкции [7]

$$f_{cftd} = m_2 \cdot f_{fc} \left(K_T \cdot \frac{k_{or}^2 \cdot \mu_{fv} \cdot l_f}{8\eta_f \cdot d_{fred}} + 0.08 - 0.5\mu_{fv} \right), \quad (5)$$

где m_1, m_2 – коэффициенты условий работы, принимаемые равными для фибры из проволоки – 1,1; $l_{f,an}$ – длина заделки фибры в бетоне; k_{or} – коэффициент ориентации фибр в объеме элемента; μ_{fv} – коэффициент фибрового армирования по объему; $K_T = \sqrt{1 - (1.2 - 80 \cdot \mu_{fv})}$; $d_{f,red}$ – приведенный диаметр используемой фибры, мм; f_{fk} – нормативное сопротивление растяжению фибр, МПа; η_f – коэффициент, учитывающий анкеровку фибры, принимаемый для фибры из стальной проволоки: $\eta_f = 0,7-0,9$.

На основании приведенных предпосылок прочность нормальных прямоугольных сечений изгибаемых фибробетонных элементов, проверяют из условия (6), рис. 3:

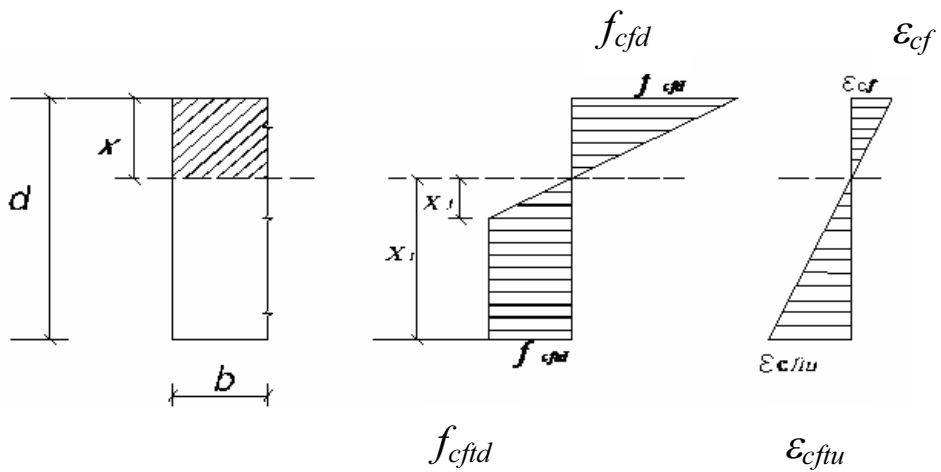


Рис. 3. Расчетная схема
сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения

$$M \leq f_{cftd} \cdot b \cdot X_t^2 \frac{1 + \lambda_{cftu} - 0,5 \lambda_{cftu}^2}{3} - 0,5 \cdot \frac{\varepsilon_{cftu} \cdot E_{cf} \cdot b X_t^2}{X_t} \left(d - \frac{x}{3} \right) \quad (6)$$

Высоту сжатой зоны проверяют из условия

$$0,5 f_{ctd} \cdot (1 + \lambda_{cfu}) \cdot b \cdot X_t - 0,5 \frac{\varepsilon_{cfu} \cdot E_{cf} \cdot b X^2}{X_t} = 0 \quad (7)$$

Порядок расчета нормальных сечений фибробетонных элементов по деформационной модели:

- задаемся начальными значениями деформаций крайнего растянутого волокна ε_{cft} , кривизны χ и вычисляем значение высоты сжатой зоны X фибробетонного элемента;

- вычисляем значение коэффициента пластичности фибробетона λ_{cfu} ;

- проверяем выполнение условия равенства нулю усилий в сжатой и растянутой зоне прямоугольного сечения (7); если это условие не выполняется, принимаем новое значение $\varepsilon_{cft} = \varepsilon_{cft} + \left| \Delta \varepsilon_{cft} \right|$, вычисляем X и расчет повторяем до тех пор, пока условие (7) не будет выполняться с заданной точностью.

- проверяем неравенство (6) – условие прочности сечения.

Вывод. Приведенная деформационная методика расчета прямоугольных сечений фибробетонных элементов позволяет более точно рассчитывать прочность сечений и более экономично расходовать бетон и фибровое дисперсное армирование.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия: ГОСТ 6482-88. – [Введ. с 01.01.90]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 75 с.
2. Давиденко М.А. Прочностные и деформативные характеристики сталефибробетонных труб вертикального вибропрессования / М.А. Давиденко, Н.Д. Высоцкая // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – 2012. – № 41. – С. 269-275.
3. Давиденко М.А. К определению предельных деформаций сталефибробетона на основе равновесных диаграмм деформирования / М.А. Давиденко, А.И. Давиденко, Е.В. Орехова // Міжвід. науково-техн. зб. наук. праць «Будівельні конструкції». – К.: НДІБК, 2011. – Вип. 74. – С. 526-531.
4. Бамбура А.Н. Методические рекомендации по расчету внецентренно сжатых и изгибаемых элементов из базальтофибробетона / А.Н. Бамбура, С.С. Ватагин, П.В. Рожков // Рекомендации. – К.: НИИСК Госстроя СССР, 1988. – 39 с.

5. Андрійчук О.В. *Робота і розрахунок елементів кільцевого перерізу зі сталевібробетону при повторних навантаженнях: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / О.В. Андрійчук. – Львів, 2008. – 20 с.*
6. ДБН В.6.2-98:2009. *Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.* – К.: Мінрегіонбуд України. – 2011. – 71 с.
7. *Свод правил по проектированию и строительству. Стале-фибробетонные конструкции: СП 52-104-2006. [Введен 2006-01-09].* – М.: ФГУП «НИЦ Строительство», 2007. – 73 с.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувачий кафедрою металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури **В.В. Стоянов**

кандидат технічних наук, професор кафедри «Технології та організація будівництва» Національного університету біоресурсів та природокористування України **М.Г. Ярмоленко**

УДК 621.45.04

В.Г. Ивановский, В.Г. Сиверин

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ
ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА В ЦИЛИНДР ДИЗЕЛЯ**

В статье рассмотрено исследование влияния угла опережения впрыска топлива на параметры рабочего процесса дизеля в условиях отличающихся от номинальных.

Ключевые слова: угол опережения, топливоподача, процесс впрыскивания.

У статті розглянуто дослідження впливу кута випередження впорскування палива на параметри робочого процесу дизеля в умовах, які відрізняються від номінальних.

Ключові слова: кут випередження, паливоподача, процес впорскування.

The article considers the study of influence of the angle fuel injection timing parameters for the workflow in terms of diesel differs from the nominal.

Keywords: fuel injection timing, fuel injection, the process of injection.

Постановка проблемы в общем виде. Полученные результаты экспериментального исследования дают возможность рационального выбора геометрического угла опережения подачи топлива топливным насосом высокого давления.

Материал данной статьи связан с экспериментальным и теоретическим исследованием рабочего процесса дизеля.

Анализ публикаций. В области исследования топливной аппаратуры дизелей, имеется достаточно научных публикаций, где рассматриваются основные направления совершенствования топливной аппаратуры [1-2].

Цель данной статьи обобщение полученных результатов исследования, а также анализа полученных результатов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Пассажирские суда типа "Dolphin" в основном эксплуатируются при скоростях не более 18 уз., что связано с расписанием движения судов между портами. В результате нагрузка главных двигателей по мощности, как правило, не превышает 70 % от номинального значения. На данных режимах эксплуатации значительно снижаются параметры рабочего процесса дизеля. Так, например, максимальное давление сгорания p_z не превышает 8,2 МПа (при но-

минальном значении, равном 9,2 МПа). На некоторых режимах угол начала сгорания топлива $\varphi_{сз}$ находится за ВМТ. В результате понижается экономичность двигателей на основных режимах эксплуатации.

Угол опережения впрыскивания топлива в цилиндр дизеля является одним из основных параметров, который определяет экономичность дизеля и его механическую нагрузку. Обычно в инструкции по эксплуатации задается геометрический угол опережения подачи топлива ТНВД φ_{on}^2 . Оптимальное значение φ_{on}^2 подбирается в процессе доводки дизеля, устанавливается для номинального режима эксплуатации и ограничивается предельно допустимым значением максимального давления сгорания p_z . Со снижением нагрузки дизеля происходит уменьшение давления p_z и величина φ_{on}^2 может быть увеличена.

При большем значении φ_{on}^2 возрастает давление p_z и степень повышения давления λ , уменьшается догорание топлива на линии расширения, а следовательно, повышается экономичность дизеля на нагрузках, ниже номинальных.

В последние годы данному вопросу уделяется серьезное внимание отечественными исследователями [1], а также зарубежными дизель-строительными фирмами [2].

Конкретное решение данной задачи требует проведения глубокого теоретического и экспериментального исследования рабочего процесса дизеля, которое было выполнено в процессе эксплуатации дизелей 18РС 2.2V-400 на м/в «Dolphin».

В процессе экспериментального исследования изменение геометрического угла опережения подачи топлива ТНВД φ_{on}^2 производилось путем изменения положения верхней кромки плунжера по отношению отсечного-всасывающего окна втулки плунжера. Для этой цели в конструкции толкателя ТНВД предусматривается специальный регулировочный болт. Угол опережения φ_{on}^2 с достаточной точностью (до 0,1 °ПКВ) контролировался при помощи специального штатного приспособления. Кулачные шайбы привода ТНВД установлены на распределительном валу при помощи шпоночного соединения.

Эксперимент производился при значениях угла φ_{on}^2 , равных 10,3; 12; 13; 14,7; 16,7 °ПКВ до ВМТ и частоте вращения коленчатого вала n , равной 480 и 380 мин⁻¹. Скорость судна v изменялась от 12,6 до 19,1 узла, что соответствует основным эксплуатационным режимам. Для обеспечения одинаковых условий топливоподачи на разных режимах работы

дизеля при одинаковых углах φ'_{on} положение топливной рейки ТНВД m' цилиндра № 9 строго фиксировалось с помощью специального приспособления. Значения m' приведены в табл.1 и они равны расстоянию в миллиметрах от корпуса ТНВД до ограничительной шайбы топливной рейки. Меньшее значение m' соответствует большей цикловой подаче топлива. Однако при разных φ^2_{on} строго установить одинаковые режимы работы дизеля не представляется возможным. Так, например, с изменением угла опережения подачи происходило некоторое изменение активного хода плунжера и его скорости движения.

Результаты экспериментального исследования, представленные в табл.1, позволяют установить влияние угла φ^2_{on} на основные показатели рабочего процесса дизеля и в конечном итоге на его механическую напряженность, которая оценивается изменением следующих параметров: максимального давления сгорания p_z , степени повышения давления $\lambda' = p_z/p'_c$ и средней скоростью нарастания давления газов $\Delta p/\Delta \varphi$.

С увеличением геометрического угла опережения подачи топлива ТНВД φ^2_{on} происходит возрастание действительного угла опережения подачи топлива в цилиндр дизеля φ^δ_{on} , который определяется при осциллографировании по моменту начала подъема иглы форсунки.

Значение φ^δ_{on} меньше φ^2_{on} и на изменение φ^δ_{on} оказывают влияние сложные гидродинамические процессы, происходящие в системе высокого давления топлива. Однако в данном типе ТНВД, имеющем смешанное регулирование количества подаваемого топлива при малых цикловых подачах, со снижением нагрузки дизеля значение φ^δ_{on} , как правило, уменьшается.

Период задержки воспламенения топлива τ_i в основном зависит от температуры и давления воздуха в цилиндре в момент начала впрыска топлива, а поэтому, как видно из экспериментальных данных, приведенных в табл.1, с возрастанием φ^δ_{on} и снижением n , а следовательно, с уменьшением давления сжатия воздуха в момент начала впрыска топлива значение τ_i увеличивается.

Таблиця 1

Изменение параметров дизеля при разных фазах топливной подачи

Номер режима	Частота вращения коленчатого вала д/мин ⁻¹	V, узд.	Скорость сгорания	Температура газа в момент начала подачи топлива Т _{огп} , °К	Положение рейки ТНВД	Максимальное давление топлива в ТНВД	Угол опережения впрыска топлива φ _{он} ^д , °КВТ до ВМТ	Продолжительность впрыска топлива φ _{вп} , °КВТ	Период задержки самовоспламенения топлива τ _з , мс	Угол опережения начала сгорания φ _{сг} , °КВТ	Давление скатания в момент начала сгорания P' _{сг} , МПа	Максимальное давление сгорания P ₂ , МПа	Степень повышения сгорания λ'	Средняя скорость нарастания давления газов Δp/Δφ, МПа на 1 °КВТ	Температура выходящих газов t ₂ , °С
1	480	19,0	13	48,9	56,0	10,1	27,8	2,3	3,6	6,04	8,20	1,36	1,48	430	
2	480	17,8	13	54,8	63,5	10,96	25,75	2,64	3,3	5,97	7,83	1,31	1,3	390	
3	480	17,0	13	57,8	61,0	9,2	21,4	2,43	2,25	5,54	7,53	1,36	1,68	365	
4	480	16,05	13	62,1	57,0	8,0	14,5	8	0	4,90	7,27	1,33	2,07	335	
5	380	16,1	13	56,1	48,0	9,7	18,85	2,8	3,54	5,11	7,70	1,5	1,83	370	
6	380	14,4	13	62,5	42,5	8,4	13,3	7,5	0,885	4,91	7,43	1,5	2,7	295	
13	480	19,0	10,3	48,9	62,0	7,73	26,7	2,77	0	6,16	7,70	1,25	1,23	445	
14	480	18,1	10,3	54,8	65,0	6,78	23,1	2,45	0	6,00	7,43	1,26	1,26	397	
15	480	17,2	10,3	57,8	64,0	7,2	22,75	2,6	0	5,30	7,17	1,3	1,58	370	
16	480	16,4	10,3	62,2	57,0	6,5	13,8	2,7	-1,12	5,63	7,27	1,29	2,9	337	
17	380	16,6	10,3	56,1	51,0	7,1	20,5	3,2	0	5,40	7,37	1,35	1,88	372	
18	380	14,0	10,3	62,6	43,0	5,87	13,0	3,3	-1,75	4,95	7,43	1,5	4,05	322	
19	480	19,0	14,7	48,9	67,5	13,1	28,4	2,6	5,68	6,10	8,60	1,4	1,69	430	
20	480	18,0	14,7	54,9	64,0	12,2	24,4	2,70	4,45	5,58	8,00	1,43	1,80	410	
21	480	17,6	14,7	57,8	57,0	11,4	22,8	2,45	4,56	5,42	7,67	1,41	1,88	370	
22	480	16,0	14,7	62,2	52,0	10,2	15,9	2,6	2,27	5,18	7,43	1,43	2,1	332	
23	380	16,2	14,7	56,2	46,0	11,36	19,66	3,43	3,93	5,00	7,93	1,39	1,97	376	
24	380	14,0	14,7	62,6	40,0	14,3	3,65	3,65	2,17	4,83	7,60	1,57	2,89	300	
25	480	19,1	16,7	48,9	67,0	13,6	28,35	2,4	6,8	5,72	8,93	1,56	1,95	430	
26	480	18,0	16,7	54,8	61,0	13,6	24,9	2,4	6,78	5,30	8,23	1,55	1,8	412	
27	480	17,2	16,7	57,8	57,0	14,5	23,4	3,12	5,8	5,20	7,90	1,52	1,8	385	
28	480	16,4	16,7	62,1	49,0	11,3	15,2	2,85	3,4	5,34	7,83	1,47	2,45	339	
29	380	16,3	16,7	56,2	44,0	13,0	18,9	3,1	6,3	4,53	8,27	1,82	2,3	389	
30	380	12,6	16,7	62,6	36,0	11,44	14,1	3,3	3,96	4,73	7,87	1,66	2,97	318	
31	480	19,0	12,0	48,9	71,5	9,2	27,6	2,42	2,3	6,42	8,23	1,28	1,5	435	
32	480	18,0	12,0	54,8	63,0	9,5	24,6	2,5	2,46	5,82	7,70	1,32	1,46	399	
33	480	17,1	12,0	57,8	57,5	8,8	23,1	2,66	1,1	5,56	7,33	1,31	1,46	380	
34	480	15,8	12,0	62,1	47,5	7,84	17,9	3,0	-0,784	5,40	7,23	1,34	2,72	340	
35	380	16,2	12,0	56,1	48,0	9,1	20,0	3	3	4,66	7,33	1,57	1,66	395	
36	380	13,8	12,0	62,5	41,0	7,0	12,7	3,13	0	4,96	7,33	1,48	3,0	310	

Угол начала сгорания топлива $\varphi_{сз}$ зависит от угла опережения подачи топлива $\varphi_{он}^{\delta}$ и от периода задержки воспламенения τ_i . В свою очередь, величина $\varphi_{сз}$ определяет значение давления сжатия воздуха в момент начала сгорания p'_c , максимальное давление p_z , а следовательно, и степень повышения давления $\lambda' = p_z / p'_c$.

Средняя скорость нарастания давления $\Delta p / \Delta \varphi$ зависит от угла опережения $\varphi_{сз}$, а также от периода задержки воспламенения τ_i . При одинаковой частоте вращения и законе подачи топлива с возрастанием времени τ_i увеличивается количество топлива, впрыснутого в цилиндр к моменту начала воспламенения. В результате начальная фаза сгорания топлива ("фаза быстрого сгорания") протекает более интенсивно, так как в этой фазе сгорает большая часть топлива, впрыснутого за время τ_i .

Таким образом, изменение геометрического угла опережения подачи топлива ТНВД $\varphi_{он}^{\delta}$ оказывает существенное влияние на протекание рабочего процесса дизеля.

С увеличением угла $\varphi_{он}^{\delta}$ возрастает экономичность дизеля, однако одновременно растет механическая напряженность, которая косвенно характеризуется значениями p_z , λ' и $\Delta p / \Delta \varphi$.

Результаты экспериментального исследования, приведенные в табл.1, дают возможность произвести выбор рационального геометрического угла опережения подачи топлива ТНВД $\varphi_{он}^{\delta}$ равным не более 16,7 °ПКВ до ВМТ. Как видно из экспериментальных данных, приведенных в табл.1, при $\varphi_{он}^{\delta} = 16,7$ °ПКВ (режимы от 25 до 30) максимальное давление p_z не превышает предельно допустимого (номинального) значения 9,2 МПа. Степень повышения давления λ' не превышает 2,0, а средняя скорость нарастания давления $\Delta p / \Delta \varphi$ меньше 0,4 МПа на 1 °ПКВ, что вполне допустимо для высокофорсированного среднеоборотного дизеля. Если сравнить полученные значения $\Delta p / \Delta \varphi$ при увеличенном значении $\varphi_{он}^{\delta} = 16,7$ °ПКВ (режимы от 25 до 30) и при номинальном угле $\varphi_{он}^{\delta} = 12$ °ПКВ (режимы от 31 до 36), то видно, что динамическая

механическая напряженность дизеля увеличилась незначительно и может быть допущена в процессе длительной эксплуатации.

На рис.1 представлены осциллограммы рабочего процесса дизеля и топливоподачи при $\varphi_{on}^2 = 12$ °ПКВ и 16,7 °ПКВ.

В процессе экспериментального исследования не представляется возможным количественно определить повышение экономичности дизеля при увеличении φ_{on}^2 , так как практически невозможно провести эксперимент в одинаковых условиях. Кроме того, определение расхода топлива на судне осуществляется штатным расходомером фирмы "Сеффле" (Швеция) с погрешностью до 2 %, что соизмеримо с ожидаемой величиной повышения экономичности.

Для ориентировочной оценки повышения экономичности дизеля при увеличении максимального давления сгорания p_z (увеличения геометрического угла опережения подачи ТНВД φ_{on}^2) было проведено теоретическое исследование рабочего процесса дизеля. Результаты теоретического исследования приведены в табл.2 и на рис.2. Исследование проведено при различной частоте вращения и мощности дизеля, которые соответствуют основным эксплуатационным режимам.

На всех исследованных режимах при изменении p_z от 7 до 9 МПа значение степени повышения давления λ не превышало 2,18, при этом среднее значение индикаторного КПД η_i возрастало приблизительно на 1,6 %. Если использовать полученные теоретические зависимости $\eta_i = f(p_z)$ (см. рис.3) для оценки повышения экономичности дизеля с увеличением φ_{on}^2 от 12 °ПКВ до 16,7 °ПКВ, то при реальном изменении величины p_z (см.табл.1) увеличение η_i оценивается приблизительно на 0,6 %.

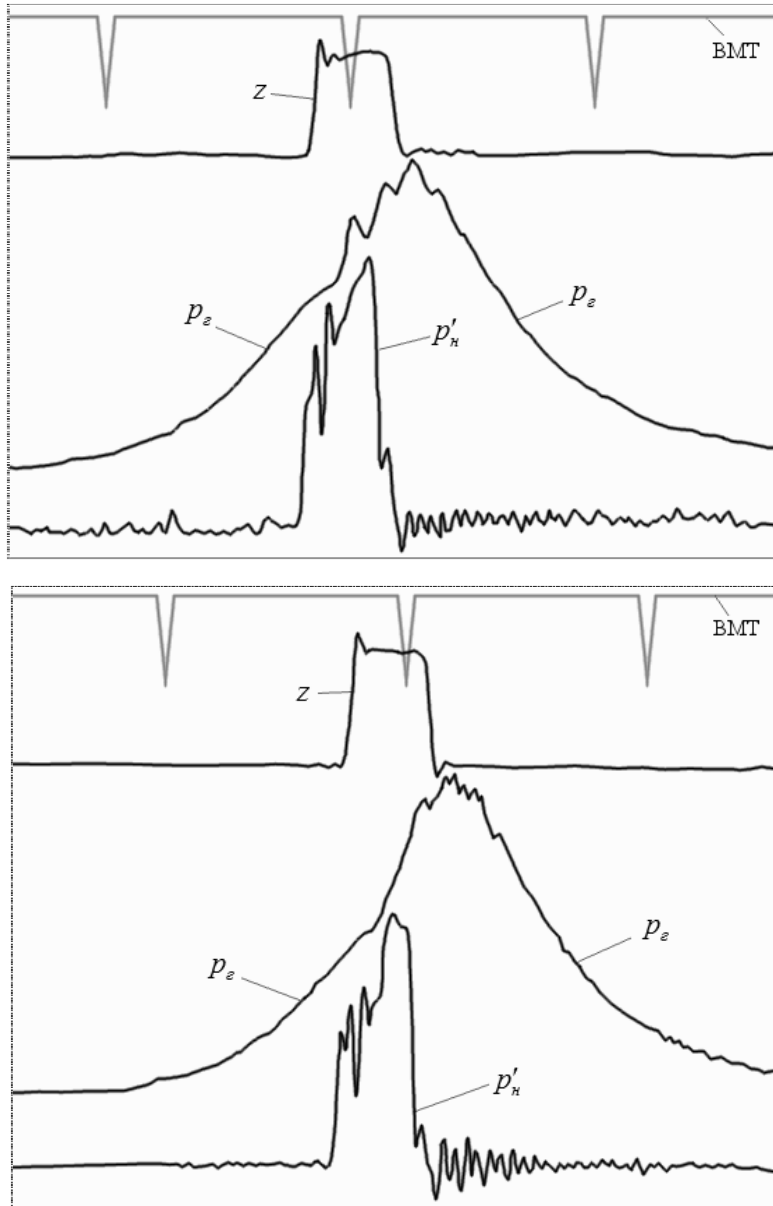


Рис 1. Влияние геометрического угла опережения подачи топлива

φ_{on}^2 на рабочий процесс дизеля и топливоподачу

($v = 16,2$ узла, $n = 380$ мин⁻¹)

а) угол опережения $\varphi_{on}^2 = 12^\circ$ ПКВ до ВМТ

б) угол опережения $\varphi_{on}^2 = 16,7^\circ$ ПКВ до ВМТ

Таблица 2

Результаты теоретического исследования рабочего процесса дизеля

Номер расчета	Мощность двигателя, N_e , кВт	Частота вращения двигателя, n , мин ⁻¹	Максимальное давление сгорания, p_z , МПа	Степень повышения давления, λ	Индикатор КПД, η_i
1	5281	480	7,0	1,18	0,446
2	5281	480	7,5	1,27	0,453
3	5281	480	8,0	1,35	0,459
4	5281	480	8,5	1,43	0,463
5	5281	480	9,0	1,52	0,468
6	4851	480	7,0	1,31	0,456
7	4851	480	7,5	1,4	0,462
8	4851	480	8,0	1,5	0,467
9	4851	480	8,5	1,59	0,471
10	4851	480	9,0	1,68	0,474
11	4541	480	7,0	1,41	0,462
12	4541	480	7,5	1,51	0,467
13	4541	480	8,0	1,61	0,471
14	4541	480	8,5	1,71	0,475
15	4541	480	9,0	1,81	0,478
16	3408	380	7,0	1,51	0,467
17	3408	380	7,5	1,62	0,472
18	3408	380	8,0	1,72	0,475
19	3408	380	8,5	1,83	0,478
20	3408	380	9,0	1,94	0,481
21	3071	380	7,0	1,69	0,474
22	3071	380	7,5	1,82	0,478
23	3071	380	8,0	1,94	0,481
24	3071	380	8,5	2,06	0,483
25	3071	380	9,0	2,18	0,484

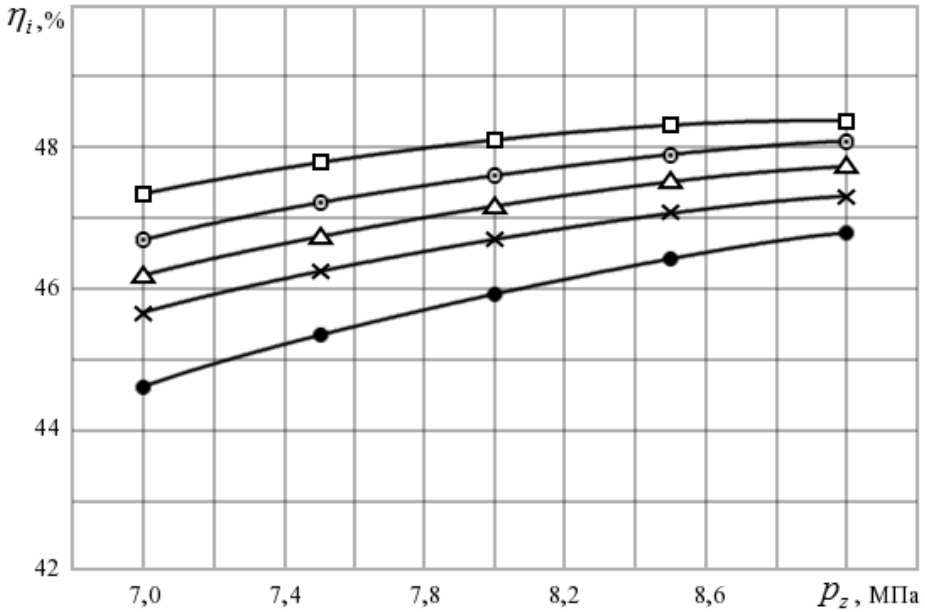


Рис. 2. Влияние максимального давления p_z на индикаторный КПД дизеля «Пилстик» 18РС -2V

η_i – индикаторный КПД

p_z – максимальное давление сгорания

—●— – $N_e = 5281$ кВт, $n = 480$ мин⁻¹;

—×— – $N_e = 4851$ кВт, $n = 480$ мин⁻¹;

—△— – $N_e = 4541$ кВт, $n = 480$ мин⁻¹;

—○— – $N_e = 3408$ кВт, $n = 380$ мин⁻¹;

—□— – $N_e = 3071$ кВт, $n = 380$ мин⁻¹.

Выводы. Результаты исследования позволяют установить влияние угла опережения впрыска топлива на основные показатели рабочего процесса дизеля и на его механическую напряженность.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фомин Ю.Я. *Топливная аппаратура судовых дизелей: Справочник* / Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.
2. Фомин Ю.Я. *Гидравлический расчет топливных систем судовых дизелей с разветвленными нагнетательными трубопроводами: Справочник* / Ю.Я.Фомин. – М.: Машиностроение. – № 11. – 1964. – 65 с.

Стаття надійшла до редакції 23.09.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Суднові енергетичні установки» Одеської національної морської академії **І.І. Черниш**

кандидат технічних наук, професор кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету **В.В. Груздєв**

УДК 630.36

В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко

**ТЕХНИЧЕСКИЕ РИСКИ СЛОЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ФУНКЦИОНАЛЬНО ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ
СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Приведены результаты анализа оценок рисков судовых энергетических установок как сложных технических систем. Изложена методика определения расчетного показателя при оценках рисков функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок.

Ключевые слова: сложная техническая система, оценка риска, вероятность, ущерб.

Приведено результати аналізу оцінок ризиків судових енергетичних установок як складних технічних систем. Викладено методику визначення розрахункового показника при оцінках ризиків функціонально взаємозв'язаних структурних компонентів судових енергетичних установок.

Ключові слова: складна технічна система, оцінка ризику, вірогідність, збиток.

The analysis results of risk assessments of ship power plants as complex technical systems. The technique for determining the estimated figure in risk assessments of functionally related structural components of marine power plants.

Keywords: complex technical system, risk assessment, the probability of the damage.

Введение. Современное судно представляет собой комплекс сложных технических систем (СТС), в котором наиболее существенным образом влияет на его безопасную эксплуатацию судовая энергетическая установка (СЭУ). СЭУ это СТС из взаимосвязанных между собой деталей, узлов, агрегатов, механизмов и межэлементных связей (МС). Отказ каждого из таких элементов и МС может самым непосредственным образом вызывать аварийные ситуации вплоть до аварийной остановки двигателя судна.

Сложность и актуальность оценки технических рисков комплекса СЭУ с ее функционально взаимосвязанными структурными компонентами при эксплуатации в аварийных сценариях обусловлена следующим причинами:

- особая экономическая, социальная и экологическая ответственность морского транспорта;

- сложность взаимосвязанных компонентов СЭУ, необходимость учета взаимодействия большого числа подсистем и элементов, возможность возникновения отказов по общим причинам;

- невозможность получения полной исходной информации о возможных воздействиях и особенностях поведения СЭУ, необходимость учета случайных и неопределенных факторов.

Актуальность. Процессы изменения технического состояния судовых СТС являются трудно прогнозируемыми. Надежность и работоспособность таких систем зависят от факторов, определяемых их конструкцией, условиями производства и эксплуатации. Задачи оценки рисков СТС при переходе от оценки надежности и безопасности в детерминированной постановке к оценке в вероятностной постановке актуальны.

Целью работы является определение расчетного показателя при оценках рисков функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок.

Изложение основного материала. Типичная структура СЭУ представляет собой комплекс оборудования, функционирующего в целях преобразования энергии топлива в механическую, электрическую и тепловую энергию и транспортировки ее к потребителям (рис.1). Известны следующие типы СЭУ: газотурбинные; паротурбинные; атомные; комбинированные; дизельные. Дизельные энергетические установки (ДЭУ) (рис.2) получили наиболее широкое применение на судах различного назначения и их доля в общем объеме строящихся судов более 90 %. Это объясняется высокой топливной экономичностью, относительной простотой обслуживания, большим ассортиментом используемых топлив, высоким уровнем автоматизации, значительным ресурсом ДЭУ.

Согласно статистике отказов на долю СЭУ приходится 60-80 % от всех отказов судовых систем. Из [1-5] следует, что отказы возникают во всех компонентах ДЭУ, но их влияние на функционирование судна в целом различно. Большая часть источников информации по отказам являются труднодоступными в силу условий их предоставления на коммерческой основе в ограниченных корпоративных кругах. Такими данными обладают GIDEP, AMSAA POF, JPL/NASA, COTS, TUD, BASEXP, SRDF, SADE, CORDS. Доступным источником по статистике надежности элементов судовых технических систем является офшорная база данных OREDA [6]

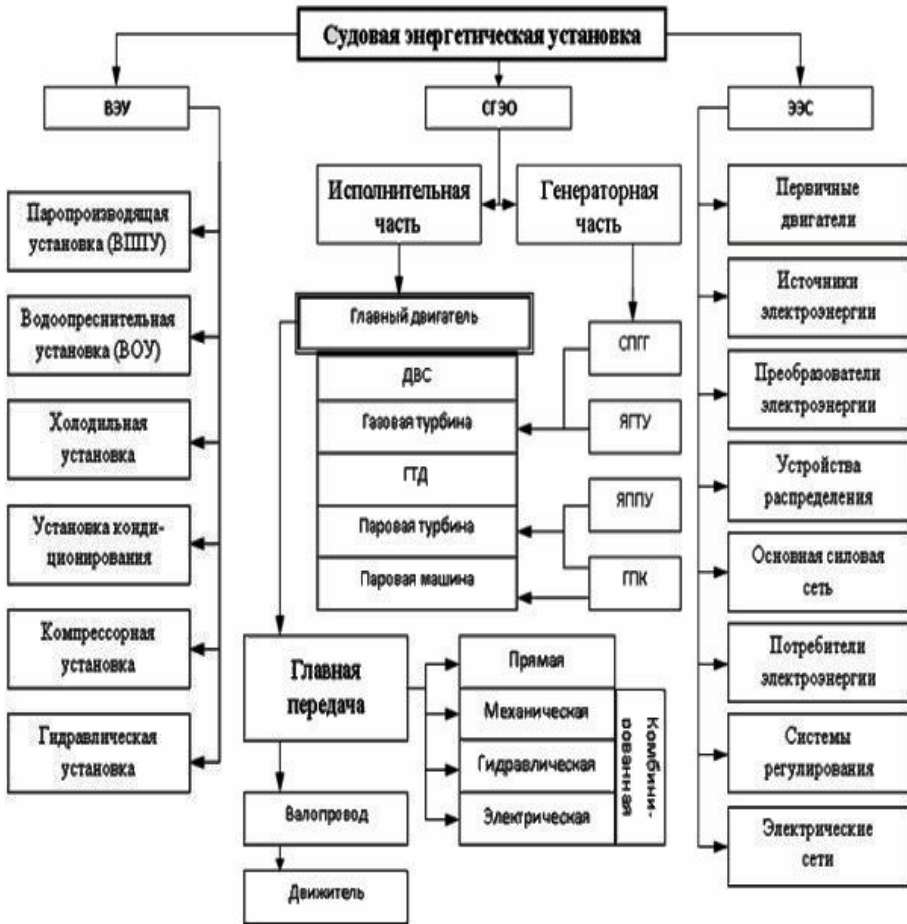


Рис.1. Структурная схема типовой СЭУ

Из анализа отказов следует, что причины отказов ДЭУ связаны с работой дизель-редукторных агрегатов и дизелей. При этом 70-90 % всех отказов приходится на главные и 3-18 % – на вспомогательные дизели. Отказы главных редукторов и разобщительных муфт составляют до 5 % от общего числа отказов элементов ДЭУ [7]. Наиболее частые функциональные отказы ДЭУ связаны также с системой топливоподачи, клапанами газораспределения, рамовыми и мотылевыми подшипниками, нарушением уплотнений цилиндровой втулки с блоком и крышкой цилиндра, кавитационно-коррозионными разрушениями и трещинами опорных буртов втулок. Обобщенные статистические данные по основным аварийным отказам дизельных двигателей и котельных установок [8-11] приведены в табл.1 и на рис. 3, 4.

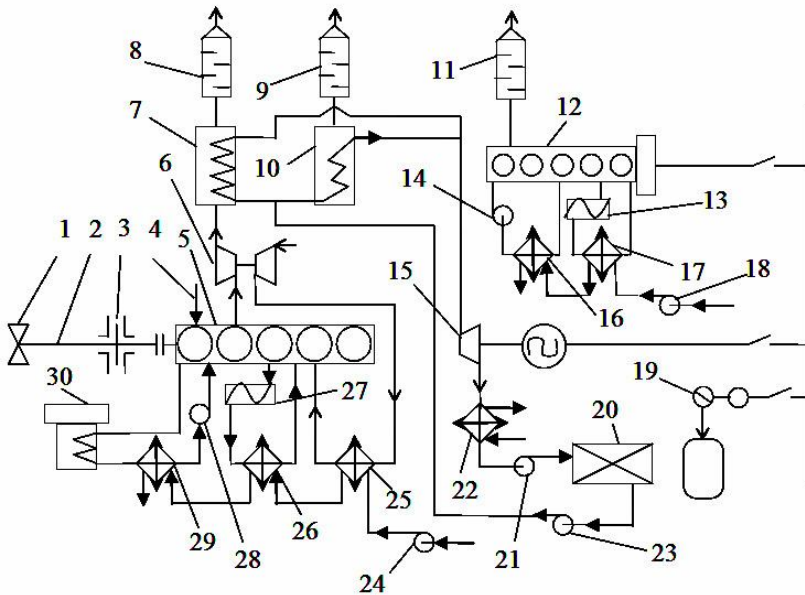


Рис. 2. Типовая функциональная схема ДЭУ:

1 – гребной винт; 2 – валопровод; 3 – главный упорный подшипник; 4 – топливо-подающий трубопровод; 5 – двигатель внутреннего сгорания; 6 – турбонадувочный агрегат; 7 – утилизационный котел; 8, 9 – глушители; 10 – вспомогательный котел; 11 – глушитель; 12 – дизель-генератор; 13 – масляный насос; 14 – охлаждающий насос пресной воды; 15 – турбогенератор; 16 – охладитель пресной воды; 17 – масляный охладитель; 18 – охлаждающий насос забортной воды; 19 – компрессор; 20 – теплый ящик; 21 – конденсатный насос; 22 – конденсатор; 23 – питательный насос; 24 – охлаждающий насос забортной воды; 25 – охладитель надувочного воздуха; 26 – масляный охладитель; 27 – масляный насос; 28 – охлаждающий насос пресной воды; 29 – охладитель пресной воды; 30 – вакуумный опресситель

Таблица 1

Основные виды отказов судовых дизельных двигателей,
котельных установок

Дизельные двигатели		Котельные установки	
1		2	
наименование неисправностей и отказов	процент отказов	наименование отказа	Процент отказов
Топливная аппаратура		Топочное устройство	
Закоксование, засорение и износ отверстий сопел форсунок	56,8	Износ распыливающей шайбы форсунки	18

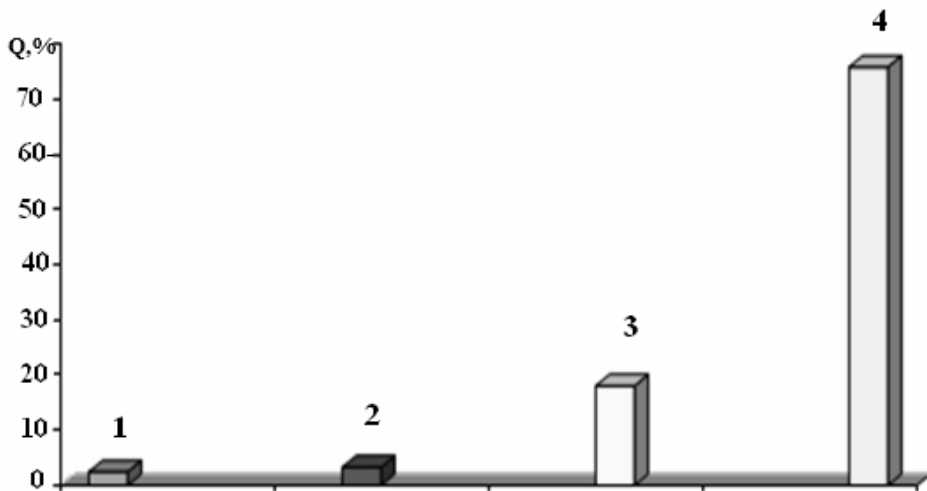
Продолжение табл. 1

1		2	
Зависание игл и трещины в соплах форсунок	11,3	Кладка топки	
Износ плунжерных пар и нарушение положения плунжера относительно втулки ТНВД	7,9	Отказ кладки топки с полной ее заменой	2,1
Детали цилиндропоршневой группы		Каркас котла	
Пригорание поршневых колец	4,5	Течь трубок	3,2
Трещины в головках поршней	1,1	Арматура	
Трещины днища крышки цилиндра	6,8	Отказ клапана	5,3
Обрыв анкерных связей	3,4	Отказ ВУП	6,4
Прогар выпускных клапанов	2,3	Износ набивки клапанов	24,4
Рамовые подшипники коленчатого вала		Отказ манометров	2,1
Выплавление антифрикционного сплава	3,4	Системы котельной установки	
Системы наддува		Отказ питательного насоса	5,3
Обрыв лопаток турбины	2,3	Отказ подогревателей	4,2
		Отказ топливных насосов	18
		Отказ системы автоматки	10

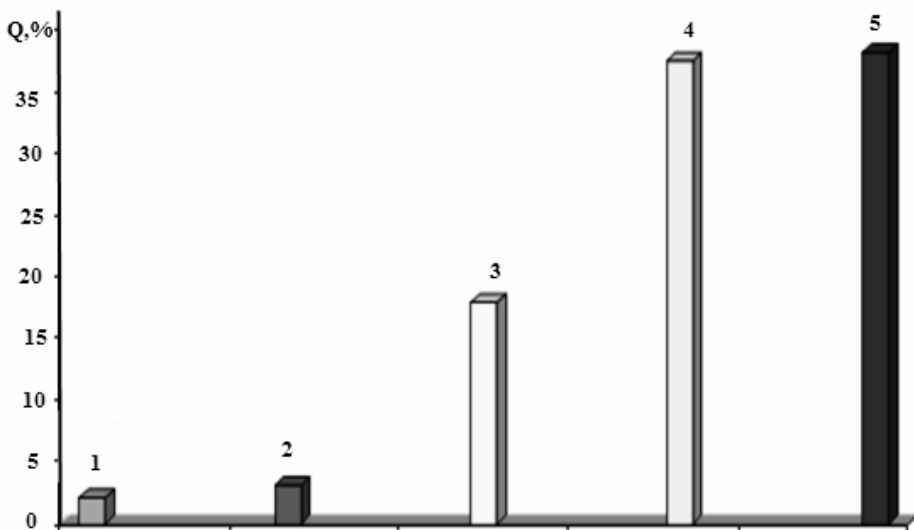
Из проведенного анализа статистических данных отказов ДЭУ следует то, что их величина существенно зависит от степени взаимодействия и взаимосвязи структурных компонентов ДЭУ между собой.

Преимущественное использование на судах ДЭУ обуславливает необходимость оценки рисков сложных комплексов функционально взаимосвязанных ее структурных компонентов в аварийных сценариях. При оценках рисков необходимо использовать как общие подходы, так и конкретные методы, обеспечивающие оценку риска и прогноз надежности, безопасности эксплуатации проектируемой СТС.

Известные методы и алгоритмы, обеспечивающие оценку и прогноз надежности, безопасности эксплуатации проектируемой СЭУ, требуют дальнейшего совершенствования.



*Рис. 3. Гистограмма отказов главных двигателей:
1 – отказы системы наддува; 2 – отказы рамовых подшипников
коленчатого вала; 3 – отказы деталей цилиндро-поршневой группы;
4 – отказы топливной аппаратуры*



*Рис. 4. Гистограмма отказов котельной установки:
1 – отказы кладки топки; 2 – отказы поверхности нагрева; 3 – отказы
топочного устройства; 4 – отказы систем котла;
5 – отказы арматуры*

Из литературных источников [8, 12-14] следует актуальность применения вероятностных подходов на основе концепции приемлемых рисков к оценке СЭУ. Однако такие подходы носят ограниченный характер и в большинстве случаев позволяют выполнить приблизительную оценку риска. Это связано с отсутствием единого подхода к задачам вероятностного анализа рисков СТС при различных внешних и внутренних воздействиях, с различными уровнями расчетных моделей и методик оценки надежности для подсистем и элементов СЭУ, а также с недостаточной проработанностью задач, касающихся анализа рисков отдельных компонентов и подсистем СЭУ. Все это затрудняет комплексную оценку риска как отдельной СТС, так и всей технической системы судна.

Как следует из [15-18] статистические данные о работе ДЭУ характеризуются относительно малыми совокупностями вероятностных показателей надежности компонентов СЭУ. Из результатов обработки отказов ГД следует, что вероятности отказов на основе статистических данных не дают достаточного объема объективной информации и не могут быть использованы для прогнозирования и оценки рисков двигателей и планирования технического обслуживания ГД по их состоянию.

В качестве метода, обеспечивающего оценку и прогноз надежности, безопасности эксплуатации проектируемой СЭУ предлагается использовать метод оценок структурных и функциональных рисков сложных технических систем в аварийных сценариях [19].

Показатель риска с учетом [20-22] может рассматриваться как функция двух переменных

$$R = f(F, C), \quad (1)$$

где F – частота нежелательного события;

C – мера ущерба от нежелательного события.

Для оценки рисков СТС часто вместо частоты используют вероятность события, а в качестве функции $f(F, C)$

$$R = PC, \quad (2)$$

где P – вероятность происшествия нежелательного события.

В качестве меры ущерба нежелательного события C , на основании изложенного в [19] метода оценок структурного и функционального рисков сложных технических систем, предлагается использовать структурный и функциональный ущербы элементов и МС. На основании (1) и (2) и с целью оценки рисков элементов и МС СЭУ необходимым является определение вероятностей отказов для каждого отдельного элемента и МС СЭУ. Данная цель может быть достигнута с помощью проведения ряда статистических испытаний за фиксированное время τ , в результате которых определяется количество выходов элементов и МС из строя (n). Тогда вероятность выхода из строя элементов и МС определяется

$$P_{v_i} = \frac{n_{v_i}}{\tau}, \quad (3)$$

$$P_{a_j} = \frac{n_{a_j}}{\tau}, \quad (4)$$

где P_{v_i} – вероятность выхода из строя i -го элемента СЭУ;

P_{a_j} – вероятность выхода из строя j -й МС СЭУ;

n_{v_i} – количество выходов из строя i -го элемента СЭУ;

n_{a_j} – количество выходов из строя j -й МС СЭУ;

$\tau = 10^6$ час. – период проведения статистических испытаний

В качестве основы для определения значений вероятностей выходов из строя элементов и МС СЭУ можно использовать данные из [6]. Зависимости общего структурного и функционального рисков от вероятностей полного и частичного выхода из строя по всем элементам и МС систем обслуживания СЭУ определяются суммарными значениями рисков и суммарными значениями вероятностей выхода из строя элементов и МС СЭУ

$$P_V = \frac{\sum_i^N P_{v_i}}{N} \quad (5)$$

$$P_A = \frac{\sum_j^M P_{a_j}}{M} \quad (6)$$

где P_V – суммарное значение вероятности выхода из строя элементов СЭУ;

P_A – суммарное значение вероятности выхода из строя МС СЭУ;

N – количество элементов СЭУ;

M – количество МС СЭУ.

Выводы. Данный метод может применяться для оценок рисков широкого класса СТС. Преимуществом предложенного метода является его простота и наглядность. Процедуры метода легко формализуются и трансформируются в вычислительный алгоритм и модель для оценок структурного и функционального рисков, что важно для СТС с большим количеством элементов и межэлементных связей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Maynard K.P. *Application of Double Resampling to Shaft Torsional Vibration Measurement for the Detection of Blade Natural Frequencies [Текст]* / K. P. Maynard. – *Proceedings of the 54th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology*. – Virginia Beach, VA. – 2000. – P. 87-94.
2. Banks J. *Structural Surface Intensity as a Diagnostic Indicator of machinery Condition [Текст]* / J. Banksand, S. Hambric. – *Proceedings of the 54th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology*. – Virginia Beach, VA. – 2001. – P. 551-558.
3. McClintic K. *Residual and Difference Feature Analysis with Transitional Gearbox Data [Текст]* / K. McClintic. – *Proceedings of the 54h Meeting of the Socicty for Machinery Failure Prevention Technology*. Virginia Beach, VA. – 2000. – P. 635-645.
4. Cooke R.M. *The design of reliability databases, part I: review of standard design concepts [Текст]* / R.M. Cooke. – *Reliability Engineering and System Safety*, 51. – 1996. – P. 137-146.
5. Fragola J.R. *Reliability and Risk Analysis Database Development: a Historical Perspective[Текст]* / J.R. Fragola. – *Reliability Engineering and System Safety*, 51. – 1996. – P. 125-136.
6. OREDA. *OREDA-Offshore Reliability Data Handbook 2002. – 4th Edition / OREDA 2002 4TH EDITION*. – 513 p.
7. Самойленко А.Ю. *Электронные системы контроля параметров рабочего процесса судовых средне- и высокооборотных дизелей: Монография [Текст]* / А.Ю. Самойленко. – СПб.: Судостроение, 2004. – 132 с.
8. Башуров Б.П. *Техническая эксплуатация судовых энергетических установок [Текст]* / Б.П. Башуров. – Новороссийск: МГА имени адмирала Ф.Ф.Ушакова, 2007. – 195 с.
9. Грибиниченко М.В. *Судовые энергетические установки [Текст]* / М.В. Грибиниченко.– Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2010. – 110 с.
10. Емельянов М.Д. *Оценка риска и критичные элементы морских судов [Текст]* / Емельянов М.Д. // *Проблемы развития морского флота: Сб. научн. трудов ЗАО «ЦНИИМФ»*. – СПб., 2009. – С. 20-41.
11. Крылов Е.И. *Надежность судовых дизелей [Текст]* / Е.И. Крылов. – М.: Транспорт, 1978. – 159 с.
12. Возницкий И.В. *Рабочие процессы судовых дизелей [Текст]* / С.В. Камкин, В.П. Шмелев, В.Ф. Остащенко. – М.: Транспорт, 1990.

13. Горбов В.М. Обеспечение надежности и живучести СЭУ на газотурбоэлектроходах [Текст] / В.М. Горбов, А.К. Чердиченко // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. научн. трудов. – Севастополь. – 2008. – Вып. 87. – С. 51-55.
14. Емельянов М.Д. Оценка риска и критичные элементы морских судов [Текст] / М.Д. Емельянов // Проблемы развития морского флота: Сб. научн. трудов ЗАО «ЦНИИМФ». – СПб., 2009. – С. 20-41.
15. Perakis A.N. Reliability Analysis of Great Lakes Marine Diesels [Текст] / I. Bahadi // State of the Art and Current Modeling, Marine Technology, 1990. – Vol. 27. – № 4. – P. 237-249.
16. Kawasaki Y. The Marine Diesel Engine and its Reliability Problems [Текст] / Y. Kawasaki Bulletin // Of the Marine Engineers Society of Japan. – 1998. – Vol. 8. – № 1. – P. 3-13.
17. Hunt G.A. Diesel Engine Analysis Review [Текст] / G.A. Hun // ASME ICE Di v. – 1997. – Vol. 27-1. – P. 109-117.
18. Вычужанин В.В. Оценки структурного и функционального рисков сложных технических систем [Текст] / В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Інформаційні технології. Системи управління. – 2014. – Т. 1. – № 2(67). – С. 18-22.
19. Long B.R. Enhancing the Process of Diesel Engine Condition Monitoring [Текст] / B.R. Long, K.D. Boutin // ASME ICE Div. – 1996. – Fall Technical Conference. – Vol. 27-1. – P. 61-68.
20. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска [Текст] / Хенли Э. Дж., Кумамото Х.М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.
21. Таганов А.И. Методика анализа и сокращения рисков проектов сложных программных систем по характеристикам качества [Текст] / А.И. Таганов // Вестник РГРТУ. – Рязань, 2010. – Вып. 30. – С. 77-82.

Стаття надійшла до редакції 22.04. 2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету **В.О. Яровенко**

доктор технічних наук, доцент кафедри «Математичне забезпечення комп'ютерних систем» Одеського національного університету ім. Мечникова **Ю.А. Гунченко**

УДК 629.5.052.3-52-049.5

*Знания, не рожденные опытом,
матерью всякой достоверности,
бесплодны и полны ошибок.*

Леонардо да Винчи

В.А. Дворецкий, П.П. Демиденко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННОГО ПАРАМЕТРА

В статье представлено обоснование выполненных экспериментальных исследований. Созданные условия проведения эксперимента позволяют установить с достаточной степенью достоверности разницу между однотипными измеряемыми навигационными параметрами. Результаты оценки точности основаны на большом количестве проведенных наблюдений, сведенных в таблицу и обработанных математическими методами.

Ключевые слова: эксперимент, радиолокационный пеленг, достоверность, точность навигационного параметра.

У статті представлено обґрунтування виконаних експериментальних досліджень. Створені умови проведення експерименту дозволяють встановити з достатньою мірою достовірності різницю між однотипними вимірюваними навігаційними параметрами. Результати оцінки точності засновані на великій кількості проведених спостережень, зведених в таблицю і оброблених математичними методами.

Ключові слова: експеримент, пеленг радіолокації, достовірність, точність навігаційного параметра.

The article represents justification of completed experimental researches. Created conditions for experimentation allow to indicate the difference between single-type navigation parameters with sufficient degree of accuracy. The results of accuracy evaluation are based on the great number of observations and processed mathematical methods combined in the table.

Keywords: experiment, radio-location bearing, authenticity, accuracy of navigation parameter.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Выполнение исследований направленных на установление точностных характеристик при определении параметров движения цели предлагают новые методы и системы для повышения надежности величин измеряемых навигационных параметров. За счет повышения точности навигационного параметра, в частности радиолокационного пеленга (РЛП), в радиолокационной станции (РЛС) можно

значительно упростит схему обработки информации, убрать сглаживающие фильтры, повысит и обеспечит высокую степень доверия к радиолокационной информации.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Исследований распределения источников погрешностей для электромагнитной волны РЛС проведено большое количество. Работы в этой области [1, 2, 6, 7] посвящены радиолокационным станциям воздушного и морского базирования и назначения. Однако улучшению качественных характеристик РЛС в системах автоматизированного определения параметров движения цели и ведения радиолокационной прокладки уделено очень мало внимания.

Формулирование целей статьи (постановка задачи). Исследование, систематизация и анализ экспериментальных данных относительно величин измеренной радиолокационной девиации (РЛД), полученных на судовой и береговой РЛС.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Для подтверждения гипотезы о возникновении и влиянии препятствий на пути распространения электромагнитной волны и воздействия на нее электромагнитного поля судна [4] была проведена разработка направления проведения экспериментальных исследований и обоснование условий. Если на электромагнитную волну с учетом конструктивных особенностей судна воздействуют факторы, заставляющие ее отклоняться от первоначальной траектории, то необходимо спланировать и провести эксперимент в условиях максимально возможного устранения дополнительного влияния, чтобы иметь основания для проведения сравнительного анализа данных, полученных в различных условиях. Для выполнения поставленной задачи подходило выполнение измерений радиолокационного пеленга по радиолокационной станции установленной не на судне. Этому условию удовлетворяет процесс снятия пеленгов на береговой радиолокационной станции (БРЛС). Высокая точность получения РЛП на БРЛС определена ее конструктивными особенностями, в частности более узкой шириной диаграммы направленности и отсутствием явного влияния больших масс судового металла в виде корпуса или груза. Для повышения точности экспериментально определяемого навигационного параметра на пеленгуемом судне величина пеленга рассчитывалась относительно географических координат. Точное место фиксировалось путем применения приемоиндикаторов системы ГРАС (гидрографическая радиодальномерная автоматизированная станция). Пересчет географических координат в полярные координаты производился на ПКГ-2 (преобразователь координат географических). Результаты выполненных наблюдений сведены в таблицу. Выполнена оценка точности проведенных измерений. Осредненные величины измерения навигационного параметра представлены в табл. 1.

Таблиця 1

Усредненные величины навигационного параметра

Количество измерений (n)	$\overline{\Delta \bar{I}}^{\circ}$	$\Sigma v_{\bar{I}_i}$	$\Sigma v_{\bar{I}_i}^2$	$\delta_{\bar{I}}^{\circ}$
144	0,01	0,09	14,6374	0,3

Погрешность измерения навигационного параметра рассчитана по формуле Бесселя

$$\delta_{\bar{I}} = \sqrt{\frac{\sum v_{\bar{I}_i}^2}{(n-1)}}$$

Проведенные экспериментальные исследования показывают большую точность измерения навигационного параметра, в данном случае РЛП, радиолокационной станцией расположенной на берегу с учетом повышенной вероятности достоверности получаемых данных при отсутствии внешних препятствий на пути распространения электромагнитной волны и влияния собственных магнитных или электрических полей в районе выполнения измерений.

По выбранному интервалу данных радиолокационных пеленгов вместе с расчетными пеленгами и определенными радиолокационными курсовыми углами, наряду с истинными курсовыми углами, построен график сравнения отклонения радиолокационной девиации для береговой РЛС и судовой РЛС приведенный на рис.1.

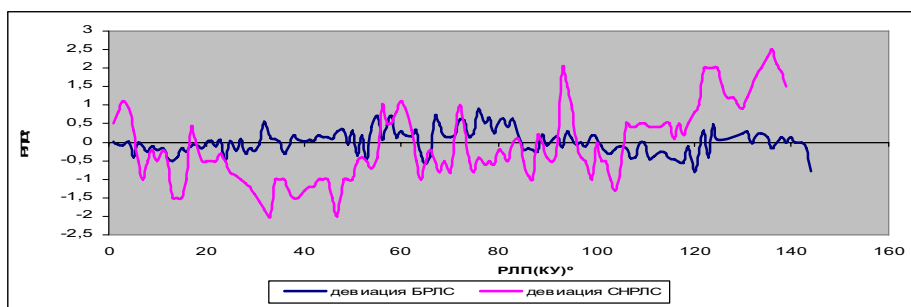


Рис. 1. Отклонения радиолокационной девиации

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению. Представленные кривые на графике наглядно показывают увеличение погрешностей измерения величин на РЛС судовой базирования по сравнению с такого же типа измерениями при помощи РЛС, установленных на берегу. Эти отклонения достигают 1-2 °, что на отдель-

ных направлениях в несколько раз превышают отклонения от истинного для БРЛС. Правомерно предположить, что это увеличение является следствием влияния дополнительных факторов (земного магнетизма, электромагнитного поля судна, судовой архитектуры и др.).

Для устранения известных влияний на электромагнитную волну РЛС на самых важных участках идут по пути размещения антенных систем в местах максимально свободных от препятствий и воздействия физических полей.

Так, радар для обеспечения выдачи данных о воздушных целях (рис. 2), призванный связать несколько систем противовоздушной и противоракетной обороны США единой информационной сетью предположительно будет находиться в море у побережья острова Адак на Аляске [8].



Рис. 2. Модернизированный морской радар

Эффективное определение величин систематических погрешностей, как отклонений от истинных значений в виде РЛД, на основе использования современных средств определения, фиксации и контроля места судна с применением предлагаемой методики автоматизированного учета РЛД позволяет значительно повысить (на 20-50%) [5] точность выработки параметров движения целей и, тем самым, приведет к повышению безопасности судовождения.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Байрашевский А.М. Судовые радиолокационные системы / А.М. Байрашевский, Н.Т. Ничипоренко. – М.: Транспорт, 1982. – 311 с.
2. Данцевич В.А. Использование автоматизированной береговой радиолокационной станции «Океан-СП» для обеспечения безопасности плавания судов в прибрежной зоне / В.Ф. Карпов, А.М. Жухлин, В.А. Данцевич // Записки по гидрографии. – 1988. – № 220. – С. 86-89.
3. Данцевич В.А. Радиолокационная проводка судна в узкостях / В.А. Данцевич, А.И. Шевченко, Д.И. Коваленко. – М.: Транспорт, 1984. – 79 с.
4. Дворецкий В.А. Анализ влияния архитектуры судна на диаграмму направленности антенны радара / В.А. Дворецкий, В.И. Коваленко // Рыбне господарство України – 2002. – № 2 (19). – С. 41-42.
5. Жерлаков А.В. Радиолокационные системы предупреждения столкновения судов / А.В. Жерлаков, Н.С. Зимин, О.В. Кононов. – Л.: Судостроение, 1984. – 200 с.
6. Зурабов Ю.Г. Судовые средства автоматизации предупреждения столкновений судов / Ю.Г. Зурабов, Р.Н. Черняев, Е.В. Яковлевич, В.Я. Яловенко. – М.: Транспорт, 1985. – 264 с.
7. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / В.Т. Кондрашихин. – М.: Транспорт, 1981. – 208 с.
8. <http://www.mda.mil/global/documents/pdf/sbx.pdf>

Стаття надійшла до редакції 20.10.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, директор інституту
Радіоелектроніки Одеського національного політехнічного університету
П.Є. Баранов

кандидат технічних наук, доцент кафедри Радіотехнічних систем
Одеського національного політехнічного університету **А.Н. Мелешкевич**

УДК 532+697.94

М.Ф. Латій

**ЕКОНОМІЧНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ
ПРИ НЕПРЯМОМУ ВИПАРІ ВОДИ**

У роботі приводяться результати теоретичних і експериментальних досліджень в області непрямого випарного охолодження повітря. Вода використовується в якості основного робочого агента.

Ключові слова: охолодження, повітря, випар, вода.

В работе приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований в области непрямого косвенного испарительного охлаждения воздуха. Вода используется в качестве основного рабочего агента.

Ключевые слова: охлаждение, воздух, испарение, вода.

Results over of theoretical and experimental researches are in-process brought in area of the indirect indirect evaporated cooling of air. Water is used as a basic worker of agent.

Keywords: cooling, air, evaporation, water.

Актуальність. Мікроклімат приміщень – один з найважливіших фізичних факторів від якого багато в чому залежать здоров'я й працездатність членів екіпажів. Оптимальний рівень фізіологічних функцій організму забезпечується при створенні теплового комфорту, коли суб'єктивні відчуття людини нормальні [1]. Аналіз існуючих способів виробництва холоду для комфортного кондиціонування повітря на судах [2-5] дозволяє виділити в якості перспективної екологічно чистої та економічної технології – непряме випарне охолодження повітря, коли як робочий агент використовується вода.

Охолоджувачі повітря випарного типу можуть використовуватися практично скрізь в побуті і промисловості, але особливо ефективні для напіввідкритих і відкритих приміщень. У цій області компресійні кондиціонери практично не застосовуються (витрати на їх експлуатацію не виправдано великі).

Мета роботи. Дослідження технічних характеристик дешевих, екологічно безпечних охолоджувачів повітря непрямого випарного типу з малими витратами електроенергії при виробництві і в експлуатації.

Дослідження. Основним значущим параметром при виборі конструкції охолоджувача є абсолютна вологість повітря, значення якої залежить від кліматичної зони і періоду року. Найважчими для охолоджувачів повітря непрямого випарного типу є умови в низьких широтах. Наприк-

лад в зоні Персидської затоки і Червоного моря в літні місяці абсолютна вологість повітря d може досягати від 0,02 кг. Вологи / кг сухого повітря до 0,022 кг. Вологи / кг сухого повітря при температурі повітря по сухому термометру до 55 °С.

Попередні дослідження показали, що при значеннях абсолютної вологості атмосферного повітря d більш 0,018 кг/кг і температурі t більш 40 °С має сенс використовувати схему протитечії сухого і вологого повітря в каналах охолоджувача повітря. Використовування як робочого агента морської води, що витрачається, вимагає завдання витрати морської води в три-чотири рази більшого, ніж витрата води, що випаровується.

Оскільки у охолоджувачах повітря випарного типу теоретично неможливо охолодити повітря нижче за точку роси, був проведений ряд досліджень для встановлення технічно досяжних меж охолодження повітря.

Як показали розрахунки і експерименти, практично досяжна межа охолодження повітря (t_n) в охолоджувачі пов'язана з абсолютною вологістю повітря (d) залежністю, приведеною на рис.1.

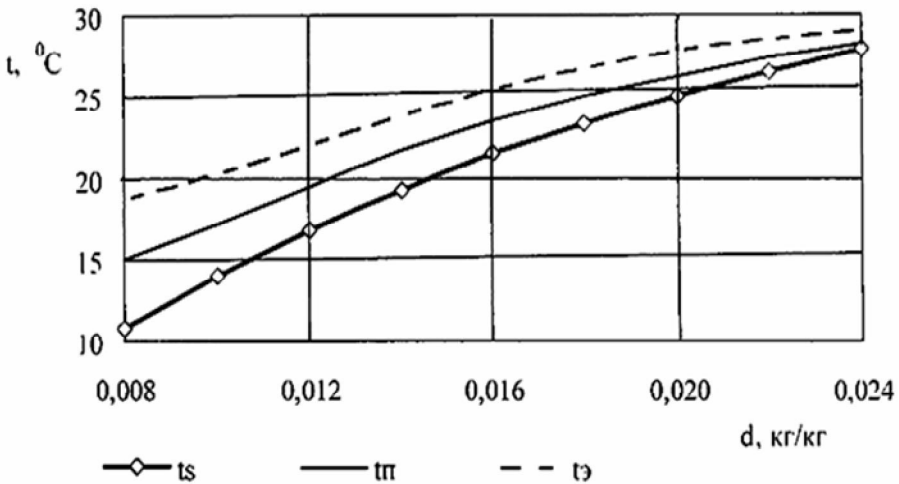


Рис. 1. Залежність технічно досяжної (t_n) та економічно обґрунтованої (t_e) температури охолодженого повітря і температури точки роси (t_s) від абсолютної вологості атмосферного повітря d

При дослідженнях температура атмосферного повітря приймалася рівною 45 °С. Для виробництва 1 м³/год. охолодженого повітря використовувалося 0,3 м² поверхні тепло-масообміну. Подальше збільшення питомої поверхні обміну не приводило до зниження тп.

Проводилися дослідження комбінованої схеми течій. У якості об'єкту розглядався охолоджувач повітря для салону пересувної лабораторії геологічної розвідки. Охолоджувач повітря призначався для забезпечення комфортних умов роботи співробітникам геологічних партій і сейсмологам. Місце установки охолоджувача – верхня частина кузова автомобіля-фургона об'ємом 14-18 м³.

Загальний вид охолоджувача представлений на рис.2.

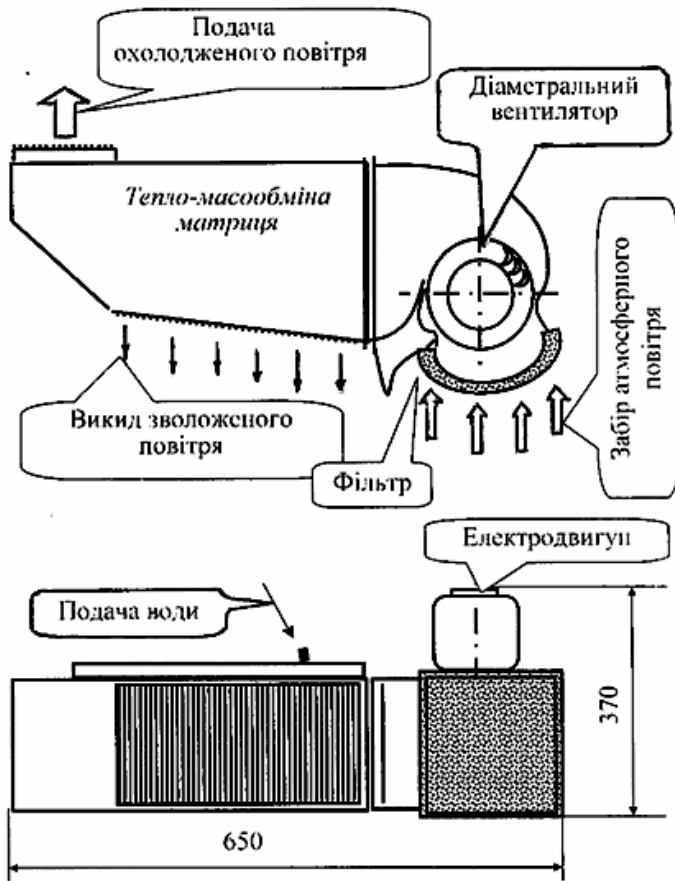


Рис. 2. Охолоджувач повітря для пересувної лабораторії

Охолоджувач повітря розраховувався на умови експлуатації в південних регіонах, де абсолютна вологість повітря може змінюватися в діапазоні від 6 г вологи / кг сух. повітря до 16 г вологи / кг сух. повітря. Діапазон температур від 30 до 45 °С.

Таблиця 1

Проектні характеристики охолоджувача

Показник	Фільтр	
	звичний	посилений
Продуктивність V, м ³ /год.	90-100	80-90
Споживана потужність W, Вт.	30-40	50-60

Спроектовано і виготовлено робочий макет охолоджувача. У якості поверхонь тепло-масообміну використовувалися пластини з міпласту товщиною 0,8 мм. Дозування подачі води здійснювалося за допомогою гніту.

Випробування проводилися в лабораторії кафедри «Технічна кібернетика» ОНМУ.

Таблиця 2

Вимірювання, проведені в лабораторії ОНМУ

Температура атмосферного повітря, °С	36	34	30	26	45	40	37	34	30	26
Вологість атмосферного повітря, г/кг	11,7	11,7	12	11,9	12	11,8	11,6	11,7	12	11,7
Температура охолодженого повітря, °С	19,2	18,8	18,6	18,5	23,6	22,7	21,5	20,6	19,7	18,7
Подача охолодженого повітря, м ³ /год.	45	45	45	45	72	72	72	72	72	72
Споживана електрична потужність, Вт.	16	16	16	16	42	42	42	42	42	42

Після безперервної роботи протягом двох з половиною місяців макет був розібраний і проведена дефектація поверхонь обміну. Оскільки як агент, що витрачається, використовувалася слабо мінералізована вода, спостерігалось засолення пір міпласту, що знижувало ефективність роботи охолоджувача.

Тому ухвалене рішення використовувати як поверхні обміну зварених: поліетиленової плівки і флізеліна Bezci 207 з клейким шаром на основі поліетилентерефталата, що було реалізовано в установці для Казахстану.

Таблиця 3

Вимірювання, проведені в польових умовах (Казахстан)

Температура атмосферного повітря, °С	40	40	42	41	43	39	41	42	40	38
Вогкість атмосферного повітря, г/кг	9,5	12	10	12	8,5	7,5	10	10	14	10
Температура охолодженого повітря, °С	21,2	22,5	26	25	21,8	18,8	22,5	24,8	23,5	20,4
Подача охолодженого повітря, м ³ /год.	79	81	110	115	92	90	85	110	110	72
Споживана електрична потужність, Вт.	35	36	47	45	36	32	37	47	45	26

Окрім того було розроблено охолоджувач повітря (з подачею охолодженого повітря $V_{ov} = 600 \text{ м}^3/\text{г}$) для роботи при параметрах зовнішнього повітря:

- абсолютна вогкість d змінювалась від 8 г вологи /кг сухого повітря до 13 г вологи /кг сухого повітря;
- температура t від 25 до 40 °С.

Випробування проводилися в лабораторії кафедри «Технічна кібернетика» ОНМУ. При експерименті імітувалися силові впливи на зразок, що відповідало жорстким умовам експлуатації.

Для забезпечення необхідного стану атмосферного повітря, що подається на вхід охолоджувача, використовувалася камера об'ємом $V_k = 32 \text{ м}^3$.

Камера обладнана незалежними вентиляторами, підігрівачами, осушувачами і зволожувачами повітря. Подача повітря в камеру регулювалася так, щоб надмірний тиск в камері не перевищував $\Delta P = 5 \text{ Па}$.

На початку кожного циклу випробувань охолоджувач заповнювався витратною водою з водопровідної мережі. Значення параметрів повітря на вході і виході охолоджувача вимірювалися для кожного варіанту завдання параметрів зовнішнього повітря не менше 7 разів і усереднювалися. Вимірювання проводилися після виходу охолоджувача на стаціонарний режим роботи, але не раніше ніж після напрацювання 15 хвилин на кожному режимі.

Параметри повітря на вході в охолоджувач вимірювалися в 5 точках рівномірно розташованих за площею перетину входу, параметри повітря на виході з охолоджувача вимірювалися в 9 точках рівномірно розташованих за площею перетину виходу. Результати вимірювань усереднювалися. Швидкість повітря на вході і виході охолоджувача вимірювалася на відстані не менше 50 мм від перетину входу (виходу).

В процесі проведення експерименту відхилення температури повітря, що подається в охолоджувач ($t_{\text{атм}}$), від розрахункового не перевищувало $0,2^{\circ}\text{C}$, відхилення значення абсолютної вологості (d) не перевищувало $0,8$ г/кг.

Деякі результати експерименту в порівнянні з розрахунком наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняння результатів розрахунку та експерименту

Температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	Абсолютна вологість зовнішнього повітря, г вологи / кг сухого повітря							
	8		10		12		14	
	розн.	експ.	розн.	експ.	розн.	експ.	розн.	експ.
24	14,1	14,6	16,3	16,7	18,1	18,6	20,1	20,2
26	15,1	15,5	17,1	17,4	18,8	18,9	20,7	20,8
28	15,9	16,2	17,9	17,9	19,5	19,7	21,3	21,1
30	16,8	16,9	18,6	18,7	20	20,3	21,8	21,5
32	17,5	17,6	19,2	19,5	20,7	20,4	22,3	22,1
34	18,1	18	19,8	19,7	21,2	21,1	22,7	22,5
36	18,7	18,7	20,3	20,1	21,7	21,5	23,1	22,8
38	19,2	19,1	20,9	20,5	22,1	22	23,5	23,2
40	19,7	19,4	21,3	21	22,5	22,1	23,8	23,4
42	20,2	19,5	21,8	21,3	22,8	22,4	24,1	23,5

Після експлуатації протягом 138 годин (2 місяці) макет був розібраний і проведений аналіз поверхонь обміну. На поверхні флізеліну (у нижній частині зони випаровування води) з'явилася малопомітна сітка відкладень солей, яка практично не впливала на теплообмін. Спостерігалася неістотна деформація профілю каналу.

Повітроохолоджувачі випарного типу можуть використовуватися практично скрізь у побуті й промисловості, але особливо ефективні для напіввідчинених і відкритих приміщень, У цій області компресійні кондиціонери практично не застосовуються (витрати на їхню експлуатацію невиправдано високі).

Висновки. Повітроохолоджувачі побічно-випарного типу можуть використовуватися практично скрізь у побуті й промисловості, але особливо ефективні для напіввідчинених і відкритих приміщень. У напіввідчинених і відкритих приміщеннях компресійні кондиціонери практично не застосовуються, так як витрати на їхню експлуатацію невиправдано високі. Охолоджувачі розглянутого типу можуть знайти застосування в місцях розташованих на березі моря або солоного озера при відсутності водопроводу й коли підвіз прісної води утруднений. Наприклад: окремі малі населені пункти, військові підрозділи й групи працівників, вилучені від центрів постачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ломов О.П. *Гигиенические основы обитаемости кораблей и судов.* – Л.: Судостроение, 1989. – 160 с.
2. Merkt R.V., Chelabchi V.N. *Ecologically clean cool-production on ships. Proceedings of the 6-th Congress of the IMAM.* – V.3. – Varna, Bulgaria. – 1993. – P.173-179.
3. Меркт Р.В., Челабчи В.В., Челабчи В.Н. *Оптимизация воздухоохладителей испарительного типа // Промышленная теплотехника.* Т. 25. – № 4. – 2003. – С. 167-168.
4. Латій Н.Ф., Меркт Р.В., Челабчі В.М. *Використання непрямого випарного охолодження повітря // Матеріали VIII міжнародної НПК «Наука і освіта '2005».* – Т. 61. Техніка. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 40-42.
5. Латій Н.Ф., Челабчи В.Н. *Исследования режимов работы охладителя воздуха непрямого испарительного типа // Матеріали міжнародної НПК «Наукові дослідження – теорія та експеримент '2005».* – Т. 9. – Полтава: ПНТУ, 2005. – С. 30-32.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2014

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

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація флоту» Одеського національного морського університету **О.Г. Слинько**

УДК 69.05:658.-62:728.1

В.А. Гришин, А.В. Гришин

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СКЛОНОВ
(Часть 3)

Рассматривается применение математического моделирования к проблеме нелинейного деформирования склонов.

Ключевые слова: математическое моделирование, напряжения, деформации, склоны, пластичность, оползни, алгоритм, программа.

Розглядається застосування математичного моделювання до проблеми нелінійного деформування схилів.

Ключові слова: математичне моделювання, напруга, деформації, склоны, пластичность, оползни, алгоритм, программа.

Application of mathematical modelling to a problem of nonlinear deformation of slopes is considered.

Keywords. Mathematical modelling, voltages, strains, slopes, plasticity, landslips, algorithm, the program.

Сама постановка вопроса о математическом моделировании какого-либо объекта порождает четкий план действий. Его можно условно разбить на три этапа: модель – алгоритм – программа. На первом этапе выбирается (или строится) «эквивалент» объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т. д. Второй этап – выбор (или разработка) алгоритма для реализации модели на компьютере. Модель представляется в форме, удобной для применения численных методов, определяется последовательность вычислительных и логических операций, которые нужно произвести, чтобы найти искомые величины с заданной точностью. На третьем этапе создаются программы, «переводящие» модель и алгоритм на доступный компьютер.

Самарский А.А., Михайлов А.П. <<Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры>>

В статьях [1, 2] рассматривалось математическое моделирование склонов при действии на них статических нагрузок. В данной статье будут исследоваться те же задачи, но при больших деформациях и пере-

мещениях склонов и действию на них динамической нагрузки. Под ней понимается переменная нагрузка, изменяющаяся во времени быстрее, чем рассеиваются вызванные ею в грунте склона напряжения. Практически все динамические нагрузки являются циклическими (однократными или многократными) и представляют собой колебания – чередование во времени (периодическое и непериодическое) возрастания и убывания напряжений [3]. По особенностям воздействия на грунты весь спектр природных и техногенных динамических нагрузок можно разделить на две группы – вибрационные и импульсные. Все практически значимые для инженерной деятельности нагрузки, как показано на рисунке 1, находятся до частот 100 Гц.

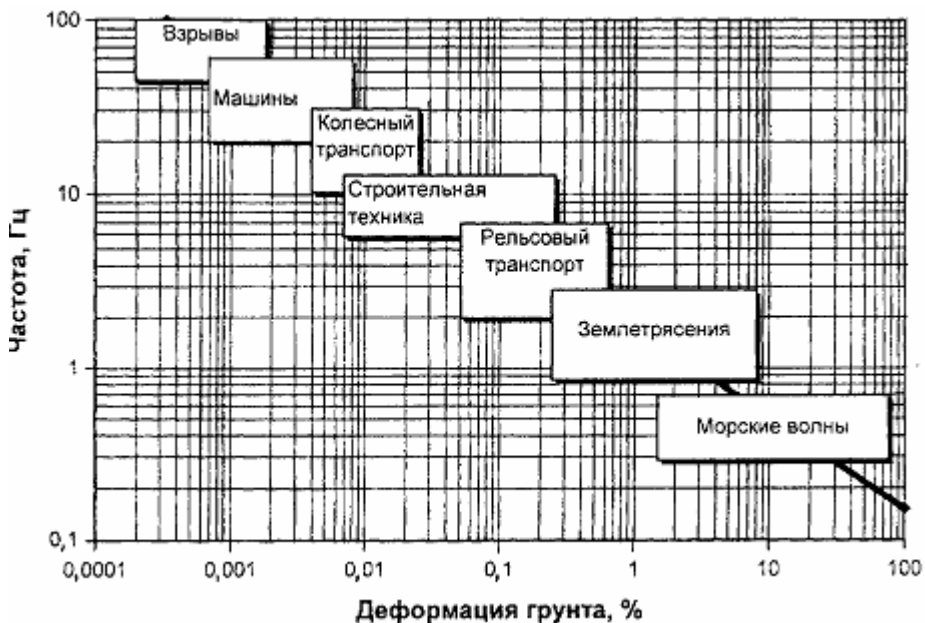


Рис. 1. Обобщенная характеристика динамических нагрузок различного происхождения

Как показано в [4], постановку задачи о математическом моделировании можно разбить на три этапа: модель – алгоритм – программа. Кратко рассмотрим эти этапы применительно к склонам, которые находятся под воздействием собственного веса и приложенных ранее статических, а затем динамических нагрузок. Как отмечено выше, только статическое нагружение склонов исследовалось ранее, поэтому, учитывая эти результаты, сразу перейдем к их динамическому нагружению. Но под действием статических и динамических нагрузок в склонах могут возникать большие деформации и перемещения, которые также должны быть учтены в модели склона и определены из расчетов. В этом случае, используя лагранжев подход, где переменными являются материальные

координаты x_k и t , вектор перемещения $\mathbf{u} = u_k \mathbf{i}_k$ определяется для материальной частицы склона в момент времени t как

$$\mathbf{u}(x_k, t) = \mathbf{X}(x_k, t) - \mathbf{x}(x_k, t_0),$$

а связь между тензором деформации Коши-Грина \mathbf{C} и вектором перемещений \mathbf{u} находится в виде [5]

$$\mathbf{C} = \frac{1}{2}(\overset{\circ}{\nabla} \mathbf{u} + \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{u}^T + \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{u} \cdot \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{u}^T), \gamma_{ks} = \frac{1}{2}(u_{k,s} + u_{s,k} + u_{t,k} u_{t,s}). \quad (1)$$

Это соотношение, записанное в приращениях и в линеаризованной по Δu_i форме, можно представить как

$$\Delta \gamma_{ks}^{\wedge} = \frac{1}{2} [(\delta_{ms} + u_{m,s}) \Delta u_{m,k} + (\delta_{mk} + u_{m,k}) \Delta u_{m,s}] \quad (2)$$

При решении нелинейных задач возникают сложности, связанные с отсутствием информации об актуальной конфигурации V_t , в которой определяется тензор напряжений Коши $\boldsymbol{\sigma}$. Поэтому при решении нелинейных задач удобнее находить напряженное состояние с применением отсчетной конфигурации V_0 , которая описывается исходными данными. В связи с этим, приходится оперировать с возникающими тензорами напряжений, определенными в этой конфигурации. Из них здесь будет использоваться только симметричный тензор напряжений Кирхгофа \mathbf{K} , который определяется через тензор напряжений Коши следующим образом

$$\mathbf{K} = \sqrt{D} \nabla \mathbf{x}^T \cdot \boldsymbol{\sigma} \cdot \nabla \mathbf{x}, \boldsymbol{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{D}} \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{X}^T \cdot \mathbf{K} \cdot \overset{\circ}{\nabla} \mathbf{X}. \quad (3)$$

Здесь \mathbf{x} – радиус-вектор материальной частицы грунта относительно системы отсчета, а $\mathbf{X}(x_k, t)$ – радиус-вектор, определяющий положение материальной частицы в актуальной конфигурации также относительно системы отсчета.

На первом этапе строится модель рассматриваемой сложной системы, которая в математической форме отображает важнейшие ее свойства, формулируемые в виде фундаментальных законов природы. В работе [5] показано, что грунты склонов даже под действием собственного веса находятся в упругопластическом состоянии, поэтому их модель должна учитывать этот фактор. Грунты склонов обычно подвержены сложным нагружениям, следовательно, деформационные теории пластичности не применимы. Поэтому должна использоваться более сложная теория пластического течения с упрочнением. Элементарная работа внешних сил, отнесенных к единице объема отсчетной конфигурации, определяется через тензор напряжений Кирхгофа как [5]

$$\delta a = \mathbf{K} : \delta \mathbf{C}.$$

Здесь символ «:» обозначает дойное скалярное умножение. Тензоры, разделенные этим символом, называются сопряженной парой тензоров. Для этого случая уравнение состояния в приращениях можно записать в следующем виде [5]:

$$\Delta \kappa_{ij} = \bar{D}_{ijnm} \Delta \gamma_{nm}^A, \quad (4)$$

где

$$\bar{D}_{ijnm} = D^{(N)} D_{\alpha\beta\xi\eta} x_{i,\alpha} x_{j,\beta} x_{n,\xi} x_{m,\eta}, \quad \sqrt{D} = |X_{\kappa,s}|.$$

Физико-механические параметры грунтов, характеризующие их свойства, которые необходимы для этой теории, могут быть определены по методике, приведенной, например, в работе [6].

Уравнение движения, равновесия и статические граничные условия с применением тензора Кирхгофа \mathbf{K} являются нелинейными, они зависят от деформированного состояния сплошной среды. Так соотношения принципа виртуальной работы, определенные в полных напряжениях и в приращениях, которые выполняются независимо от того являются ли грунты склона твердыми, жидкими, упругими или пластичными, приведены в компонентной форме в следующем виде:

$$\int_{\dot{V}} \left[\kappa_{sm} \delta \gamma_{sm} + \left(\rho \ddot{\mathbf{u}}_m + \mathbf{c}_m \dot{\mathbf{u}}_m - \mathbf{F}_m \right) \delta \mathbf{u}_m \right] d\dot{V} -$$

$$- \int_{\dot{S}_i} \mathbf{q}_m \delta \mathbf{u}_m d\dot{S} - \int_{\dot{S}_p} \mathbf{p}_m \delta \mathbf{u}_m d\dot{S} = 0, \quad t \in (0, \infty),$$

$$\int_{\dot{V}} \left\{ \begin{aligned} & \Delta \kappa_{sm} \delta \Delta \gamma_{sm}^A + (\rho \Delta \ddot{u}_s + c_s \Delta \dot{u}_s) \delta u_s + \\ & + \frac{1}{2} \kappa_{sm} \delta (\Delta u_{n,s} \Delta u_{n,m}) - \Delta F_s \delta \Delta u_s + \\ & \left[\kappa_{sm} \delta \Delta \gamma_{sm}^A + \left(\rho \ddot{u}_s + c_s \dot{u}_s - F_s \right) \delta \Delta u_s \right] \end{aligned} \right\} d\dot{V} -$$

$$- \int_{\dot{S}_i} \left(\Delta \dot{q}_s + \dot{q}_s \right) \delta \Delta u_s d\dot{S} - \int_{\dot{S}_p} \left(\Delta \dot{p}_s + \dot{p}_s \right) \delta \Delta u_s d\dot{S} = 0, \quad (5)$$

$$t \in (0, \infty).$$

Интегралы в (5) вычисляются в отсчетной конфигурации, т.е. их пределы интегрирования известны заранее по исходным данным и не зависят от определяемых неизвестных величин, которыми являются перемещения.

При исследовании задач с малыми удлинениями и сдвигами принимается, что актуальные конфигурации склона V_t совпадают с его отсчетной конфигурацией V_0 . Это существенно облегчает решение. Но

при деформировании с более 10 % градиентами перемещений такой подход может привести к качественно и количественно неверным результатам. Поэтому процесс решения задач с большими деформациями порождает дополнительные трудности, связанные, во-первых, с геометрической нелинейностью исходных уравнений и, во-вторых, с отсутствием информации об актуальных конфигурациях тела V_t .

Первая проблема приводит к введению различных тензоров напряжений и деформаций и к двум основным подходам в исследовании задач механики: Лагранжа и Эйлера. Здесь при решении рассматриваемой задачи используем уравнения в формулировке Лагранжа. Основным преимуществом такого подхода является постоянство области изменения пространственных переменных. Хотя информация об актуальных конфигурациях в процессе расчета необходима, но применение методов инкрементального типа вносит существенные упрощения в реализацию проблемы решения. Вторая проблема порождает широко используемые методы решения задач инкрементального (скоростного) типа. Такой подход позволяет одно полное нагружение заменить на эквивалентный ряд малых последовательных шагов и определять конфигурацию тела, а также напряжения и деформации, на последующем шаге из предыдущего, на котором они известны. В этом случае в качестве отсчетной конфигурации последующего нагружения принимается актуальная конфигурация предыдущего. Это дает возможность процесс определения результатов для каждого нагружения записывать в виде однотипных операций, используя алгоритм решения геометрически линейных задач, которые рассмотрены в [2].

Поставленная задача решается в два этапа. На первом этапе рассматривается статическая задача определения напряженно-деформированного состояния склона от действия собственного веса грунтового массива и ранее приложенных к нему статических нагрузок. На втором этапе решается динамическая задача от действия, например, сейсмических сил. На этих этапах необходимо реализовать две проблемы:

- 1) дискретизацию области, занимаемой склоном, и дискретизацию исходных уравнений;
- 2) построение итерационного процесса для определения искомых функций, характеризующих напряженно-деформированное состояние тела с наперед заданной прочностью.

Решение первой проблемы позволяет представить рассматриваемую задачу в алгебраической форме, т.е. перейти от бесконечного числа степеней свободы склона к конечному числу. Ее можно реализовать, используя различные проекционные методы. Здесь применен метод конечных элементов. Решение этой проблемы и статические методы расчета подробно изложены в [2]. Решение второй проблемы дает возможность произвести линеаризацию исходных нелинейных уравнений. При этом операцию по корректировке их коэффициентов можно выполнять на каждой итерации решения или через их заданное число.

Перейдем к решению динамических задач. В матричной форме в момент времени t_n уравнение движения тела преобразуется к следующему виду

$$\left(\mathbf{M} + \frac{1}{\rho} [\mathbf{h}]^T [\mathbf{H}]^{-1} \mathbf{h} \right) \ddot{\boldsymbol{\delta}}_n + \mathbf{C} \dot{\boldsymbol{\delta}}_n + \mathbf{K}(\boldsymbol{\delta}_n) \boldsymbol{\delta}_n = \mathbf{Q}_n. \quad (6)$$

Здесь первое слагаемое в круглых скобках есть матрица масс, которая для каждого конечного элемента равна

$$M_{(e)}^{ij} = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [N_{(e)}^i]^m \rho_{(e)} [N_{(e)}^j] h_{(e)} \det \mathbf{J}_{(e)} d\eta_1 d\eta_2 = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 m_{(e)}^{ij} d\eta_1 d\eta_2.$$

Второе слагаемое в скобках (6) называется матрицей присоединенных масс, она учитывает влияние водной среды на склон при его колебаниях [5]. Обозначим сумму в скобках через $\overline{\mathbf{M}}$ и назовем ее приведенной массой.

Второе слагаемое в (6) есть матрица демпфирования, которая для каждого конечного элемента равна

$$C_{(e)}^{ij} = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [N_{(e)}^i]^m c_{(e)} [N_{(e)}^j] h_{(e)} \det \mathbf{J}_{(e)} d\eta_1 d\eta_2 = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 c_{(e)}^{ij} d\eta_1 d\eta_2.$$

Свойства матрицы \mathbf{C} зависят не только от диссипативной энергии материалов склонов, но и от их конструктивных особенностей. Поэтому часто для определения матрицы \mathbf{C} используют гипотезу Рейля, согласно которой эта матрица определяется как линейная суперпозиция матриц масс и жесткости

$$\mathbf{C} = \alpha \mathbf{M} + \beta \mathbf{K}.$$

Константы α и β определяются с использованием коэффициентов затухания ζ_i для двух независимых частот колебаний или другими способами. Достоинство этого метода заключается в том, что матрица \mathbf{C} становится ленточной как и матрицы \mathbf{M} и \mathbf{K} , что очень важно при численной реализации решения рассматриваемых задач, так как нет необходимости отдельно от матриц \mathbf{M} и \mathbf{K} вычислять матрицу \mathbf{C} .

$\mathbf{K}(\boldsymbol{\delta})$ в (6) называется матрицей жесткости системы, которая зависит через матрицу \mathbf{D} от вектора глобальных узловых перемещений $\boldsymbol{\delta}$. Она подробно рассмотрена в [2]. \mathbf{Q} – действующая на склон динамическая нагрузка.

Заданный по условию задачи отрезок времени от 0 до T , на котором определяются искомые величины $\boldsymbol{\delta}$, $\dot{\boldsymbol{\delta}}$ и $\ddot{\boldsymbol{\delta}}$, делится на N временных интервалов Δt_i , которые могут иметь разные значения.

Решение определяется в дискретных точках t_1, t_2, \dots, t_N , расположенных на расстоянии Δt_i друг от друга. Изменение перемещений, скоростей и ускорений внутри каждого временного интервала Δt_i будет влиять на точность, устойчивость и продолжительность процесса решения. Алгоритмы шаговых методов, которые будут здесь реализованы, предполагают, что для определения решения в момент времени $t_{n+1} = t_n + \Delta t_n$ все значения $\delta_n, \dot{\delta}_n, \ddot{\delta}_n$ для момента времени t_n известны. Следовательно, чтобы начать стартовую процедуру решения, должны быть заданы или определены заранее при $t_0 = 0$ начальные значения $\delta_0, \dot{\delta}_0$ и $\ddot{\delta}_0$. Для вычисления перемещения δ_{n+1} необходимо использовать уравнение (6) в момент времени t_n или t_{n+1} . В зависимости от этого методы решения подразделяются на методы явного или неявного интегрирования. Классические алгоритмы этих методов использовались в основном для решения линейных задач, например, в работе [7]. Для рассматриваемых здесь упругопластических задач эти методы могут быть использованы только после существенной модификации.

Для решения уравнения (6) использовались как методы явного, так и неявного интегрирования. Решения показали, что для рассматриваемых задач наиболее приемлемыми являются методы второго типа. Основным недостатком явных методов решения является их условная устойчивость. Это свойство заключается в том, что шаг интегрирования Δt должен быть меньше критического значения Δt_{cr} , которое определяется из следующего соотношения [7]:

$$\Delta t \leq \Delta t_{cr} = \frac{T_n}{\pi},$$

где T_n – наименьший период собственных колебаний склона.

Уменьшение временного шага Δt на заданном отрезке времени $[0, T]$ вызывает отрицательное последствие, связанное с увеличением времени счета на ЭВМ. Примеры, приведенные в [8] показали, что для устойчивого счета необходимо было принимать $\Delta t < 0,00001$ с. Например, на отрезке заданного времени равным 10с требовалось выполнить 100000 обходов расчетной области склона (по всем узлам конечных элементов расчетной схемы склона), что занимает много времени ЭВМ.

Поэтому здесь остановимся на методе Ньюмарка и его возможных модификациях, которые относятся к методам неявного интегрирования. Для определения перемещения δ_{n+1} в момент времени t_{n+1} получено следующее уравнение:

$$\bar{\mathbf{K}}\delta_{n+1} = \mathbf{R}_{n+1}, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} \mathbf{K} &= \frac{1}{\alpha(\Delta t)^2} \mathbf{M} + \frac{\beta}{\alpha \Delta t} \mathbf{C} + \mathbf{K}, \\ \mathbf{R}_{n+1} &= \mathbf{Q}_{n+1} + \mathbf{M} \left[\frac{1}{\alpha(\Delta t)^2} \delta_n + \frac{1}{\alpha \Delta t} \dot{\delta}_n + \left(\frac{1}{2\alpha} - 1 \right) \ddot{\delta}_n \right] + \\ &+ \mathbf{C} \left[\frac{\beta}{\alpha \Delta t} \delta_n + \frac{1}{\alpha} (\alpha - \beta) \dot{\delta}_n + \frac{\Delta t}{2\alpha} (\beta - 2\alpha) \ddot{\delta}_n \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Начальными условиями для метода Ньюмарка являются

$$\begin{aligned} \delta_0 &= \bar{\delta}, \quad \dot{\delta}_0 = \bar{\dot{\delta}}, \\ \ddot{\delta}_{n+1} &= \frac{1}{\alpha(\Delta t)^2} (\delta_{n+1} - \delta_n) - \frac{1}{\alpha \Delta t} \dot{\delta}_n + \frac{1}{2\alpha} (1 - 2\alpha) \ddot{\delta}_n, \\ \dot{\delta}_{n+1} &= \frac{\beta}{\alpha \Delta t} (\delta_{n+1} - \delta_n) - \frac{1}{\alpha} (\alpha - \beta) \dot{\delta}_n + \frac{\Delta t}{2\alpha} (2\alpha - \beta) \ddot{\delta}_n. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь $\bar{\delta}$, $\bar{\dot{\delta}}$ – заданные значения вектора перемещений и вектора скорости при $t_0 = 0$.

Алгоритм решения упругопластических задач будет существенно отличаться от алгоритма решения линейных задач [7] по следующим причинам:

1. Пластические деформации определяются в приращениях, поэтому уравнение (7) будут содержать в левой части не δ_{n+1} , а вектор приращения для узловых перемещений $\Delta\delta_{n+1}$.

2. При численном решении уравнения (7) в приращениях в каждый момент времени происходит накопление различных ошибок округления, поэтому в правой части этого уравнения будет вместо вектора \mathbf{R}_{n+1} входить вектор невязки, который имеет следующий вид:

$$\Delta\mathbf{R}_{n+1} = \mathbf{Q}_{n+1} - \bar{\mathbf{M}}\dot{\delta}_{n+1} - \mathbf{C}\dot{\delta}_{n+1} - \mathbf{K}(\delta)\delta_{n+1}. \quad (10)$$

Поэтому необходимо строить дополнительный итерационный процесс для уменьшения этой невязки до наперед заданной малой величины.

3. При приближенном решении полный вектор напряжений κ_n может выходить за пределы области ограниченной поверхностью нагружения, что в упругопластических задачах недопустимо. Поэтому необходимо строить процедуру возвращения вектора κ_n в указанную область.

В момент времени t_{n+1} на i -й итерации уравнение (7), записанное в приращениях, принимает следующий вид:

$$\bar{\mathbf{K}}(\delta_{n+1}^i) \Delta \delta_{n+1}^i = \Delta \mathbf{R}_{n+1}(\delta_{n+1}^i). \quad (11)$$

Для итерации $i+1$ вектор узловых перемещений определяется как

$$\delta_{n+1}^{i+1} = \delta_{n+1}^i + \Delta \delta_{n+1}^i.$$

Итерационный процесс на i -й итерации заканчивается, если выполняется условие

$$\frac{\|\Delta \delta_{n+1}^i\|}{\|\delta_{n+1}^i + \Delta \delta_{n+1}^i\|} \leq \varepsilon_0, \quad (12)$$

где ε_0 – наперед заданная точность решения.

Если в момент времени t_{n+1} выполняется условие (12), то решение принимается равным $\delta_{n+1} = \delta_{n+1}^{i+1}$.

На каждой итерации необходимо заново вычислять вектор невязки $\Delta \mathbf{R}(\delta_{n+1}^i)$ и матрицу $\bar{\mathbf{K}}(\delta_{n+1}^i)$, в которую входит матрица $\mathbf{K}(\delta_{n+1})$, а последняя сложным образом выражается через векторы κ , γ^p , χ , определяемые через производные от функции нагружения. При обращении матрица $\bar{\mathbf{K}}(\delta_{n+1}^i)$ на каждой итерации можно строить решение по методу касательных жесткостей. В этом случае приходится при применении методов исключения по Гауссу выполнять для больших систем алгебраических уравнений трудоемкий прямой и обратный ход, что требует значительных затрат времени ЭВМ.

Можно корректировать матрицу $\bar{\mathbf{K}}(\delta_{n+1}^i)$ не на каждой итерации, а через заданное их число. Такая процедура сокращает время решения системы алгебраических уравнений, но сходимость итерационного процесса замедляется. Например, итерационный процесс по методу касательных жесткостей записывается в виде

$$\Delta \delta_{n+1}^{i+1} = \Delta \delta_{n+1}^i - \bar{\mathbf{K}}^{-1}(\delta_{n+1}^i) \Delta \mathbf{R}(\delta_{n+1}^i), \quad i = 1, 2 \dots \quad (13)$$

Часто вместо матрицы $\bar{\mathbf{K}}(\delta_{n+1}^i)$ используют матрицу $\bar{\mathbf{K}}_0(\delta_{n+1})$, которая вычисляется на первой итерации. В этом случае процесс решения называется методом начальных жесткостей, в котором прямой ход при исключении по Гауссу выполняется один раз, а обратный ход, требующий во много раз меньше затрат времени ЭВМ, реализуется на каждой

итерации. Итерационный процесс по методу начальных жесткостей записывается как

$$\Delta \delta_{n+1}^{i+1} = \Delta \delta_{n+1}^i - \overline{\mathbf{K}}^{-1}(\delta_{\circ}) \Delta \mathbf{R}(\delta_{n+1}^i), \quad i = 0, 1, 2 \dots \quad (14)$$

При выполнении итерационного процесса (12) или (13) требуется использовать процедуру возвращения вектора напряжений κ в область, ограниченную функцией нагружения.

При реализации итерационного процесса приходится решать систему линейных алгебраических уравнений. Для этого использовался фронтальный метод [9]. В этом методе исключение неизвестных производится в порядке, определенном нумерацией элементов. Нумерация самих же неизвестных не играет никакой роли в решении. Поэтому исключение неизвестных выполняется одновременно с формированием уравнений, причем все это происходит в оперативной памяти ЭВМ.

Общий алгоритм решения по неявному методу выполняется в следующей последовательности.

1. Задаются исходные данные: геометрические параметры тела; тип решаемой задачи; механические характеристики материалов тела, т.е. грунтов; временные параметры; действующие нагрузки; начальные напряжения; приложенные сосредоточенные массы.

2. Формируется матрица сосредоточенных или распределенных масс, матрица присоединенных масс и матрица демпфирования.

Строится цикл по моментам времени t_1, t_2, \dots, t_N . Пусть определены все искомые данные для момента времени, начиная от t_1 до t_n .

Необходимо произвести вычисления для времени t_{n+1} .

Организуется итерационный процесс по индексам $i = 1, 2 \dots$

3. Определяются значения $\delta_{n+1}^i, \dot{\delta}_{n+1}^i, \ddot{\delta}_{n+1}^i$ по формулам (9).

При равенстве $i = t_j$ они находятся из начальных условий

$$\delta_j = \bar{\delta}, \quad \dot{\delta}_j = \bar{\dot{\delta}}, \quad \ddot{\delta}_j = 0. \quad (15)$$

4. Вычисляются элементы матрицы $\overline{\mathbf{K}}(\delta_{n+1}^i)$. Если используется метод касательных жесткостей, то эта матрица определяется при каждом значении i , иначе, в зависимости от модификации метода решения только для некоторых значений i .

5. По формуле (10) определяется вектор невязки (вектор эффективной нагрузки).

6. Выполняется процедура возвращения вектора напряжений в область, ограниченную поверхностью нагружения. Этот шаг реализуется только для упругопластических задач [2].

7. По первой формуле из (8) формируется матрица жесткости $\overline{\mathbf{K}}$, если используется метод касательных жесткостей, в противном случае она берется из предыдущей итерации.

8. Решается уравнение (11).

9. Определяются исправленные значения векторов перемещений, скоростей и ускорений по формулам:

$$\begin{aligned}\delta_{n+1}^{i+1} &= \delta_{n+1}^i + \Delta \delta_{n+1}^i, \\ \dot{\delta}_{n+1}^{i+1} &= (\delta_{n+1}^{i+1} - \delta_{n+1}^-) / [\beta (\Delta t)^2], \\ \ddot{\delta}_{n+1}^{i+1} &= \ddot{\delta}_{n+1}^i + \Delta t \beta \dot{\delta}_{n+1}^{i+1}.\end{aligned}$$

10. По формуле (12) делается проверка сходимости итерационного процесса. Если она не выполняется, то параметр i увеличивается на единицу и осуществляется возврат к шагу 3. При выполнении условия (12) определяются следующие значения:

$$\delta_{n+1} = \delta_{n+1}^{i+1}, \quad \dot{\delta}_{n+1} = \dot{\delta}_{n+1}^{i+1}, \quad \ddot{\delta}_{n+1} = \ddot{\delta}_{n+1}^{i+1}.$$

Цикл по i заканчивается, временная переменная увеличивается на единицу и процесс решения начинается с шага 3. Если $t = t_N$, то решение задачи заканчивается.

Метод Ньюмарка безусловно устойчив при выполнении неравенств $\beta \geq 0,5$, $a \geq 0,25 (0,5 + \beta)^2$. Если используется $\beta \geq 0,5$, то колебания с высшими частотами будут подавляться, а затухание в основных тонах будет проявляться значительно слабее. Для создания искусственного демпфирования можно принимать $\alpha = 0,28$ и $\beta = 0,55$. В этом случае допускается исключать из уравнения (6) и всех последующих соотношениях матрицу демпфирования \mathbf{C} и таким образом экономить время вычисления. Наивысшая точность метода Ньюмарка достигается при $\alpha = 0,25$ и $\beta = 0,5$.

Безусловная устойчивость метода Ньюмарка позволяет во много раз увеличить временной интервал Δt по сравнению с явными методами. Это особенно важно в задачах, когда требуется определить влияние колебательных процессов на сооружения, расположенные на некотором расстоянии от мест приложения динамических нагрузок.

Предложенная методика для неявного метода была реализована для вычислений на ЭВМ в системе Delphi и включена в программный комплекс решения нелинейных задач.

Рассмотрим пример склона, расчетная схема которого показана на рисунке 2. Другие различные примеры исследования склонов рассмотрены в работе [10]. Полагаем, что в его грунтах процесс консолидации закончился, т.е. они могут быть описаны моделью сплошной квазиоднофазной среды.

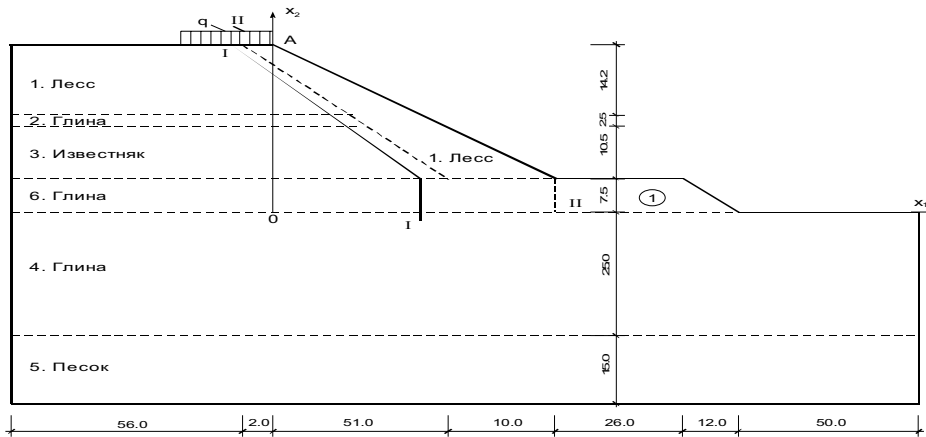


Рис. 2. Расчетная схема склона

Основные механические характеристики грунтов склона приведены в следующей таблице.

Номер	Грунт	E МПа	μ	ρ кг/см ³	c МПа	ϕ градусы
1.	Лесс	8,6	0,3	0,0016	0,023	24
2.	Глина	10,4	0,4	0,0016	0,024	15
3.	Известняк	9,0	0,2	0,0017	0,021	23
4.	Глина	16,0	0,4	0,002	0,02	18
5.	Глина	14,0	0,4	0,0016	0,01	14
6.	Песок	28,0	0,3	0,0016	0,005	26

Пусть грунты склона находятся под действием только собственного веса, нагрузка q отсутствует. Определение напряжений и деформаций, возникших в грунтах от такого, казалось бы, простого воздействия, является на самом деле очень сложной, а если быть точным, то неразрешимой задачей. Неизвестно, когда и как произошло образование грунтового массива, какие процессы за это время происходили в нем, и какое дополнительное нагружение они испытывали, т.е. начальное напряженно-деформированное состояние грунтов склона зависит от истории его формирования. Поэтому принимаем гипотезу, что в массиве грунта отсутствуют начальные напряжения и деформации до определения их напряженно-деформированного состояния от действия собственного веса и в расчете учитываются только их деформационные и прочностные параметры, вычисленные по экспериментальным данным.

Принимается, что в качестве функции нагружения используются условия Кулона-Мора и производится упругопластический расчет с применением предложенной выше модели, базирующейся на теории пластического течения с упрочнением.

На рисунке 3 показана эпюра касательных σ_{12} напряжений по сечению I–I, полученная из расчета.

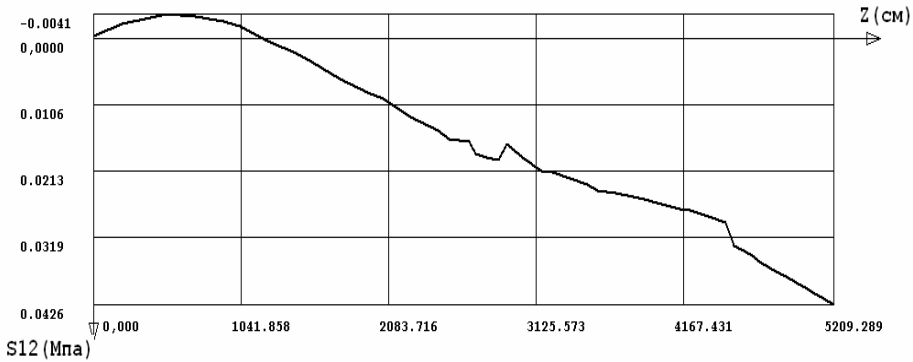


Рис. 3. Эпюра касательных напряжений σ_{12} по сечению I–I

Пусть на плато склона действует равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 0,1$ МПа. От действия этой нагрузки произойдет деформация склона, приведенная в увеличенном масштабе на схеме рисунке 4.

Расширятся зоны, в которых грунты перейдут в упругопластическое состояние. Они показаны на схеме рисунке 5.

Пусть грунт склона, расположенный на вертикальной плоскости с координатой $x_1 = -60$ м получил вправо мгновенное горизонтальное смещение на 10 см. Такое смещение вызывает колебание склона. На границах, ограничивающих склон, волны колебаний не отражаются, а свободно пропускаются.

На рисунке 6 показаны эпюры горизонтальных и вертикальных колебаний перемещений в точке А от заданного смещения. Вследствие различных отражений волн и их наложения, эти колебания отличны от классических гармонических колебаний. Они начинаются не сразу после приложения заданных смещений, а через 0,7 с, но затухают приблизительно через 9,7 с.

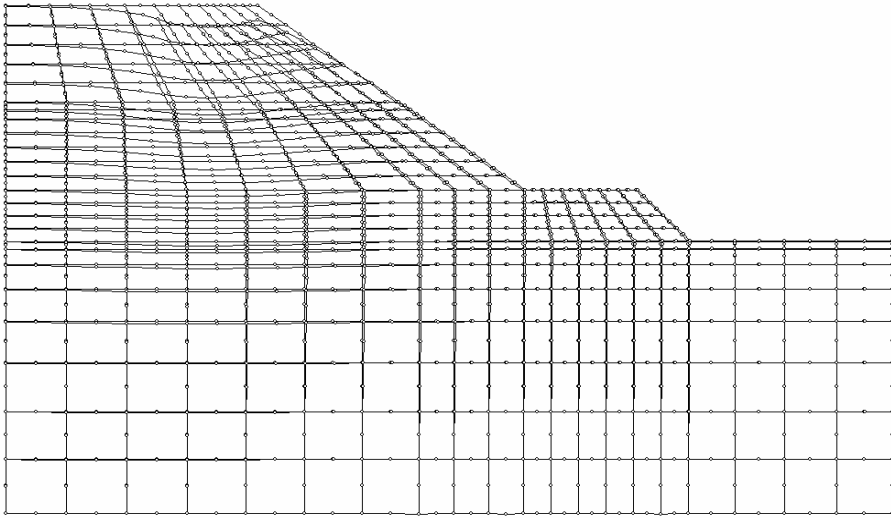


Рис. 4. Схема деформирования уположенного откоса от действия нагрузки $q = 0,1$ МПа

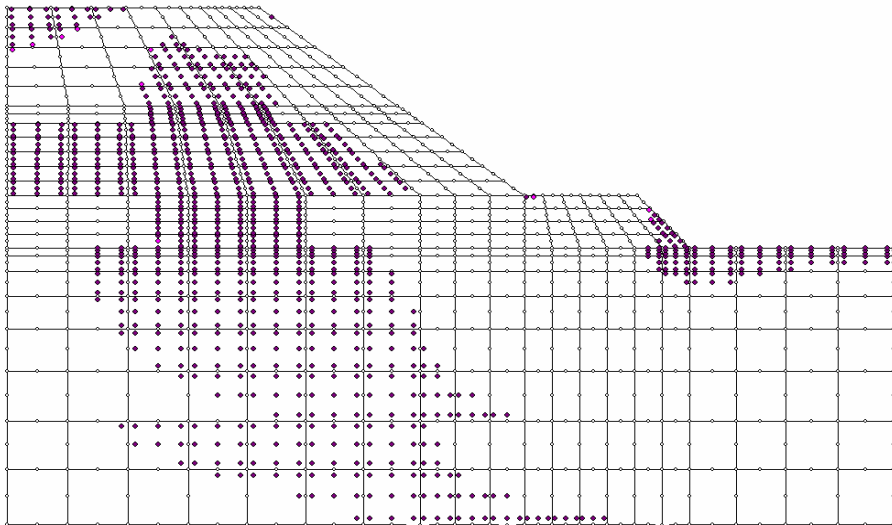


Рис. 5. Схема образования упругопластических зон в уположенном склоне от действия нагрузки q и собственного веса

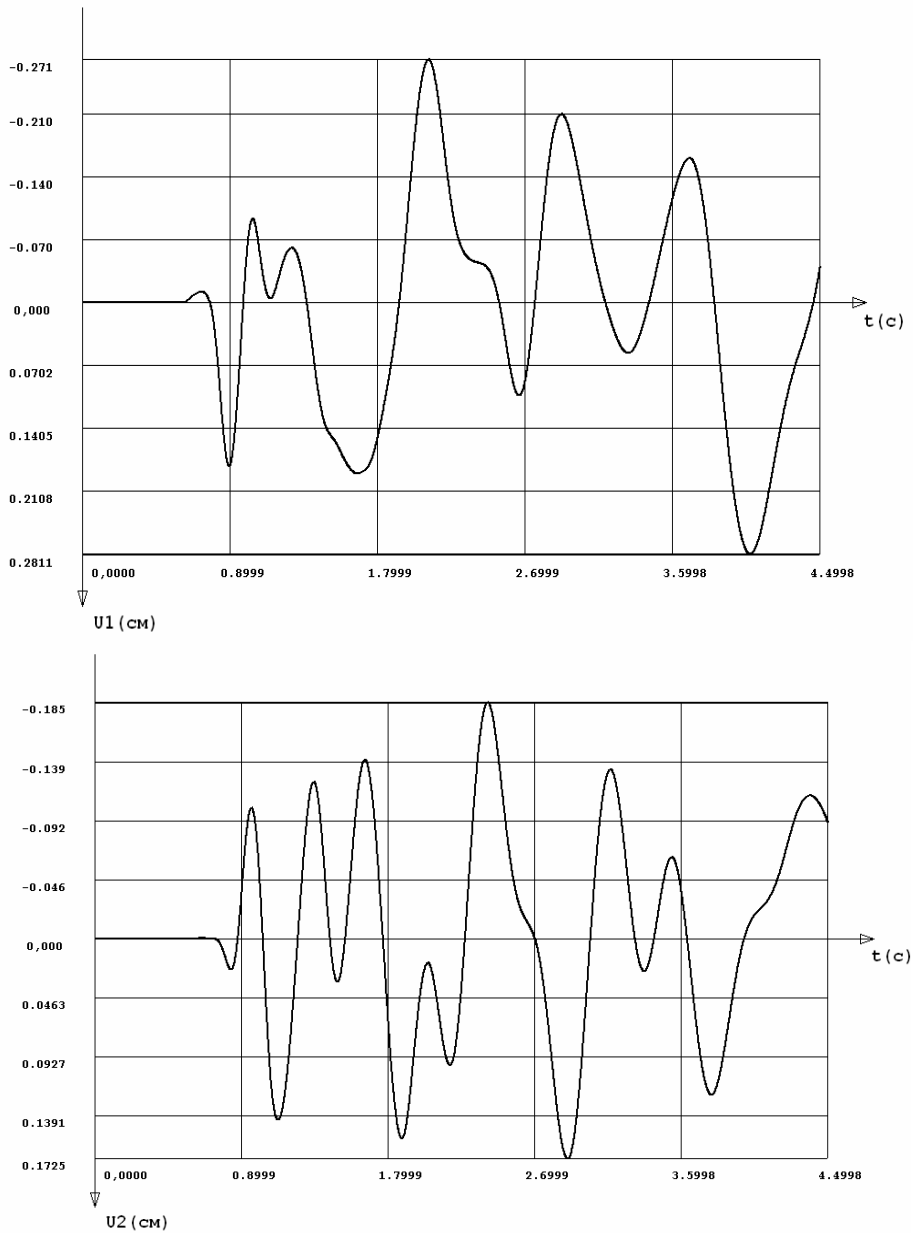


Рис. 6. Эпюры горизонтальных и вертикальных колебаний перемещений точки А от заданного смещения

На рисунке 7 приведены эпюры колебаний нормальных и касательных напряжений в точке В, координаты которой равны $(-1, +1)$ м, только от заданных смещений. Максимальные амплитуды колебаний возникают в интервале времени от 0,4 с до 1 с и затем начинают быстро затухать.

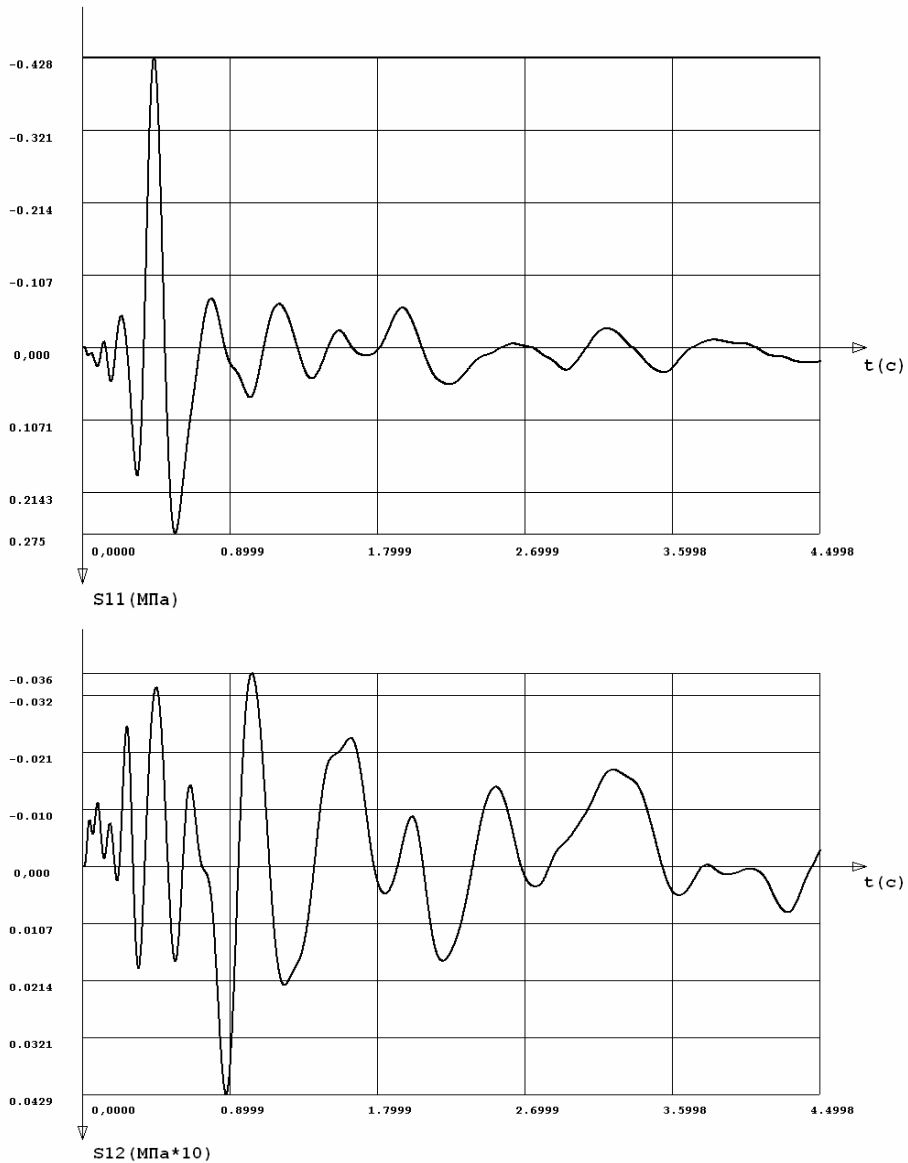


Рис. 7. Эпюры нормальных и касательных колебаний напряжений точки В только от заданного смещения

Возможности комплекса программ не исчерпываются только решением задач, связанных с сейсмичностью, от заданных мгновенных начальных смещений части грунта склона. Можно также выполнять решения от заданных начальных скоростей части грунта или сразу от обоих воздействий. Также можно вводить акселерограммы землетрясений и от них определять напряженно-деформированное состояние грунта склона.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гришин В.А, Гришин А.В. Математическое моделирование склонов (1) // Вісник ОНМУ. – № 38. – 2013. – С. 109-130.
2. Гришин В.А, Гришин А.В. Математическое моделирование склонов (2) // Вісник ОНМУ. – № 38. – 2013. – С. 131-148.
3. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов. – М.: УРСС Эдиториал, 1999. – 264 с.
4. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
5. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Некоторые модели грунтовой среды. – Одесса: Внешрекламсервис, 2007. – 310 с.
6. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 696 с.
7. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. – 447 с.
8. Гришин А.В., Федорова Е.Ю. Нелинейная динамика ограждающих сооружений. – Одесса: ОНМУ, 2002. – 239 с.
9. Irons B.D. A frontal solution program for finite element analysis // Int. J. Numerical Method Eng. – Vol. 2. – 1970. – P. 5-32.
10. Гришин В.А., Снисаренко В.И. Одесские склоны и оползни. – К.: МП Леся, 2008. – 300 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету
Е.П. Лукаш

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету
В.В. Олейніков

УДК 69.002.5

Д.И. Безушко, М.П. Дубровский

**ВИБРОПОГРУЖЕНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ
ПОРТОВЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Применение современных гидравлических вибропогружателей при строительстве, ремонте и реконструкции портовых причальных сооружений, возведенных с использованием стальных шпунтовых свай или труб, существенно упрощает, ускоряет и удешевляет выполнение сваябойных работ. Рассмотренное оборудование и технологии его применения в воднотранспортном строительстве являются перспективными и могут найти широкое использование при возведении и технической эксплуатации причальных сооружений в украинских морских портах.

Ключевые слова: вибропогружатель, шпунтовая свая, трубчатая свая, причальное сооружение.

Використання сучасних гідравлічних віброзанурювачів при будівництві, ремонті та реконструкції портових причальних споруд, що збудовані з використанням сталевих шпунтових паль або труб, суттєво спрощує, прискорює та зменшує вартість виконання робіт по зануренню паль. Розглянуте устаткування та технології його використання у воднотранспортному будівництві є перспективними та можуть знайти широке використання при зведенні та технічній експлуатації причальних споруд у українських морських портах.

Ключові слова: віброзанурювач, шпунтова паля, трубчаста паля, причальна споруда.

Application of modern hydraulic vibro hammers on construction, repair and reconstruction of port quay walls made of steel sheet piling or pipes essentially simplifies, fastens and makes cheaper fulfillment of piles installation. Considered facility and technologies of its implementation in water-transport construction are perspective and may find wide application in building and technical maintenance of the berths in Ukrainian seaports.

Keywords: vibro hammer, sheet pile, tubular pile, quay wall.

Введение. Одним из перспективных направлений совершенствования технологий гидротехнического (в частности, берегового, портового, шельфового) строительства на нескальных грунтах является применение при устройстве свайных, в том числе и шпунтовых, несущих оснований или подпорных стенок современных гидравлических вибропогружателей.

В отличие от хорошо известных отечественным строительным организациям электрических вибропогружателей, гидравлические (пока,

увы, только зарубежного производства) являются не только более эффективными (при том же эксцентриковом моменте обеспечивается большая центробежная сила), но и могут эксплуатироваться в подводных условиях. Последнее обстоятельство особенно важно при строительстве, например, стационарных шельфовых платформ, в конструкции которых предусмотрены так называемые окаймляющие сваи, отметки голов которых близки к отметке дна, либо донного шпунта, применяемого при реконструкции портовых гидротехнических сооружений, а также для защиты грунта дна у причала от размыва донными течениями.

Основные принципы работы гидравлического вибропогружателя. Вибропогружатель передает вибрацию погружаемому профилю (шпунтовой свае, трубе и т.п.) с целью его погружения или извлечения. Прилегающий к свае грунт разрыхляется, что способствует погружению в него сваи под действием собственной массы и массы вибратора. Тот же принцип используется для извлечения свай посредством тягового усилия крана.

За счет установленных в редукторе эксцентриков вибрация передается только в продольном (вертикальном) направлении. Установленные парами эксцентрики вращаются с одинаковой угловой скоростью в противоположных направлениях и генерируют центробежные силы. Горизонтальные составляющие этих сил компенсируются, а вертикальные составляющие складываются, образуя центробежную силу. Погружаемая или извлекаемая конструкция зажимается под редуктором специальным гидравлическим зажимом. Над редуктором расположена траверса, предотвращающая распространение вибрации и поглощая ее блоками эластомера. Тяжелая траверса создает своей собственной массой дополнительную направленную вниз силу, которая может быть повышена за счет добавления дополнительной массы.

Выбор вибропогружателя зависит от следующих параметров:

- поперечное сечение сваи и ее масса;
- глубина погружения;
- физико-механические свойства грунта дна.

Основные технические параметры гидравлического вибропогружателя:

а) эксцентриковый момент (M_i) – произведение массы (m) эксцентрика на расстояние (r) между его центром тяжести и осью вращения. Эксцентриковый момент (Hm) вибропогружателя равен сумме моментов эксцентриков $M_i = \sum (m \times r)$;

б) центробежная сила F_c (кН). Каждый эксцентрик образует центробежную силу $f_c = m \times r \times \omega^2$, где ω – угловая скорость в радианах в секунду. Вертикальные составляющие от каждого эксцентрика вместе образуют результирующую центробежную силу, которая достигает своего максимального значения при нахождении эксцентриков в их верхнем и нижнем положениях $F_{c\max} = 1,118 \times M_i \times n^2 \times 10^{-6}$, где n – число оборотов в минуту;

в) амплитуда A (мм) – общее вертикальное смещение вибрирующих элементов в течение полного оборота эксцентриков. Максимальная амплитуда рассчитывается по формуле $A = (2 \times M_0) / (10 \times m_v)$;

г) динамическая (вибрирующая) масса m_v (т) представляет собой сумму масс вибрирующего редуктора, зажима и погружаемого или извлекаемого элемента.

Современные гидравлические вибропогружатели, пригодные для осуществления гидротехнических работ, обладают эксцентриковыми моментами, превышающими 1000 Нм и центробежной силой до 3 МН и более при максимальной частоте до 3000 об./мин. и мощности до 660 кВт.

При значительном сопротивлении грунта под нижним концом погружаемой сваи в ряде случаев прибегают к разрыхлению и/или удалению грунта различными способами (эрлифтирование и т.п.).

Возможны варианты применения так называемого тандема, когда два стандартных вибропогружателя устанавливаются на одну раму для погружения, например, оболочки большого диаметра (естественно, производительность тандема является удвоенной по сравнению с одним вибропогружателем). Применение тандема весьма эффективно также при погружении свай-оболочек с закрытым концом.

Как свидетельствует практика портостроения, в некоторых ситуациях при производстве сваебойных работ в сложных грунтовых условиях целесообразным является совместное использование гидравлических вибропогружателя и молота ударного действия. Так, вибропогружатель обеспечивает сравнительно быстрое погружение свай до достижения промежуточного (соответствующего максимальной мощности вибропогружателя) отказа. Затем для окончательного погружения («добивки») свай до проектной глубины используют гидромолот (оба механизма можно использовать почти одновременно с установкой молота на ранее погруженные вибропогружателем сваи).

В настоящее время производство мощных гидравлических вибропогружателей, предназначенных, в том числе, и для выполнения морских гидротехнических работ, осуществляется в Голландии, Франции, Германии (если говорить о европейских производителях).

Весьма широкий спектр рассматриваемого оборудования предлагает в настоящее время один из основных мировых производителей гидравлических вибропогружателей – голландская компания International Construction Equipment (ICE).

В зависимости от конкретных условий площадки строительства и ограничений, обусловленных прилегающими объектами, строителям предлагают разнообразные варианты технического решения вибропогружателей. Их можно свести к следующим основным группам:

- вибропогружатели нормальной частоты NF (наиболее распространены в гражданском и гидротехническом строительстве). Они сочетают прочную конструкцию с максимальной амплитудой и значительной центробежной силой;

- высокочастотные вибропогрузатели HF сочетают низкую амплитуду с высокой частотой, что способствует созданию минимального эксцентрикового момента и быстрому достижению рабочей скорости. Эти качества обеспечивают минимальный резонанс в фазе пуска в зоне расположения прилегающих сооружений и грунтового основания;

- безрезонансные вибропогрузатели RF обладают всеми преимуществами высокочастотной технологии. Эксцентриковый момент может регулироваться в интервале от 0 до 100 % через пульт дистанционного управления, что позволяет избежать любого вредного резонанса;

- мини-вибропогрузатели, в том числе, монтируемые на экскаваторах (ЕМ) выгодно отличаются тем, что могут работать от гидравлической системы самих экскаваторов (оборудование других видов работает в комплекте с энергоблоком, обеспечивающим питание вибропогрузателя).

Вибропогрузатели нормальной частоты. Рассмотрим некоторые основные параметры вибропогрузателей нормальной частоты (в настоящее время компания ICE предлагает современный модельный ряд 416L, 3220, 815C, 6420, 1412C, 230 NF и 250 NF). Для указанных моделей эксцентриковый момент принимает значения в интервале от 230 до 1100 Нм, максимальная центробежная сила достигает величин 645-2530 кН, максимальная частота составляет 1380-2000 об/мин., а максимальная амплитуда (с зажимом) доходит до 13-24,5 мм. Гидравлическая мощность таких машин лежит в интервале 190-657 кВт (260-895 л.с.). Требования к работающему с данным оборудованием крану характеризуются следующими показателями (в зависимости от модели вибропогрузателя): максимальное статическое тяговое усилие 360-1200 кН; общий вес вибропогрузателя с зажимом от 4,39 до 13,27 т; общая высота вибропогрузателя с зажимом от 2,075 до 3,249 м.

Для расчета амплитуды во время вибрации при погружении шпунтовой сваи рекомендуется следующая зависимость:

$$A = 2000 M_1 / (G_1 + G_2),$$

где M_1 – эксцентриковый момент, кгм;

G_1 – динамический вес машины с зажимом, кг;

G_2 – вес шпунтовой сваи, кг.

Высокочастотные и безрезонансные вибропогрузатели. Для высокочастотных агрегатов (на примере модельного ряда ICE 625, 1223, 1423C и 423) характерны следующие показатели. Эксцентриковый момент принимает значения в интервале от 6 до 23 до кгм, максимальная центробежная сила составляет 410-1334 кН, максимальная частота – 2300-2500 об./мин., а максимальная амплитуда (с зажимом) доходит до 9,5-13 мм. Гидравлическая мощность таких машин лежит в интервале 113-320 кВт (154-435 л.с.); общий вес вибропогрузателя с зажимом от 1,46 до 7,15 т; общая высота вибропогрузателя с зажимом от 1,728 до 3,070 м.

Весьма привлекательны для работы в условиях наличия рядом расположенных сооружений или запрета на ударные и динамические воздействия так называемые безрезонансные вибропогружатели. Для модельного ряда ICE 5RF, 7RF, 11RF, 14RF, 18RF, 23RF, 28 RF, 32 RF, 36RF, 46RF и 64RF (RF – resonance free) цифра в названии показывает эксцентриковый момент (от интервала 0-5 кгм до интервала 0-64 кгм). Максимальная центробежная сила в таких механизмах варьируется от интервала 0-345 кН до интервала 0-2670 кН, максимальная частота составляет 1950-2500 об./мин., а максимальная амплитуда (с зажимом) доходит до 8-17 мм. Гидравлическая мощность таких машин лежит в интервале 85-490 кВт (116-665 л.с.); общий вес вибропогружателя с зажимом от 1,735 до 9,5 т; общая высота вибропогружателя с зажимом от 1,942 до 3,655 м.

Мини-вибропогружатели. В последние годы на многочисленных европейских стройплощадках, в том числе в морских портах, наряду с гидравлическими вибропогружателями традиционного типа активно используют вибропогружатели, монтируемые на экскаваторах. Главное преимущество такого оборудования – отсутствие необходимости применения энергоблока; питание гидравлической системы вибропогружателя осуществляется насосной станцией экскаватора. Приведем некоторые основные параметры таких вибропогружателей (в настоящее время компания ICE предлагает современный модельный ряд 5EM, 10EM, 15EM, 20EM, 230M, 328M, 625M, 2320SH, 328SH, 428SH, 625SH, 5RFSH, 7RFSH, 230B, 328B, 428B, 625B, 5RFB, 7RFB, 11RFB, 1223B). Для указанных моделей эксцентриковый момент принимает значения в интервале от 0 до 11 кгм, максимальная центробежная сила достигает величин 410-670 кН, максимальная частота составляет 2300-3000 об./мин., а максимальная амплитуда (с зажимом) доходит до 14,5 мм. Гидравлическая мощность таких машин лежит в интервале 11-135 кВт.

Энергоблоки гидравлических вибропогружателей. Что же касается энергоблоков, то они отличаются мощностью в зависимости от того, с каким вибропогружателем им предстоит работать. Современные энергоблоки оснащены, в основном, дизельным двигателем и включают в себя высокопроизводительный насос и систему управления. Один энергоблок позволяет обеспечивать гидравлической энергией как собственно вибропогружатель, так и зажим. Например, один из ведущих производителей рассматриваемого вида оборудования голландская компания ICE применяет на своих установках дизельные двигатели Caterpillar или John Deere и оперирует открытой гидравлической системой. Такие системы легки в обслуживании и совместимы с другим гидравлическим оборудованием. Так, одной из ведущих украинских строительных организаций – ОАО «Черноморгидрострой» – энергоблок от вибропогружателя ICE 1412 успешно применяется для работы с гидравлическим молотом ударного действия немецкого производства при производстве строительных и ремонтных работ в украинских морских портах.

Основные технические параметры энергоблоков модельного ряда фирмы ICE приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические параметры энергоблоков

ТИП	100PP	180PP/RF	335PP/RF	525PP/RF	1000PP/RF	1250PP/RF
Двигатель: производитель, тип	J. Deere 4045T	J. Deere 6068T	Caterpillar C-9	Caterpillar C15	Caterpillar 3412E	Caterpillar C16(2 шт.)
Мощность кВ/л.с.	77/103	128/174	250/336	392/525	746/1000	924/1256
Макс. расх. масла, л/мин.	120	210	410	650	1090	1368
Макс. давление, бар	340	340	340	340	340	370
Вес, кг	2000	2950	5600	7000	12500	15000
Размерения						
Длина, мм	2500	2500	4000	4500	5000	5500
Ширина, мм	1200	1200	1650	1740	2250	2380
Высота, мм	1570	1740	1940	2240	2500	2470
Рекомендуется для работы со следующими моделями вибропогружателей: • нормальной частоты • безрезонансные • высокочастотные		5RF, 7RF 625	416L 11RF, 14RF, 18RF 1223, 1423C	3220, 815C 23RF, 32RF 423	6420, 1412C, 230NF 36RF	250NF 46RF, 64RF

Зажимные наголовники вибропогружателей. Важную роль в обеспечении гидравлических вибропогружателей играют зажимные наголовники.

Монтируемый под вибропогружателем зажимной наголовник, предназначен для прочного захвата погружаемой или извлекаемой сваи. Согласно европейским нормам зажимные наголовники сконструированы

так, чтобы зажимное усилие было в 1,2 раза больше максимальной центробежной силы.

Обычно применяют четыре основных типа зажимных наголовников:

- Агриплекс имеет единственный зажим для фиксации одной шпунтовой сваи или профиля.

- Мультиплекс имеет два гидравлических зажима, которые можно переставлять по двум параллельным балкам таврового сечения, установленным под опорной пластиной. Зажим наиболее эффективен для погружения сдвоенных шпунтовых свай.

- Дуплекс – это зажимной наголовник для свай-оболочек, имеющий два зажимных приспособления, как и зажим Мультиплекс. Положение зажима определяется диаметром оболочки.

- Квадриплекс – зажимной наголовник, предназначенный для оболочек большого диаметра. Он включает 4 гидравлических зажима, которые переставляются на балке таврового сечения. Балки устанавливаются на специальной, имеющей X-образную форму поперечине (траверсе), непосредственно над оболочкой.

Технические характеристики современных зажимных наголовников на примере модельной серии фирмы ICE приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Универсальные зажимы для свай и шпунта

Тип зажима	16 TU	35 TU	50 TU	80 TU	100 TU	130 TU	160 TU	200 TU	320 TU
Зажимающая сила, кН	160	350	500	800	1000	1300	1700	2000	3200
Максимальное рабочее давление, бар	320	320	320	320	320	320	320	320	320
Вес, кг	125	165	250	400	490	610	1100	1300	2500

Таблица 3

Зажимы для свай и оболочек

Модель зажима	свайный	свайный	свайный	для оболочек	для оболочек
Тип зажима	60 TP	120 TP	180 TP	81 TC	200 TC
Зажимающая сила, кН	600	1200	1800	800	2000
Максимальное рабочее давление, бар	320	320	320	320	320
Вес, кг	750	1350	2000	480	1350

Влияние оценки грунтовых условий. Одним из определяющих параметров при выборе необходимого для выполнения конкретной работы типа вибропогружателя является характеристика прочности и/или плотности грунта. Ввиду того, что в западноевропейских странах и в странах СНГ используются различные методы испытаний грунтов, представляют интерес сравнительные данные (см. таблицы 4 и 5), позволяющие в той или иной степени установить корреляционные зависимости между результатами различных видов испытаний грунтов.

Таблица 4

Результаты испытаний несвязных грунтов различными методами

DPH	SPT	CPT	Прессиометрические испытания		Характеристика плотности грунта
			p_l MN/m ²	E_M	
n_{10}	n_{30}	q_s MN/m ²	p_l MN/m ²	E_M	
	<4	2,5	<0,2	0,5	Очень рыхлый
3	4-10	2,5-7,5	0,2-0,5	1,5-5	Рыхлый
3-15	10-30	7,5-15	0,5-1,5	5-15	Средней плотности
15-30	30-50	15-25	1,5-2,5	15-25	Плотный
>30	>50	>25	>2,5	>25	Весьма плотный

Таблица 5

Результаты испытаний связных грунтов различными методами

SPT	CPT	Прессиометрические испытания		Характеристика консистенции грунта	Сопротивление сдвигу в недренированных условиях
		p_l	E_M		
n_{30}	q_s MN/m ²	MN/m ²			kN/m ²
<2	<0,25	<0,15	1,50	Весьма мягкий	20
2-4	0,25-0,5	0,15-0,35	1,50-5,25	Мягкий	20-40
				От мягкого до прочного	40-50
4-8	0,5-1,0	0,35-0,55	5,25-8,25	Прочный	50-75
				От прочного до твердого	75-100
8-15	1,0-2,0	0,55-1,0	8,25-20	Твердый	100-150
15-30	2,0-4,0	1,0-2,0	20-40	Весьма твердый	150-200
>30	>4,0	>2,0	>40	Тяжелый	>200

Обозначения:

DPH (Dynamic Probing Heavy) – Динамическое зондирование тяжелое;

SPT (Standard Penetration Test; dynamic) – Стандартное испытание на динамическое зондирование;

CPT (Cone Penetration Test; static) – Статическое зондирование (конический зонд).

Выводы. Применение современных гидравлических вибропогружателей при строительстве, ремонте и реконструкции портовых причальных сооружений, возведенных с использованием стальных шпунтовых свай или труб, существенно упрощает, ускоряет и удешевляет выполнение сваебойных работ. Рассмотренное оборудование и технологии его применения в воднотранспортном строительстве являются перспективными и могут найти широкое использование при возведении и технической эксплуатации причальных сооружений в украинских морских портах.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету
М.В. Адамчук

доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії «ЧорноморНДІпроект»
М.Б. Пойзнер

УДК 69.05:658.562:728.1

В.А. Гришин, Е.Ю. Федорова

МОРСКИЕ ИСКУССТВЕННЫЕ ОСТРОВА
(ЧАСТЬ 4)

Приведены некоторые методы расчета берегозащитных сооружений на морских островах.

Ключевые слова: море, берегозащитные сооружения, методы расчета.

Приведені деякі історичні і сучасні відомості про споруду і призначення морських штучних островів.

Ключові слова: море, берегозахисні споруди, методи розрахунку.

Some methods of calculation coast-protecting structure on sea islands are resulted.

Keywords: sea, coast-protecting structure, methods of calculation.

Данная статья является продолжением ранее опубликованных работ [1, 2]. В ней рассматриваются морские искусственные острова с планируемыми на них причальными стенками, расположенными по границе острова, как показано на рисунке 1.



Рис. 1. Искусственный остров с причальными стенками

Эти стенки вначале строительства используются также в виде ограждения для намываемого или засыпаемого грунта будущего острова, что позволяет существенно сократить его объем. Предполагается, что возводимый остров защищен от волнового воздействия ранее построенными оградительными сооружениями. Вопросы защиты морских искусственных островов от действия волн рассмотрены в статье (Ч. 3).

Причал рассматривается как единая система, состоящая из шпунтовой и анкерной стенок, анкеров, грунтового массива и морской воды. Его расчетная схема показана на рисунке 2.

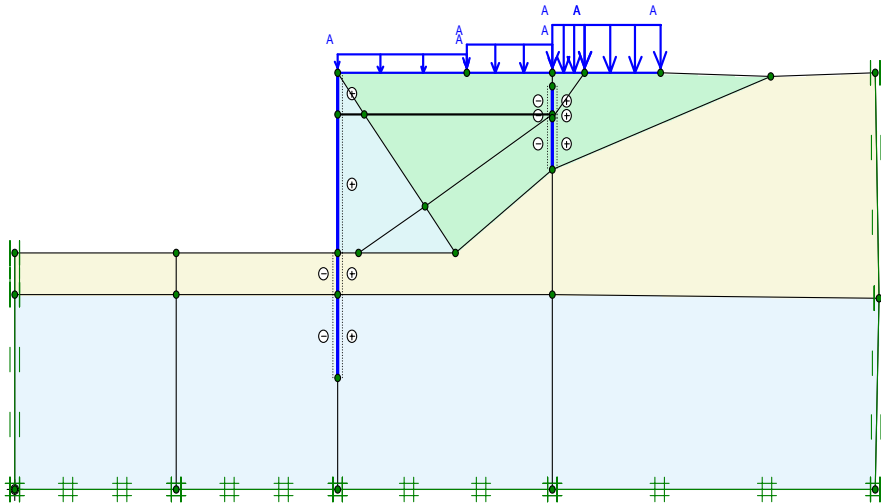


Рис. 2. Расчетная схема причальной стенки

Грунты массива состоят из четырех слоев, имеющих следующие физико-механические свойства: сцепление c (в kH/m^2), угол внутреннего трения φ (в градусах), модуль деформации E (в kH/m^2) и коэффициент Пуассона (безразмерная величина). Первый слой: $c = 1$, $\varphi = 30$, $E = 33000$, $\mu = 0,3$; второй слой: $c = 2$, $\varphi = 28$, $E = 32000$, $\mu = 0,3$; третий слой: $c = 3$, $\varphi = 23$, $E = 10000$, $\mu = 0,33$; четвертый слой: $c = 25$, $\varphi = 24$, $E = 16000$, $\mu = 0,35$. Слои грунта расположены сверху вниз, как показано на рис. 2. Шпунтовая и анкерная стенки изготовлены из металлического шпунта Ларсен V. Высота стенки выше дна моря равна 13 м, а глубина забивки 9 м. Приложенная на причал нагрузка слева направо имеет следующие интенсивности: 40, 60, 100 kH/m^2 . Давление воды в грунтовом массиве показано на рисунке 3. Его максимальная величина равна $-264,5 \text{ kH/m}^2$.

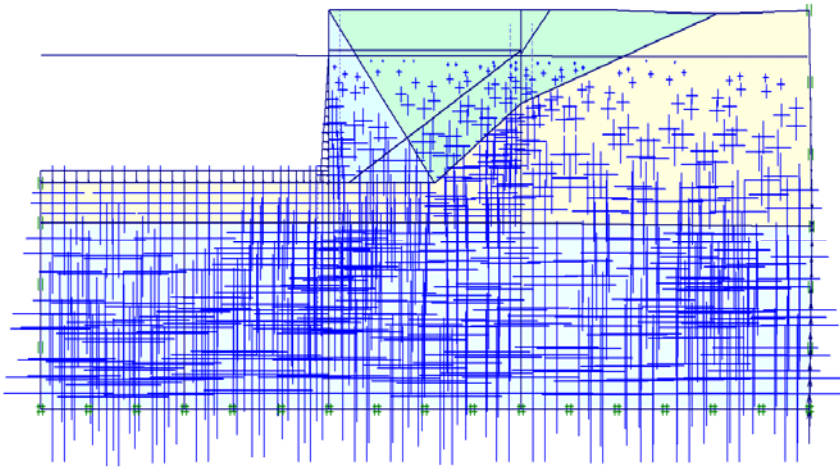


Рис. 3. Давление воды в грунтах

При сложном нагружении деформационные теории пластичности не применимы, поэтому здесь в расчетах использовалась теория пластического течения. Методика решения рассматриваемой задачи изложена в монографии [3]. Результаты упругопластического расчета зависят от пути нагружения системы, поэтому он реализуется в виде шести этапов, соответствующих последовательности выполняемых строительных работ. На первом этапе определяется напряженно-деформированное состояние грунтов в естественном состоянии. На втором этапе расчета полученные на первом этапе перемещения в грунтах обнуляются, т. е. перемещения системы определяются от положения грунтовой среды на начало строительства причала. Далее производится дополнительная подсыпка грунта для крепления анкерной стенки и определяется напряженно-деформированное состояние измененного грунтового массива. На третьем этапе производится расчет системы после возведения причальной и анкерной стенок и анкеров. На четвертом этапе рассчитывается система после засыпки грунта до уровня анкеров. На пятом этапе выполняется расчет полностью построенного причала без действующей нагрузки. На последнем шестом этапе определяется окончательное напряженно-деформированное состояние системы от действия на нее всех нагрузок, показанных на рисунке 2. В результате для каждого из шести этапов получены различные эпюры и графики, характеризующие напряжения, деформации и перемещения различных элементов системы. Рассмотрим некоторые из них только для последнего шестого этапа нагружения.

На рисунке 4 стрелками показаны общие перемещения узловых точек системы. Их длина в некотором масштабе представляет величину этих перемещений. Наибольшее из них равно 0,51 м.

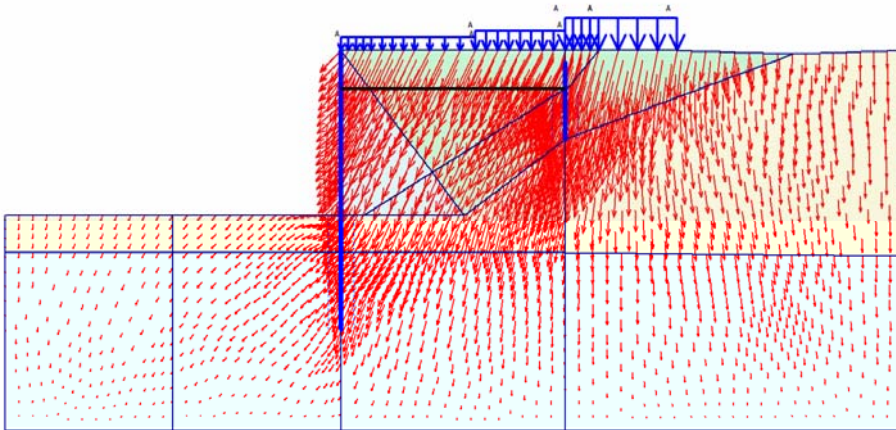


Рис. 4. Обице перемещения точек системы

На рисунке 5 приведена эпюра горизонтальных перемещений системы. Наибольшее перемещение получила шпунтовая стенка ниже анкера, оно равно $-0,23$ м. Справа на рисунке приведена масштабная линейка. Показанные на ней размеры даны в метрах.

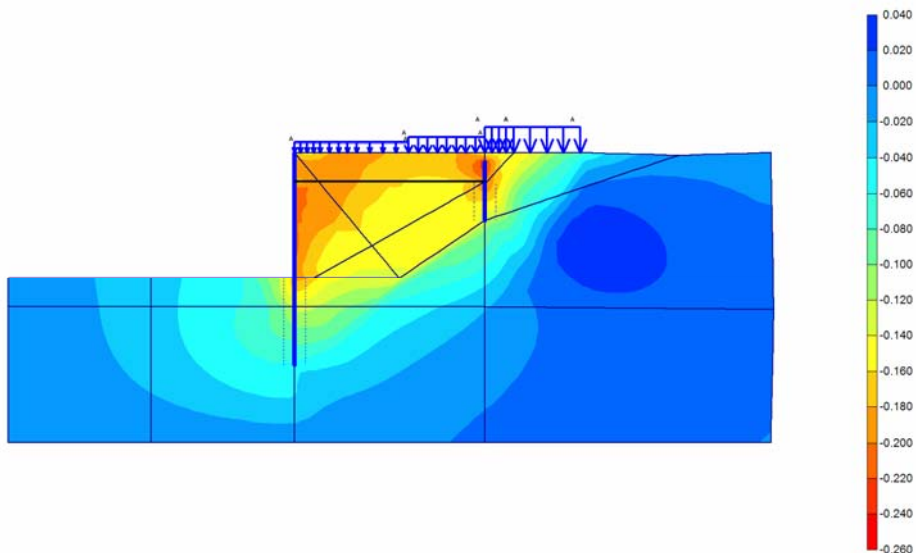


Рис. 5. Эпюра горизонтальных перемещений системы

Эпюры полных и касательных напряжений в системе показаны соответственно на рисунке 6 и рисунке 7. Наибольшее полное напряжение, равное $299,7$ kH/m^2 , возникает в грунте около нижней части стенки. Наибольшие касательные напряжения в грунте расположены справа от нижней части стенки, они равны $101,28$ kH/m^2 . Размерность значений на масштабных линейках напряжений приведены в kH/m^2 .

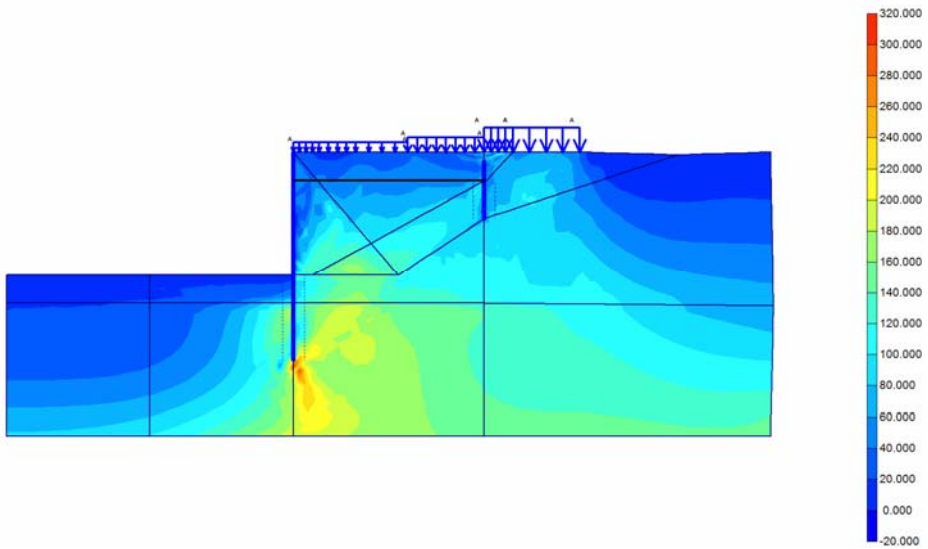


Рис. 6. Эпюра общих напряжений системы

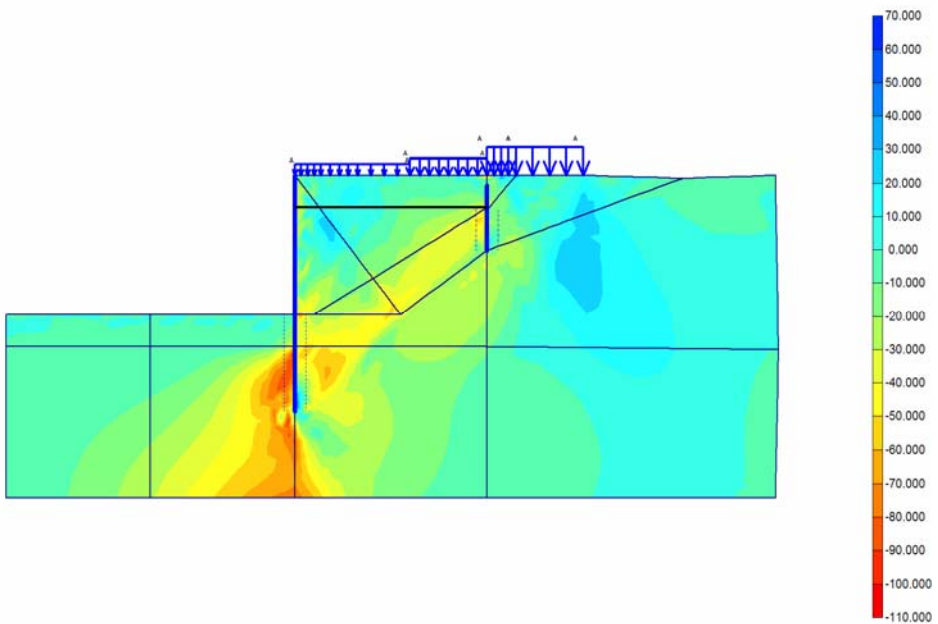


Рис. 7. Эпюра касательных напряжений системы

На рисунке 8 показаны пластические зоны, возникающие в системе. Отчетливо наметилась поверхность, по которой с увеличением действующей нагрузки произойдет потеря устойчивости причала.

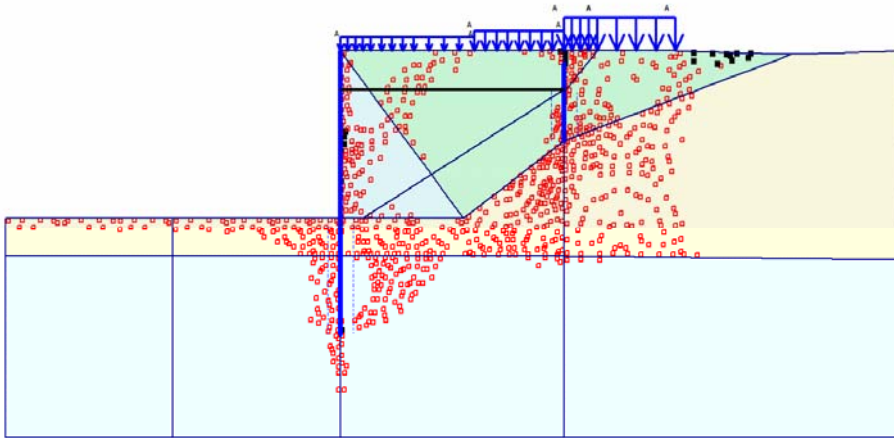


Рис. 8. Схема пластических зон в системе

На рисунке 9 приведены в увеличенном масштабе соответственно эпюры изгибающих моментов и перемещений шпунтовой стенки. Наибольшее значение момента равно 365,7 кНм, а наибольшее перемещение 0,28 м.

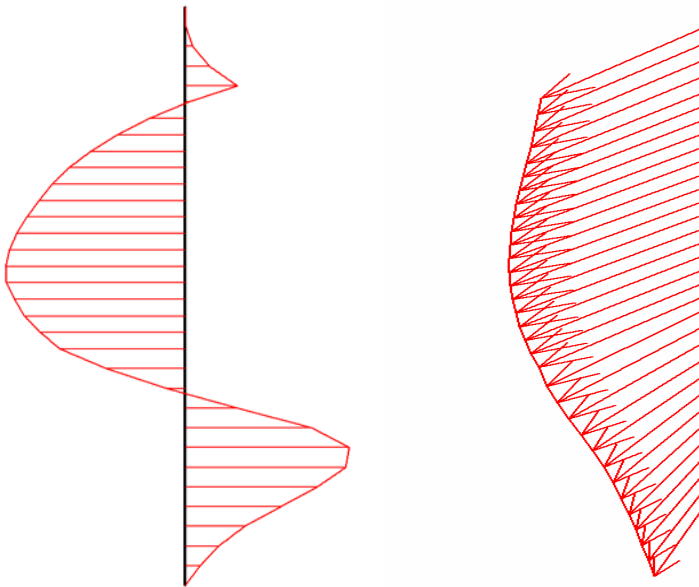


Рис. 9. Эпюры изгибающих моментов и перемещений стенки

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гришин В.А. Морские искусственные острова. Ч. 1 // Вісник ОНМУ. – № 36. – 2012. – С. 54-63.
2. Гришин В.А. Морские искусственные острова. Ч. 2 // Вісник ОНМУ. – № 2(38). – 2012. – С. 41-53.
3. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Некоторые нелинейные модели грунтовой среды. – Одесса: Внешрекламсервис, 2007. – 310 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету
Е.П. Лукаш

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету
В.В. Олейніков

УДК 627.231.037

М.П. Дубровский, Р. Перейрас

**ОДНОТОЧЕЧНЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ПРИЧАЛЫ
ДЛЯ УКРАИНСКОГО ШЕЛЬФА И МОРСКИХ ПОРТОВ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Актуальность как диверсификации источников поставки импортных энергоносителей, в том числе морским путем, так и ускорения разработки нефте-газопромыслов на украинском морском шельфе обуславливает развитие возможностей приема/обработки крупнотоннажных танкеров и газозовов путем развертывания системы одноточечных причалов, соединенных системой подводных трубопроводов с береговыми и/или подводными/подземными нефте-газохранилищами. В статье рассмотрены конструкторско-технологические решения таких задач.

Ключевые слова: шельфовые сооружения, одноточечные стационарные причалы, рейдовые причалы, свайное основание, моносвая.

Актуальність як диверсифікації джерел постачання імпортованих енергоносіїв, у тому числі морським шляхом, так і прискорення розробки нафто-газопромислів на українському морському шельфі обумовлює розвиток можливостей прийому/обробки великотоннажних танкерів і газозовів шляхом розгортання системи одноточкових причалів, сполучених системою підводних трубопроводів з береговими і підводними/ підземними нафто-газосховищами. У статті розглянуті конструкторсько-тех-нологічні рішення таких задач.

Ключові слова: шельфові споруди, одно точкові стаціонарні причали, рейдові причали, пальова основа, монопала.

Relevance of the diversification of sources of supply of imported energy resources, including transportation by sea, and acceleration of the development of oil and gas-fields in the Ukrainian sea shelf have led to the development of opportunities of receiving/processing of large-capacity tankers and gas carriers. It can be done by deploying a system of single-point moorings united by the system of offshore pipelines with onshore and/or underwater/ underground oil storages. In the article the design and technological solutions of such problems are considered.

Keywords: offshore structures, single point mooring facilities, offshore terminal, piled foundation, monopile.

Современные одноточечные причалы в зависимости от их функций, конструктивных и технологических особенностей, а также возможной области применения можно разделить на следующие группы:

1. Терминалы для швартовки судов с целью загрузки/разгрузки, такие как:

- CALM (Catenary Anchor Leg Mooring Buoy) – швартовный буй с якорной системой удержания;
- SALM (Single Anchor Leg Mooring) – одноточечный причал с якорем-опорой;
- ALP (Articulated Loading Platform) – шарнирнозакрепленная перегрузочная платформа;
- SPM (Single Point Mooring) – одноточечный причал.

2. Причалы, совмещенные с хранилищем нефти или сжиженного газа, такие как:

- SBS (Single Buoy Storage) – одноточечный плавучий причал с хранилищем;
- SALS (Single Anchor Leg Storage) – одноточечный причал с хранилищем;
- SPAR – плавучий столбовидный точечный причал.

3. Рейдовые причалы на внешнем рейде морских портов или на их акватории.

Не менее многообразны и конструкторско-технологические решения одноточечных причалов, часть которых рассчитана на сравнительно небольшие глубины моря (30-50 м), другие адаптированы к значительным глубинам (100-200 м и более) и нагрузкам от крупнотоннажных судов при существенных внешних природных нагрузках и воздействиях. Некоторые причалы эксплуатируются с расположением на них обслуживающего персонала (главным образом, те конструкции, в которых предусмотрено хранение углеводородов), но значительная часть рассматриваемых сооружений работает без наличия на них людей (например, CALM, SALM, ALP).

В настоящее время вопросы определения оптимальных конструкторско-технологических решений одноточечных причалов для условий украинского морского шельфа и портов выходят из разряда далекой перспективы и становятся актуальными по следующим причинам:

- диверсификация источников получения импортных энергоносителей обуславливает развитие возможностей приема/обработки крупнотоннажных танкеров и газовозов и, соответственно, глубоководного причального фронта. Одним из наиболее быстрых вариантов реализации такой возможности является развертывание системы одноточечных причалов, соединенных системой подводных трубопроводов с береговыми и/или подводными/подземными нефте-газохранилищами;

- освоение украинского черноморского шельфа (например, в районе острова Змеиный и других зонах, рис. 1, 2) также ассоциируется с применением современных глубоководных комплексов нефте-газопромысловых сооружений, включающих, в том числе, и одноточечные причалы;

• наконец, возможный дефицит причального фронта, обусловленный прекращением использования крымских морских торговых портов и соответствующей неизбежной переориентацией грузопотоков, может быть компенсирован достаточно быстрым возведением необходимого количества одноточечных глубоководных рейдовых причалов вблизи украинских черноморских портов. Это обеспечит не только благоприятные условия ожидания судами захода в порт, но и производство на рейде некоторых видов погрузо-разгрузочных работ (во всяком случае – для наливных грузов).

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать основные технические и технологические (с гидротехнической точки зрения) требования к перспективной (на ближайшие годы) конструкции морского глубоководного одноточечного причала. Они сводятся к следующему:

1. Конструкторско-технологическое решение причала должно быть реализуемо отечественными подрядчиками без дорогостоящего привлечения инофирм или арендуемого сверхмощного строительного оборудования.

2. Конструкция причала должна быть по возможности универсальной, т.е. эффективной и экономичной как для ее использования на шельфовых нефте-газопромыслах, так и при ее применения в качестве рейдового причала морского порта.

3. Одноточечный причал по своим параметрам должен быть рассчитан на среднесрочную перспективу развития крупнотоннажного наливного флота, а также учитывать инженерно-геологическое строение морского дна украинского черноморского шельфа и побережья.

4. Причальное сооружение ввиду его расположения в открытом море или, во всяком случае, на внешнем рейде морского порта должно быть настолько надежным, чтобы обеспечивать гарантированную экологическую безопасность окружающей среды и сохранность как объектов нефте-газопромысла (платформ с буровыми установками, нефте-газохранилищ, трубопроводов и пр.), так и обслуживаемых судов.

Перечисленные требования с учетом реалий отечественного рынка морских гидротехнических работ (технического опыта, освоенных технологий и применяемых конструктивных элементов, имеющейся строительной и монтажной техники, пригодной для возведения глубоководных объектов) позволяют рекомендовать к разработке и анализу одноточечный стационарный причал на свайном основании (плавающие сооружения с якорной системой удержания отечественные производители не возводят). Для украинского шельфа и морского побережья строительство таких сооружений целесообразно на глубинах до 50 м. При этом в качестве свайных опор могут быть использованы, главным образом, стальные трубы отечественного производства в сочетании с другими необходимыми конструктивными элементами.



Рис. 1. Черноморський шельф



a)

Рис. 2. Соединение судна с одноточечным стационарным причалом с помощью жесткого кронштейна:

- (а) швартовка посредством жесткого кронштейна к носу судна;*
- (б) то же к борту судна; (в) швартовка с помощью гибкой связи*



б)



в)

Продолжение рис. 2

Связь однотоочечного стационарного причала с танкером или газозавозом может осуществляться как с носом судна (в большинстве случаев), так и (иногда) с его бортом (рис. 3). Такое соединение выполняют либо с помощью жесткого кронштейна, либо гибкими связями; использование поворотного стола на верхнем строении причала позволяет судну разворачиваться вокруг причала, занимая наиболее выгодное положение, соответствующее направлению ветра и/или течения.

Некоторые примеры эксплуатируемых одноточечных причалов на моносваях высокой несущей способности или на мощных цилиндрических или конусообразных (что характерно для ледостойких сооружений) несущих колоннах представлены на рис. 3 и 4.



а)



б)

*Рис. 3. Стационарные морские одноточечные причалы:
а – ледостойкий; б – с несущей колонной*

На рис. 3, а показан стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал, соединенный с берегом подводным трубопроводом, в восточной части Баренцева моря в 2008 г. на глубине 17 м, на расстоянии 21 км от берега с пропускной способностью до 12 млн. т сырой нефти в год. Общий вес сооружения более 11 тыс.т; оно состоит из опорного основания, швартово-грузового устройства со стрелой и вертолетной площадкой. Причал закреплен на дне с помощью 24 свай. Восьмигранный корпус причала рассчитан на максимальную ледовую нагрузку и способен разрушать лед, толщина которого может доходить до 2 м. В Каспийском море в 2009 г. ЛУКОЙЛ установил точечный причал, предназначенный для загрузки нефти из подводного трубопровода в плавучее нефтехранилище и на танкеры-челноки (рис. 3, б). Опорный блок причала весом 915 тонн был отбуксирован в море, при помощи плавучего крана установлен на глубину 20,5 м и прикреплен ко дну пятью сваями диаметром свыше двух метров. Затем на опорный блок было установлено верхнее строение весом свыше 240 тонн.

В стационарных морских одноточечных причалах на моносваях (рис. 4), применяемых для обслуживания судов дедвейтом до 500 тыс.т, в качестве основного несущего элемента используют стальные трубы диаметром 2-6 м с толщиной стенки 25-65 мм. Иногда моносваи изготавливают с переменной толщиной стенки по длине трубы, что позволяет оптимизировать материалоемкость опоры, но предъявляет повышенные требования к точности расчета и проектирования таких конструктивных элементов. Следует отметить, что стальные трубы столь больших диаметров и толщин стенок в Украине не производят, а высокая стоимость подобной импортной продукции делает рассматриваемые конструкции не вполне конкурентноспособными представленным на рис. 5-7 стационарным точечным причалам на свайных кустах.

Стационарный точечный причал (см. рис. 5), установленный в 1962 г. фирмой Esso на ливийском месторождении Marsa-el-Brega на глубине 30 м, предназначен для обслуживания танкеров дедвейтом до 100 тыс. т. Конструкция представляет собой свайный куст с защемлением в грунте и включает в себя верхнее строение в виде ростверка с поворотным краном, который поворачивается под углом, при котором воздействия от волн и ветра на судно будут минимальны, а также погруженную ферменную стрелу, проходящую под судном к минифольду на миделе. Нефть передается на миделевый манифольд танкера по трубопроводу, проведенному вдоль подводной вращающейся стрелы. Это устраняет необходимость в плавучих шлангах, подверженных воздействию волн. Такой одноточечный причал требует дополнительной глубины для того, чтобы танкер при вращении мог проходить над ферменной стрелой.

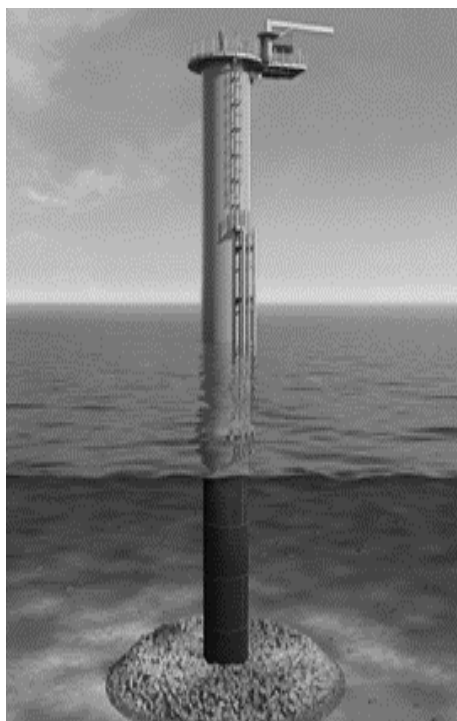
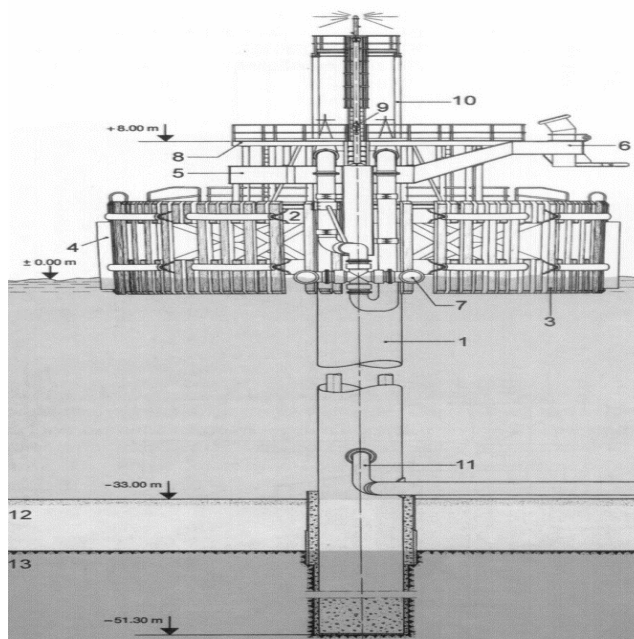


Рис. 4. Стационарные морские одноточечные причалы на моностоях

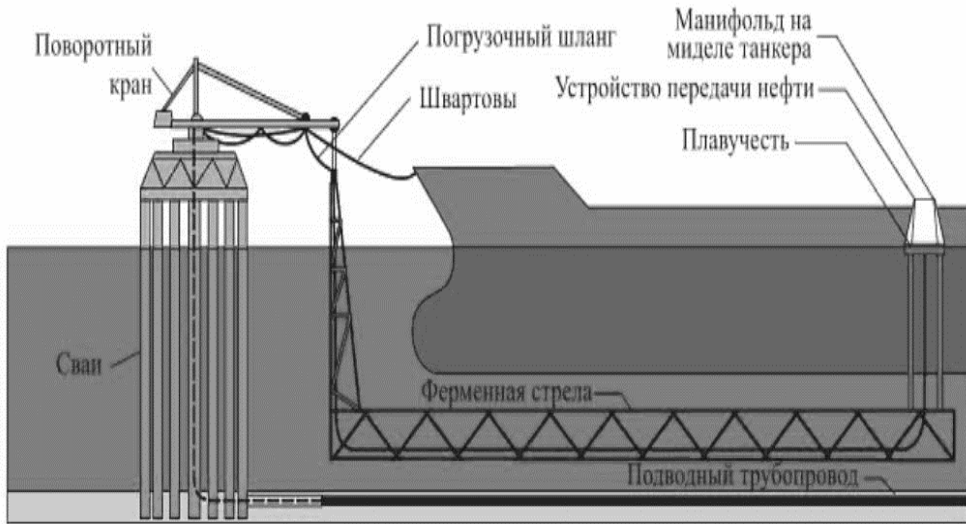


Рис. 5. Стационарный однотоечный причал с ферменной стрелой

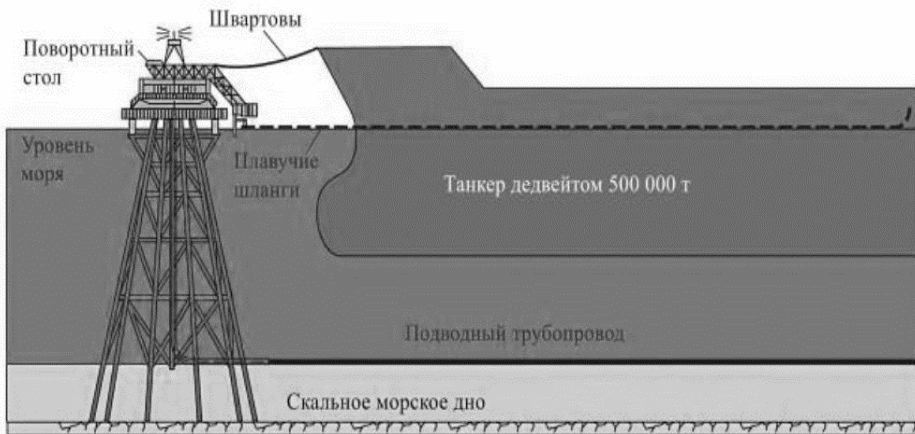


Рис. 6. Стационарный однотоечный причал с поворотным столом

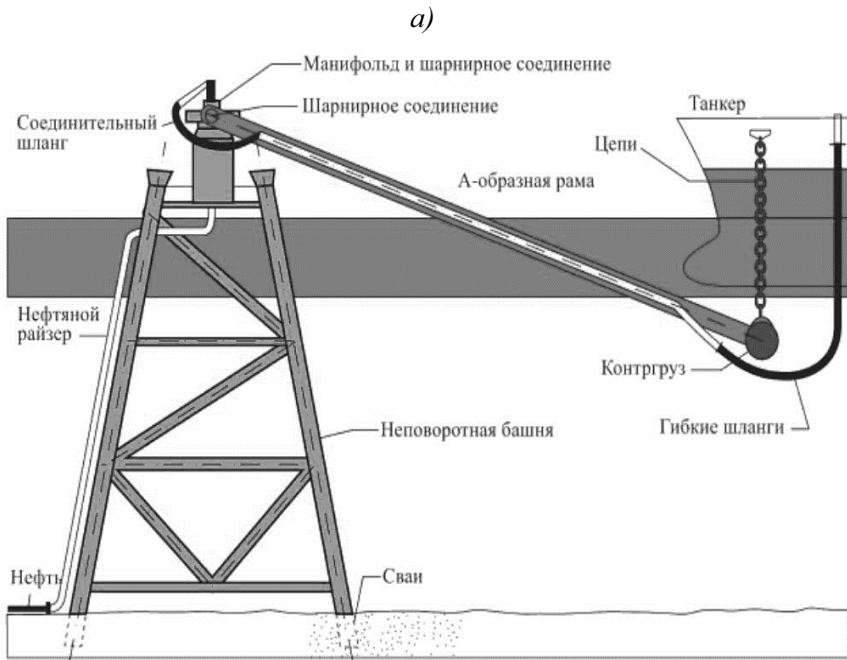


Рис. 7. Стационарный причал типа SYFT (Soft Yoke Fixed Tower):
а – конструктивная схема; б – вид на реализованную конструкцию

Стационарный причал (см. рис. 6) для обслуживания танкеров дедвейтом 500 тыс. т., установленный у Генуэзского побережья в 1972 г., снабжен поворотным столом, но не имеет погруженной вращающейся стрелы. Основание конструкции выполнено в виде пространственной фермы с ростверком. Плавающие шланги соединяют манифольд на миделе танкера с трубопроводом.

Верхнее строение стационарного причала сквозной конструкции (см. рис. 7) представлено в виде башни, главным элементом которой является А-образная рама на соединительном шарнире, что позволяет ей обеспечивать продольный и поперечный крен. В конструкции SYFT причальная сила создается противовесом, помещенным на сочлененный рычаг (так называемый гибкий рычаг). Такой рычаг обеспечивает гибкость причальной системы, а причальные нагрузки передаются на морское дно по стационарной конструкции, которая, помимо них, испытывает действие непосредственных гидродинамических нагрузок. Подобные причалы были установлены в заливе Бахай (Китай) на глубинах 8-30 м, начиная с 1968 г.

Обобщая рассмотренные конструкторско-технологические решения стационарных одностоечных причалов с точки зрения их применимости для условий украинского побережья, можно сделать вывод о целесообразности применения универсального (как для шельфовых месторождений углеводородов, так и для внешних рейдов морских портов) сооружения сквозного типа на свайном основании из стальных трубчатых свай отечественного производства, усиленных при необходимости для восприятия расчетных нагрузок соответствующими прокатными элементами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дубровский М.П., Яковлев П.И., Бугаев В.Т., Князев Е.А. *Морские шельфовые и речные гидротехнические сооружения.* – М.: Недра, 1995. – 246 с.
2. Носков Б.Д., Правдивец Ю.П. *Сооружения континентального шельфа.* – М.: АСВ, 2004. – 278 с.
3. Симаков Г.В. и др. *Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе.* – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету
М.В. Адамчук

доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії «ЧорноморНДІпроект»
М.Б. Пойзнер

УДК 656.615.078.111 / 117: 656.07

А.О. Мурад'ян

**ОСНОВИ УЗГОДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯМ
ЗАГАЛЬНОТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ
(методологічний аспект)**

У статті надане теоритичне обґрунтування механізму узгодження управління загальнотранспортними вузлами з позицій теорій взаємодії, обміну, участі, згоди та маркетингу партнерських відносин. Показано, що в здійсненні цілеспрямованої поведінки будь-яких співтовариств контактуючих суб'єктів, у тому числі діючих в транспортних вузлах, пріоритетну роль відіграє категорія взаємодії як єдність понять сприяння та протидії, які проявляються у формі відповідно партнерства і конкуренції. Підкреслюється, що узгодженість управління в реальних умовах може бути досягнута лише при гармонізації партнерських і конкурентних відносин взаємодіючих суб'єктів.

Ключові слова: узгодження управління, взаємодія та координація в управлінні, сприяння та протидія, співпраця та конкуренція, партнерська взаємодія.

В статье дано теоретическое обоснование механизма согласования управления общетранспортными узлами с позиций теорий взаимодействия, обмена, участия, согласия и маркетинга партнерских отношений. Показано, что в осуществлении целенаправленного поведения любых сообществ контактирующих субъектов, в том числе действующих в транспортных узлах, приоритетную роль играет категория взаимодействия как единство понятий содействия и противодействия, проявляющихся в форме соответственно партнерства и конкуренции. Подчеркивается, что согласованность управления в реальных условиях может быть достигнута лишь при гармонизации партнерских и конкурентных отношений взаимодействующих субъектов.

Ключевые слова: согласование управления, взаимодействие и координация в управлении, содействие и противодействие, сотрудничество и конкуренция, партнерское взаимодействие.

The theoretical ground of mechanism of concordance management is given In this article by transport hubs from positions of methodology of cooperation theories, exchange, participation, consent and marketing of partner relations. As it is shown in realization of purposeful behavior of any associations of contacting subjects including operating in transport hubs, a priority role is given to the category of cooperation as unity of concepts of assistance and counteraction, showing up in a form accordingly collaboration

and competition. It is underlined that management coordination in the real terms can be attained only during harmonization of partner and competition relations of interactive subjects.

Keywords: *concordance of management, cooperation and coordination in management, assistance and counteraction, cooperation and competition, partnership.*

Актуальність теми. Відомо, що в багатьох науках, особливо прикладних, містяться поняття, які пов'язані з найважливішими положеннями цих наук, але не мають не тільки бездоганного трактування, а й навіть логічного смислового тлумачення. При цьому вони часто широко використовуються як в теорії, так і в практиці як завідомо всім відомих і цілком зрозумілих істин. Такі поняття можуть довгий час залишатися як би в забутті, а потім стрімко виходити на перший план і знову відкочуватися в тінь з тим, щоб потім знову актуалізуватися і знову втратити затребуваність і т.д. Подібні феномени є і в теорії експлуатації транспорту. Одним з них є поняття «узгодження управління», яке відіграє ключову роль в методології забезпечення ефективного функціонування та розвитку комплексних транспортних проблем, в тому числі загальнотранспортних вузлів (ЗТВ).

Зазначене поняття з'явилося у вітчизняній теорії транспорту в останній чверті XIX сторіччя в формі декларативно висловленої ідеї і залишалося в такому статусі протягом наступного півстоліття, не викликаючи особливого інтересу у фахівців. Лише в 30-40 роки минулого століття дослідники зайнялися вивченням її сутнісної природи у зв'язку з розгортанням робіт по формуванню основ комплексної експлуатації транспорту на базі принципів централізованого управління національною економікою в її міжгалузевих секторах і осередках. Розроблена при цьому концепція узгодження управління складними транспортними системами, до числа яких належать і ЗТВ, домінувала протягом наступного п'ятидесятиріччя, і сприймалася як канонізована теорія. Однак після 1991 року у зв'язку з переходом на рейки ринкового господарювання ця теорія зазнала ґрунтовної ревізії, що завершилося різким звуженням області її допустимого використання. І хоча в наступні два десятиліття робилися спроби адаптувати її до нових соціально-економічних умов ділового життя, змальована ситуація практично не змінилася.

В результаті до теперішнього часу поняття «узгодження управління» та однойменна транспортна проблема залишаються надзвичайно актуальними, що об'єктивно підкреслює необхідність їх поглибленого дослідження в принципово новій постановці, повною мірою адекватній ринковій філософії ведення транспортного бізнесу.

Ступінь вивченості проблеми. Як зазначалося вище, досить ґрунтовна проробка поняття «узгодження управління» була розпочата в період становлення теорії комплексної експлуатації транспорту [1].

На основі отриманих тоді результатів вчені запропонували покласти в основу концепції узгодженого управління суміжними видами транспорту поняття координація та взаємодія як обов'язкових інструментів планової системи управління суспільним виробництвом [2]. При цьому керуючий потенціал координації та взаємодії всіх транспортних утворень, у тому числі ЗТВ, пов'язувався з принципом дотримання народно-господарських інтересів під пресом адміністративної юрисдикції. Ця концепція міцно утвердилася в теорії та практиці управління транспортом і досі присутня у науковій та навчальній літературі [3-5].

Між тим, як підкреслюється в [6] та інших публікаціях, охарактеризований вище підхід до узгодження управління комплексами транспортних систем втрачає повністю свій сенс на сучасному етапі. Це пов'язано з тим, що в умовах ринкових відносин в економіці ділові контакти між господарюючими суб'єктами будуються на тлі конкурентного суперництва, підпорядковуються ідеї досягнення власної вигоди і передбачають пошук конструктиву на взаємовигідній договірній основі. Остання складова ділових відносин, як впливає з теорії еволюції соціуму, буде в перспективі динамічно зміцнюватися по мірі розвитку суспільства соціального миру і злагоди [7]. У такій ситуації логічно зробити висновок, що подальше просування в дослідженні як самого поняття «узгодження управління», так і обумовлених ним проблем у рамках усіх видів транспортних систем, включаючи ЗТВ, необхідно пов'язувати з методологічними основами згаданої теорії соціуму.

Задача дослідження. Виходячи з вищевикладеного, в даній роботі ставиться двоєдина мета: по-перше, дослідити коло порушених вище питань комплексної постановки та прив'язки до систем класу ЗТВ; по-друге, обґрунтувати підхід до узгодження управління ЗТВ у постановці, що диктується сучасними уявленнями про логіку побудови систем ефективного управління [8].

Основні результати. Попередньо зазначимо, що впродовж останніх тридцяти років, як показано в [9], принципово важливих досягнень у дослідженні комплексних транспортних проблем, в тому числі пов'язаних із забезпеченням узгодженого управління ЗТВ, не спостерігалося ні в нашій країні, ні за кордоном. Як і раніше узгодження управління ЗТВ пов'язується з координацією та взаємодією, хоча трактування цих понять продовжує залишатися невіршеною проблемою.

У зв'язку з останньою констатацією представляється логічним розпочати вирішення поставленої у статті задачі дослідження з пошуку коректного тлумачення суті понять, координації та взаємодії в управлінні транспортом.

Аналіз літературних джерел показує, що перша і поки єдина спроба вирішити зазначену задачу була зроблена на початку 1980-х років [10]. Виконані тоді дослідження ґрунтувалися на факті тісного переплетення інтересів і цілей різних ланок і осередків народного господарства, що породжує необхідність всебічного узгодження їх функціонування. І за-

тверджувалося, що такого роду узгодження досягається за допомогою координації та взаємодії. При цьому відзначалося з посиланням на [11], що поняття «координація» завжди пов'язують з керуванням, але визначають по-різному: то як самостійну функцію управління, то як елемент будь-якої функції; або як мету, метод, засіб управління і т.п. Одночасно зверталася увага на те, що велика кількість визначень підкреслює багатогранність цього поняття, але жодне з них окремо не розкриває повністю його суті. Аналогічний висновок було зроблено і по поняттю «взаємодія» як інструменту управління.

В [10] показано також, що зазначена невизначеність трактування понять координації та взаємодії характерна і для транспортної науки, в якій ці поняття в одному випадку ототожнюються, в іншому – розмежовуються, причому кожне з них визначається в широкому і вузькому сенсі, трактується в галузевій і міжгалузевій постановці, в єдності з комплексом функцій управління і в прив'язці до тимчасових та просторових параметрів транспортних систем усіх видів, у тому числі ЗТВ.

У цитуємому джерелі порушується, крім того, питання про співвідношення координації і взаємодії та їх ролі в механізмі реалізації процесу управління. При цьому стверджується, що координація є найважливішим важелем взаємодії, а взаємодія виступає метою координації. В силу цього в [10] стверджується, що координація і взаємодія органічно поєднуються як взаємопов'язані та взаємообумовлені категорії. І підкреслюється, що ці поняття об'єктивно нероздільні, так як взаємодія без координації не може бути повною мірою цілеспрямованим процесом, а координація без взаємодії в принципі нездійсненна.

З останнього твердження випливає логічний висновок про пріоритетну роль взаємодії у здійсненні цілеспрямованої поведінки складних систем будь-якої природи, в тому числі транспортних, а в їх числі ЗТВ. Між тим, з цього приводу ні в [10], ні в інших наукових виступах конкретних міркувань не міститься. Спробуємо заповнити цю прогалину і показати, що саме з поняттям «взаємодія» необхідно пов'язувати початковий етап побудови механізму узгодження управління ЗТВ, а в більш загальному сенсі – сполучених систем всіх різновидів.

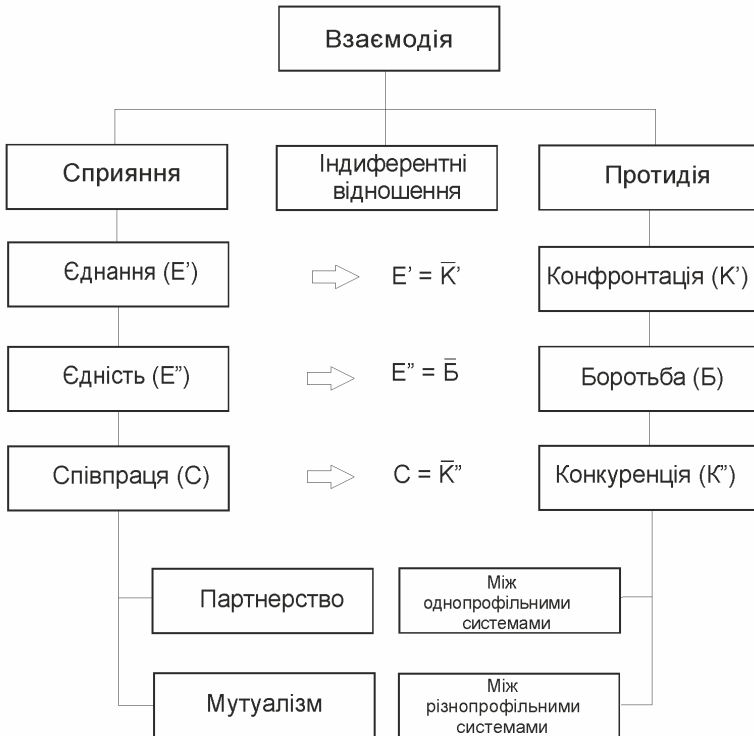
Слідуючи канонам теорії пізнання, будемо трактувати поняття «взаємодія» в найзагальнішому сенсі, тобто як наукову категорію, яка на рівні філософського узагальнення визначає універсальну форму руху, розвитку, процесу взаємного впливу будь-яких контактуючих суб'єктів (сторін, систем, елементів). Слідуючи [12], вважатимемо, що ефект взаємодії виникає, коли є не менше двох контактуючих суб'єктів і зміна положення одного з них є наслідком впливу на нього іншого суб'єкта.

У джерелі [12] показано, що взаємодіючі суб'єкти можуть сприяти і протидіяти один одному. Разом з тим взаємодія суб'єктів може бути і нейтральною, коли суб'єкти поведуться індиферентно по відношенню один до одного. При цьому кожен із зазначених випадків процесу взаємодії суб'єктів може бути описаний сукупністю певних параметрів і

характеристик. В якості перших виступають кількість взаємодіючих суб'єктів, ступінь збігу (або розбіжності) їх інтересів, готовність суб'єктів залучати власні ресурси для досягнення загальних цілей, а характеристики пов'язуються з особливостями прояви взаємодії суб'єктів з виділенням варіантів взаємодії: сильних і слабких; побудови та руйнування; гострих у формі відкритої боротьби, відштовхування, взаємовиключення та об'єднання, взаєможивлення, взаємодії; індиферентних; стабільних і пульсуючих (за напруженістю, інтенсивністю).

Взаємодія як процес інтеграції спрямованого функціонування контактуючих суб'єктів завжди пов'язується з досягненням певного результату, до якого вони можуть прагнути як до спільної мети в альянсі, або як до особистих цілей незалежно. Одночасно орієнтація суб'єктів на результат припускає цілеспрямованість їх діяльності, як підсумок реалізації їх взаємодії.

Всі різновиди взаємодії суб'єктів зводяться до трьох типів: взаємодії між однотипними об'єктами, між різнотипними об'єктами, між об'єктами обох категорій. І в кожному з цих випадків взаємодія суб'єктів здійснюється під знаком їхнього сприяння або протидії один одному, або без взаємного впливу, що відображено на наступній схемі.



Як видно з наведеної схеми, перший різновид процесу взаємодії суб'єктів – сприяння – реалізується на основі розвитку ефекта єднання, згуртування, що веде до єдності, цілісності, що, в свою чергу, трансформується у відносини співробітництва, тобто спільної конструктивної діяльності. У той же час інший різновид взаємодії суб'єктів – протидія – ґрунтується на ефекті конфронтації, яка ініціює зародження боротьби між ними, що проявляється у формі конкуренції. При цьому обидва різновиди взаємодії суб'єктів мають універсальний характер, тобто властиві як живій, так і неживій природі, а в суспільстві присутні у всіх сферах людської діяльності.

У даний час у всіх науках, які вивчають проблеми взаємодії, сприяння та протидії суб'єктів, найбільша увага приділяється партнерству (кооперації) як найбільш представницькому виду їх співпраці. При реалізації цього виду взаємодії кожен суб'єкт має власну користь і може діяти як самостійно, незалежно від інших суб'єктів, так і в нерозривному зв'язку з іншими суб'єктами. Другий вид партнерства, іменуєий в біології мутуалізмом, відповідає такому варіанту взаємодії у формі сприяння, при якому контактуючі суб'єкти також мають обоїльну користь, але не можуть мати закінченого циклу своєї діяльності при самостійному функціонуванні.

Легко бачити, що в разі ЗТВ відносини партнерства можуть, очевидно, зв'язувати один з одним і в будь-яких коаліціях всі діючі в вузлі виробничі підприємства, сервісні організації та інші структури, які беруть участь у здійсненні процесів вантажоперевалки та обслуговування транспортних засобів. У той же час відносини мутуалізму можуть виникати лише в комплексних виробничих системах, безпосередньо реалізуючих згадані процеси. Такими системами є порт-припортова залізнична станція, порт-судноплавні компанії, порт-автогосподарства, припортова станція-компанії-власники рухомого складу залізничного транспорту. Очевидно також, що при організації управління ЗТВ необхідно орієнтуватися на реалізацію потенціалу сприяння контактуючих у вузлах підприємств і організацій у формі партнерства, яка має великий ступінь універсальності.

В останні роки актуальність поняття «партнерство» стрімко зростає, його розглядають як категорію в філософії, соціології, економічній теорії, де воно трактується як вища форма співпраці, що носить загальний характер у сукупності суспільних зв'язків і в силу цього має передумови стати визначальним способом взаємодії всіх суб'єктів організаційно-управлінських відносин.

Посилення останньої тенденції послужило імпульсом до переходу від терміна «партнерство» до терміна «партнерська взаємодія» і розробці теоретико-методологічних основ однойменної науки на базі теорій взаємодії, обміну, участі, згоди і маркетингу партнерських відносин [14]. Ця наука має статус загальнометодологічної теорії і може служити базою для формування теоретичних і методичних підходів до дослідження проблем

взаємодії контактуючих суб'єктів у постановці як загальної, так і гранично конкретної, в тому числі в прив'язці до ЗТВ.

Партнерська взаємодія визначається конкретно як спільна діяльність індивідуальних і колективних суб'єктів, яка спрямовується на вирішення окремих проблем (завдань) при дотриманні наступних принципів: забезпечення автономії, рівності, взаємного визнання і довіри сторін; наявності зацікавленості кожної сторони у знаходженні взаємовигідних рішень; розуміння необхідності об'єднання ресурсів сторін, в тому числі інтелектуальних, задля пошуку рішень; дотримання конструктивної співпраці, добровільно прийнятої взаємної відповідальності при вирішенні спірних питань.

Поняття «партнерська взаємодія» співвідноситься з такими суміжними поняттями як «соціальна взаємодія», «соціальне спілкування», «спільна діяльність», «комунікація», «соціальний діалог», «міжсуб'єктний діалог», проте жодному з них воно не тотожне і має самостійний значущий статус [15].

Завершуючи характеристику поняття партнерської взаємодії в єдності з усіма варіантами його тлумачення (в якості партнерства, кооперації, співпраці, сприяння), зазначимо, що цей різновид взаємодії контактуючих суб'єктів орієнтований на досягнення конструктивізму в їх відносинах як необхідної умови і одночасно вирішального засобу гармонізації інтересів суб'єктів на етапах пошуку і реалізації спільно прийнятих рішень.

На наведеній вище схемі реалізації процесу взаємодії контактуючих суб'єктів показано також, що його другий різновид – протидія – виливається в конфронтацію, що веде до боротьби у формі конкуренції. Остання за своєю суттю є антитезою співробітництву і в силу цього повинна класифікуватися як альтернативний тип партнерської взаємодії [15].

Феномен конкуренції, як відомо, вперше описаний А. Смітом в якості ключової категорії ринкової економічної теорії. Однак це поняття виходить далеко за рамки економіки, так як є універсальною категорією у всіх суспільних та природних науках. При цьому під конкуренцією мається на увазі прагнення всього живого на планеті вступати в боротьбу (потенційно бути готовим до неї) за все, що асоціюється у людей з цінностями (вигодами) у різній формі, а в світі тварин і рослин – із засобами існування, починаючи від їжі і закінчуючи «місцем під сонцем». Конкретно конкурентні відносини між людьми виявляються у формі конфлікту інтересів індивідуумів, які претендують одночасно на один і той же ціннісно значущий для них об'єкт.

Учасниками конкурентного протистояння є діячі ринку в особі продавців і покупців товарів / послуг, а також посередницькі структури. Ділові відносини між покупцями і продавцями можуть розвиватися в трьох напрямках: тільки між продавцями і тільки між покупцями (в обох випадках – між однопрофільними системами); між продавцями і покуп-

цями (як різнопрофільними системами). І в кожному з цих випадків об'єктом конкуренції є в кінцевому рахунку гроші, що виступають в якості вартісного еквівалента вигоди, отримати яку прагнуть всі суб'єкти ринку. Зрозуміло, що свою конкурентну активність продавці направляють на максимізацію особистого прибутку, а покупці – на мінімізацію витрат, які вони несуть на придбання товару (отримання послуги).

Як показано в [14], у сучасній господарській практиці партнерство і конкуренція грають домінуючу роль у визначенні основних способів взаємодії економічних суб'єктів. При цьому типологічно виділяють два види економічних інститутів – ринкові і неринкові, відносячи до перших конкуренцію, а до других – партнерство (кооперацію). Однак чіткої межі між цими інститутами в практиці не існує, бо вони завжди «перетинаються». Дійсно, в ринково організованій економіці домінує конкуренція, а партнерство є взаємодоповнюючим фактором. У той же час у неринковій економіці конкуренція і партнерство зв'язуються зворотним співвідношенням: партнерство є домінантною, а конкуренція – лише впливаючим на нього (доповнюючим його) фактором.

Існування економічних інститутів партнерства і конкуренції і полярність їх «вектора» є реальною об'єктивністю в будь-якому середовищі людського буття. Тим самим обумовлюється необхідність забезпечення оптимальної взаємодії партнерства і конкуренції, що досягається шляхом реалізації позитивного потенціалу атрибутів прояви обох інститутів як умови розв'язання суперечностей взаємодіючих суб'єктів. Цими атрибутами є толерантність, діалог, компроміс і консенсус, єдність яких утворює охарактеризований в [9] механізм встановлення злагоди контактуючих суб'єктів, що базується на колективно-групових цінностях. У такій моделі ключовою умовою стимулювання є групова солідарність, участь, діалог, тобто прояв атрибутів партнерства при взаємодоповненні інститутом конкуренції, а кінцевою метою – досягнення та підтримка взаємоприйнятної злагоди в системі взаємодіючих суб'єктів [15].

Узагальнення вищевикладеного дозволяє зробити висновок, що охарактеризовані вище положення в єдності можуть бути покладені в основу методології розробки механізму узгодження управління будь-якими системами взаємодіючих суб'єктів, в тому числі ЗТВ. При цьому необхідно брати до уваги, що відносини партнерства можуть зв'язувати і притому в будь-яких поєднаннях як по виробничій орієнтації, так і за кількістю всіх діючих у вузлах компаній. Конкурентне протистояння виникає тільки між суб'єктами ЗТВ, кожен з яких, як зазначалося вище, зацікавлений у збільшенні своєї користі за рахунок контрагентів.

Висновок. Черговий етап дослідження запропонованої в данній статті концепції узгодження управління ЗТВ природно зв'язується з розробкою методики пошуку узгодженого рішення, що забезпечує повною мірою інтереси всіх взаємодіючих у вузлі суб'єктів з урахуванням позитивного потенціалу партнерства і конкуренції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Образцов В.Н. К вопросу о комплексной теории транспорта // Изв. АН СССР. Отделение техн. наук. – 1945. – №10-11.
2. Звонков В.В. Теоретические основы эксплуатации транспорта (во взаимодействии основных его видов). – Л., 1949. – № 4. – С. 1-4.
3. Резер С.М. Взаимодействие транспортных систем. – М.: Наука, 1985. – 246 с.
4. Аксенов И.Я. Единая транспортная система. – М.: Транспорт, 1980. – 213 с.
5. Повороженко В.В. Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта / В.В. Повороженко, Н.К. Сологуб, Е.Д. Хануков, Б.Н. Шафиркин, П.М. Янкин. – М.: Транспорт, 1972. – 304 с.
6. Мурад'ян А.О. Обґрунтування підходу до постановки задачі управління взаємодією суміжних підприємств мультимодальних транспортно-логістичних вузлів // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Вип. 3 (39). – Одеса: ОНМУ, 2013. – С. 241-255.
7. Жданенко С.Б. Партнерство як соціальний інститут // Наукові записки Харківського військового університету. – Вип. XV. – Харків: ХВУ, 2002. – С. 85-89.
8. Анненков А.В. Управление транспортной компанией. – М.: ВИНТИ РАН, 2003. – 280 с.
9. Мурад'ян А.О. Методика узгодження параметрів і оптимізації процесу перевалки вантажів в загальнотранспортних вузлах // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Вип. 1 (40). – Одеса: ОНМУ, 2014. – С. 127-135
10. Магамадов А.Р. Координация работы различных видов транспорта. – М.: Транспорт, 1982. – 176 с.
11. Козлов Ю.М. Координация в управлении народным хозяйством СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 172 с.
12. Аверьянов А.Н. О природе взаимодействия. – М.: Знание, 1984. – 64 с.
13. Зверева Т.В., Зинченко Г.П. Социальное партнерство как идеологическая доктрина управления // Известия института управления и инновации авиационной промышленности. – 2004. – № 3.

14. Гордон Ян Х. *Маркетинг партнерских отношений: Пер. с англ.* – СПб.: Питер, 2001. – 379 с.
15. Александрова Е.С. *Конкуренция и партнерство – два основных способа взаимодействия субъектов экономики: Культура народов Причерноморья // Научн. журнал.* – 2007. – № 106. – С. 7-9.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2014

Рецензенти:

доктор економічних наук, декан факультету «Транспортні технології та системи» Одеського національного морського університету
І.В. Савельєва

заступник генерального директора ООО «Металзюкрейн Корп. ЛТД» **І.Г. Фотев**

УДК 008.5

С.Н. Гловацкая, С.В. Руденко, Е.В. Колесникова

**СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММАМИ И ПРОЕКТАМИ
МЕЖДУНАРОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА**

Разработанная сбалансированная система показателей для управления международной деятельностью включает пять направлений – перспектив: финансы; партнеры, клиенты, внутренние процессы, обучение и развитие сотрудников.

Ключевые слова: проекты, показатели, международная деятельность, оценка.

Розроблена збалансована система показників для управління міжнародною діяльністю включає п'ять напрямків – перспектив: фінанси; партнери, клієнти, внутрішні процеси, навчання і розвиток співробітників.

Ключові слова: проекти, показники, міжнародна діяльність, оцінка.

Developed balanced scorecard for managing international activities includes five – perspectives: finance, partners, customers, internal processes, training and development of staff.

Keywords: projects, parameters, international activities, assessment.

Введение. Методология управления проектами (Project Management) – раздел теории управления различными системами, изучающий методы, формы, средства эффективного управления изменениями [1]. При этом рассматриваются явления и сущность, связи и закономерности в процессах управления проектами / программами / портфелями проектов в жизненных циклах управляемых социальных или организационно-технических систем с признаками уникальности и требованиями к качеству, а также заданными ограничениями по времени и ресурсам. Проектная деятельность ориентирована на достижение определенных полезных результатов и их ценности благодаря созданию продуктов [2]. В соответствии с определением, предложенным в [3], под проектом в общем случае понимается намерение создать некоторую ценность в виде продукта в условиях ограничения во времени с признаками уникальности, установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией.

Традиционно деятельность университета оценивается с помощью ряда показателей, которые относятся к различным аспектам деятельности

(учебной, научной, воспитательной, хозяйственной, международной) образовательного учреждения. При этом каждое структурное подразделение формирует определенный аспект деятельности и предоставляет данные о своей работе в виде отчетов, ключевых показателей и т.п. Эта обширная и зачастую несвязанная информация, на базе которой руководство университета определяет стратегию дальнейшего развития учебного заведения. Основная сложность в такой ситуации заключается в правильном выборе ключевых стратегических показателей различных аспектов деятельности, а также в принятии на основе их анализа правильного решения относительно приоритетов дальнейшего развития университета.

Постановка проблемы. Ключевым этапом разработки любых проектов является целеполагание – обоснование и выбор цели проектов / программ / портфелей проектов, а также критериев оценки результатов деятельности. При этом возникает задача оптимизации многокритериальной сложной системы, включающей в себя объект, планируемые процессы и множество участников проекта, каждый из которых ориентируется на достижение собственных целей. Формирование сбалансированной системы показателей позволяет разрешить противоречия между участниками проекта путем установления равновесия между различными частными критериями [4].

Анализ публикаций. Основы управления проектами с применением сбалансированных систем показателей предложены в работе [5] и развиты в [4, 6] для различных промышленных и торговых организаций, а также фирм, предоставляющих услуги. Результатом деятельности указанных объектов является некоторый продукт или услуга, которые характеризуются ценой и мерой качества. При этом формирование системы проектно-ориентированного управления деятельностью фактически перестраивает организацию в русло «управления изменениями» [7].

Цель статьи. Развитие теории целеполагания для управления программами проектов международной деятельности университета на основе методологии формирования сбалансированной системы показателей.

Особенности управления международной деятельностью. Основной задачей международной деятельности университета является его интернационализация путем вхождения в мировое образовательное и научное пространство. Для достижения этой цели руководство университета должно разработать эффективную стратегию ее достижения. При разработке стратегии международной деятельности необходимо оценивать финансовые выгоды университета от этого вида деятельности, а также такие нематериальные активы, как имидж университета, потенциальные возможности, лояльность партнеров, опыт, заинтересованность и гибкость сотрудников.

Сосредоточенное внимание только на финансовых показателях не дает полной информации об эффективности международной деятельности университета и не позволяет построить стратегию ее развития. Поэтому

необходимо использовать и нефинансовые показатели, которые должны не только дополнять финансовые показатели, но и находиться в логической связи с ними.

Сбалансированная система показателей международной деятельности университета дополнит систему финансовых показателей, а также:

- позволит обеспечить рост доходов университета от международной деятельности;

- приведет к расширению партнерских отношений с зарубежными учебными заведениями и научными центрами;

- выявит ключевые внутренние процессы, на усовершенствовании которых должен сосредоточиться университет, чтобы улучшить свой международный имидж;

- создаст систему постоянной оценки с «обратной связью», позволяющей систематически оценивать динамику изменений эффективности международной деятельности;

- будет способствовать привлечению зарубежных инвестиций в университетскую науку и помогает сориентировать в этом направлении работу с персоналом, развитие внутренних структур университета, корпоративной культуры и климата;

- повысит удовлетворенность персонала.

Суть разрабатываемой ССП международной деятельности университета заключается в формулировании стратегии в нескольких перспективах, постановке стратегических целей и измерении степени достижения данных целей при помощи показателей. ССП должна проецироваться на всю международную деятельность университета путем разработки индивидуальных целей в рамках уже разработанных общеуниверситетских стратегий и стимулировать понимание сотрудниками своего места в стратегии университета.

От правильно и понятно сформулированной стратегии международной деятельности зависит развитие университета в целом. При этом важно понимать, что хорошо разработанную стратегию еще надо успешно реализовать. Основное назначение ССП – обеспечение разработки показателей и контроль выполнения стратегии международной деятельности университета. ССП должна стать ядром системы управления международной деятельностью в университете.

При помощи ССП стратегия станет регулярной деятельностью всех структурных подразделений университета, вовлеченных в процесс управления путем планирования, учета, контроля и анализа сбалансированных показателей.

Таким образом, стратегия развития международной деятельности в университете может претендовать на полноту и эффективность только в том случае, если в ней найдут отражение различные ее аспекты.

Перспективы (составляющие) – это наиболее значимые сферы, в которых университет стремится достигнуть результатов. Перспектива является важнейшим элементом стратегии. При формулировании стратегии

международной деятельности университета на основе ССП предлагается рассмотреть ее в рамках пяти перспектив развития: финансы; партнеры, клиенты, внутренние процессы, обучение и развитие сотрудников (рис. 1).

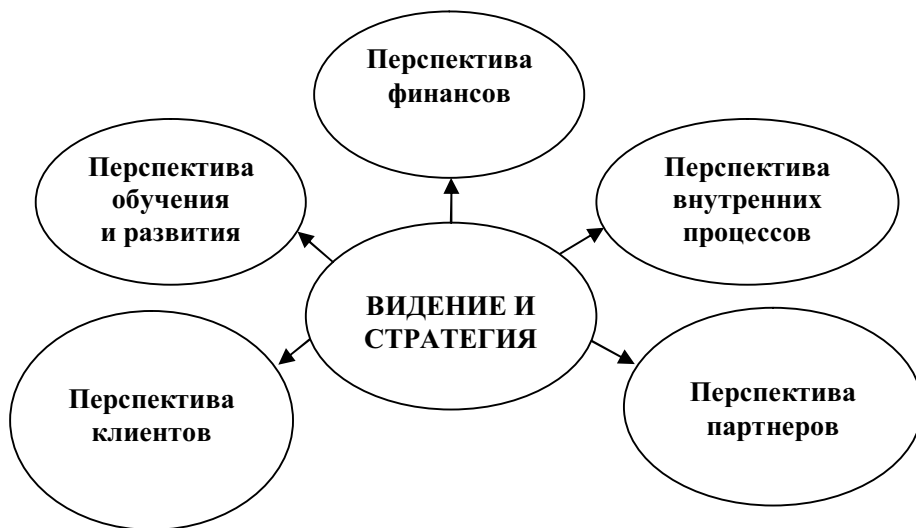


Рис. 1. Перспективы ССП для управления стратегией международной деятельности в университете

Разработка сбалансированной системы показателей международной деятельности университета начинается с обсуждения руководством университета проблемы определения конкретных стратегических целей международной деятельности на основе имеющегося видения и стратегии. Видение – это взгляд на желаемое, практически достижимое будущее университета, а также на то, каким путем достичь этого будущего.

Финансовая перспектива в ССП определяет управление затратами и содержанием стратегического плана. Для того чтобы определить финансовые цели, необходимо оценить свои возможности и возможности партнерских и клиентских отношений. Клиентами в данном случае являются абитуриенты, студенты, аспиранты и слушатели курсов повышения квалификации, т.е. физические либо юридические лица, получающие образовательные либо другие виды услуг предоставляемые университетом. К партнерам следует отнести зарубежные организации и университеты, с которыми заключены договора о сотрудничестве.

Как только установлены финансовые и партнерские цели, руководство университета разрабатывает цели для внутренних процессов. Внутренний процесс – последовательность действий (подпроцессов), направленная на получение заданного результата, ценного для университета. От того, как он развивает и совершенствует свои внутренние процессы, зависит не только успешная деятельность университета в настоящем, но и

выживание в будущем. Система оценки внутренних процессов должна фокусировать внимание на улучшении качества и сокращении их временного цикла. ССП должно высветить те из них, которые являются наиболее значимыми для получения наилучших результатов. При этом удастся обнаружить абсолютно новые внутренние процессы, которые руководство университета должно довести до совершенства, с тем, чтобы предложенная стратегия привела к успеху.

Последний компонент ССП, а именно обучения и развития персонала, то серьезные инвестиции в переподготовку, информационные технологии и системы жизненно необходимы. Следует также отметить, что обучение и карьерный рост сотрудников университета являются обязательными условиями его прогресса. Публикации научных работ, участие в конференциях, симпозиумах и выставках сформирует профессиональный имидж университета. Инвестиции в людей, системы и процедуры станут генераторами успешных инноваций и модернизации внутренних процессов.

Формирование сбалансированной системы показателей. Стратегические цели должны описывать планируемые результаты в конкретной области международной деятельности университета. При этом, каждая стратегическая цель должна быть связана с одной из перспектив развития. Далее проводится выбор наиболее важных целей, исходя из следующих предпосылок: цели должны быть измеримыми, на их достижение можно влиять, они приемлемы для сотрудников и согласованы с общей деятельностью университета. Все цели необходимо трансформировать в приемлемые и измеримые показатели (рис. 2).

Следует отметить, что без целевых установок показатели, разработанные для измерения стратегических целей, не имеют смысла. Принципиальная сложность определения целевого значения того или иного показателя состоит в том, чтобы найти реально достижимый уровень. Очевидно, что каждый университет сам определяет целевые значения показателей в зависимости от разработанной стратегии международной деятельности и средних (рекомендуемых) значений устанавливаемых министерством для всех университетов.

На завершающем этапе разрабатываются соответствующие мероприятия в виде отдельных проектов для реализации поставленных целей, а также проводится анализ степени их достижимости. Стратегические мероприятия (проекты) обеспечивают выполнение стратегии. Все проекты, выполняемые в организации, должны быть увязаны со стратегией в ССП. Проекты направлены на достижение поставленных целей в течение заданного периода времени и при установленном бюджете. При этом необходимо оценивать: соответствие выбранных показателей степени достижения целей, простоту расчета, достижимость целевых значений выбранных показателей.



Рис.2. Принципиальная схема сбалансированной системы показателей международной деятельности университетов

Оценка показателей заключается, прежде всего, в том, чтобы понять возможность расчета фактического значения показателя на основе данных отчетного периода. Необходимо сравнивать плановые и фактические значения выбранных показателей и выяснять причины отклонений. Такой анализ сопровождается либо корректировкой целевого значения показателя, либо разработкой корректирующих мероприятий, направленных на достижение установленного ранее целевого значения показателя.

Кроме того, целесообразно прогнозировать целевые значения показателей на длительный период времени. Если разработанные проекты для достижения стратегических целей не завершены, то их следует завершить. При необходимости должны быть разработаны новые проекты.

Внедрение ССП – процесс, требующий значительного времени, часть из которого уходит на отладку системы и ее поддержку. Для улучшения ССП руководство университета и ответственная структура должны постоянно проводить анализ и оценку эффективности международной деятельности.

Выводы. На основе анализа объекта и целей субъектов международной деятельности университетов получила развитие теория целеполагания для управления международными проектами на основе методологии формирования системы сбалансированных показателей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бушуев С.Д. *National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1 [Текст]* / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева. – К.: ІПІДІУМ, 2010. – 208 с.
2. *Формула та напрямки наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами»* / С.Д. Бушуев, В.Д. Гогунський, І.В. Кононенко [та ін.] / *Управління проектами: стан та перспективи: Матер. 8-ої міжнар. наук.-практ. конф.* – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 28-31.
3. *Руководство по управлению инновационными проектами и программами предприятий: Т. 1, версия 1.2* / Пер. под. ред. С.Д. Бушуева. – К.: *Наук. світ*, 2009. – 173 с.
4. Гогунский В.Д. *Формирование системы сбалансированных показателей для управления экологическими проектами* / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, В.А. Вайсман // *Вісник Черкаського держ. технологічного ун-ту.* – № 3. – 2005. – С. 284-286.
5. Каплан Р.С., Нортон Д.П. *Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию* / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 320 с.
6. Браун Марк Г. *Сбалансированная система показателей: на маршруте внедрения* / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 226 с.
7. Тернер Д.Р. *Руководство по проектно-ориентированному управлению* / Пер. с англ. под общ. ред. В.И. Воропаева. – М.: *Издательский дом Гребенникова*, 2007. – 552 с.

Стаття надійшла до редакції 01.06.2014

Рецензенти:

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

доктор технічних наук, професор завідувач кафедри «Управління системами безпеки життєдіяльності» Одеського національного політехнічного університету **В.Д. Гогунський**

УДК 656.078.8

О.Р. Магамадов, С.С. Русанова, Г.А. Джиджавадзе

ОСНОВИ ВИБОРУ КОНКУРЕНТНИХ СТРАТЕГІЙ ПОРТІВ

У статті викладені основи вибору конкурентних стратегій портів з позиції, коли поняття стратегії трактується як умова та засіб досягнення, підтримки та підвищення конкурентоспроможності портів.

Ключові слова: *портова конкуренція, конкурентоспроможність портів, конкурентна орієнтація портів, ринкові конкуренти портів, портові конкурентні стратегії.*

В статье изложены основы выбора конкурентных стратегий портов с позиции, когда понятие стратегии трактуется как условие и способ достижения, поддержания и повышения конкурентоспособности портов.

Ключевые слова: *портовая конкуренция, конкурентоспособность портов, конкурентная ориентация портов, рыночные конкуренты портов, портовые конкурентные стратегии.*

The article deals with the competitive strategies of ports while the concepts of strategy is interpreted as a condition and method of achievement, maintenance and increase of competitiveness of the ports.

Keywords: *port competitive, competitiveness of the ports, competition attitude of ports, market competitors of ports, competitive strategies of ports.*

Вступ. Як відомо, будь-яка наука, у тому числі з категорії прикладних, придбає статус такової, коли завершується формування її теорії та методів. У разі портової конкуренції доводиться констатувати, що до теперішнього часу її теоретичний і методичний арсенал все ще не склався. У підсумку розгляд такої актуальної проблеми, як обґрунтування конкурентної орієнтації портів, доводиться починати, що називається, з чистого аркушу.

Ціль і задачі дослідження. Виходячи з вищевикладеного, ціль і задачі даної статті пов'язуються зі здійсненням методики обґрунтування конкурентних стратегій портів у єдності з проблемою підвищення їх конкурентоспроможності на ринку портових послуг (РПП).

Ступінь вивчення проблеми. Нажаль, до теперішнього часу проблемі визначення конкурентних стратегій портів з її обґрунтуванням, розробкою та доведенням до методичної реалізації в наукових публікаціях серйозної уваги практично не приділялося. Внаслідок цього необхідність у даному фрагменті статті відсутня.

Основний матеріал. Вичерпне розв'язання позначеної проблеми може бути знайдено шляхом всебічного дослідження за обширним рядом показників, які характеризують функціонування розглядаємого РПП з використанням обширної і різноманітної інформації. В нашому випадку цю проблему можливо спростити та її рішення знайти лише за одним показником – обсягом послуг, які порти пропонують ринку.

У загальному випадку задача, яка адекватна розглядаємій проблемі, розв'язується у два етапи, на першому з котрих виконується оцінка ринкової позиції портів, визначається їх конкурентний статус, виявляються ринкові конкуренти портів і обґрунтовуються цілі їх функціонування. На другому етапі робиться саме вибір конкурентних стратегій портів, виходячи з максимізації конкурентоспроможності послуг, які вони надають клієнтурі. Розглянемо основні дії, які необхідно виконати для реалізації кожного з вказаних етапів.

Початкова дія першого етапу полягає в оцінці ринкової позиції кожного порту, яка робиться на основі розгляду ретроспективної (певний перший рік) і поточної (певний останній рік) ситуацій на РПП. Така постановка питання дає можливість змодельовати деяку «стартову» позицію усіх портів, що оперують на ринку, для першого року і дозволяє надалі (по поточній ситуації) установити характер зміни ринкової позиції портів в умовах підвищення (або пониження) їхньої ділової активності протягом періоду часу, який розглядається.

Аналіз стану ринкової ситуації виконується за умови, що РПП поділяється на чотири сектори ($M_I - M_{IV}$), у кожний з яких включаються порти із близькими значеннями ринкової частки. Тим самим фіксується рівень міцності ринкової позиції кожного порту. Відповідно до термінології, яка використовується у [1], в згаданих секторах поєднуються: M_I – порти-лідери ринку; M_{II} – порти із сильною ринковою позицією; M_{III} – порти зі слабкою ринковою позицією; M_{IV} – порти-аутсайтери ринку. При такій умові задача полягає у виявленні сектору РПП, до якого тяжіє кожний порт.

Виконаний у такий спосіб аналіз ретроспективної і поточної ситуацій на розглядаємому ринку дає уявлення про її стан на кінець кожного із заданих років. Тепер необхідно дослідити характер її розвитку протягом усього періоду для того, щоб виявити тенденцію зміни показника ринкової частки портів та в підсумку встановити, як змінювалися (поліпшувалися, погіршувалися) їх ринкові позиції.

Надане завдання розв'язується з метою розподілення портів між чотирма секторами ($N_I - N_{IV}$) за характером зміни їхньої ринкової позиції. У відповідності до прийнятої у [1] термінології в сформованих у такий спосіб секторах поєднуються: N_I – порти з ринковою позицією, що швидко поліпшується; N_{II} – порти з ринковою позицією, що поліпшується; N_{III} – порти з ринковою позицією, що погіршується; N_{IV} – порти з ринковою позицією, що швидко погіршується.

Результати виконаного аналізу дають можливість зафіксувати положення на ринку усіх портів, що характеризує їх конкурентний статус. Ці результати поєднуються у конкурентну карту ринку (ККР), яка наведена у табл.1.

Таблиця 1

Характер зміни ринкових позиції портів	Ринкові позиції портів			
	позиція лідера (M _I)	сильна позиція (M _{II})	слабка позиція (M _{III})	позиція аутсайдера (M _{IV})
Швидке поліпшення (N _I)	1	5	9	13
Поліпшення (N _{II})	2	6	10	14
Погіршення (N _{III})	3	7	11	15
Швидке погіршення (N _{IV})	4	8	12	16

З табл.1 видно, що за силою конкурентного статусу порти поділяються на дві категорії: у становищах 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14 їм характерна позитивна тенденція розвитку, що служить передумовою посилення їхнього конкурентного статусу; у становищах 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16 має місце прямо протилежна тенденція.

В обох випадках перед портами з будь-яким конкурентним статусом виникає одне і те ж завдання: у своїй ринковій діяльності вони, як правило, повинні поєднувати наступальний і оборонний варіанти конкурентної поведінки. Цей принцип порти реалізують наступним чином:

лідери ринку направляють свої зусилля на зміцнення завойованої позиції, намагаючись витиснути при можливості більш слабких за конкурентним статусом суперників із загальної фундаментальної ніші (наступальна поведінка), і одночасно покласти край намаганням суперників втрутитись до їхньої реалізованої ринкової ніші (оборонна поведінка);

суб'єкти ринку із сильною й слабкою конкурентною позицією прагнуть, з одного боку, протистояти атакам найближчих суперників з більш сильним конкурентним статусом (оборонна поведінка) та, з іншого боку, придушувати подібно лідерам більш слабких конкурентів (наступальна поведінка);

аналогічно діють і аутсайдери ринку: вони змушені найчастіше боротися за виживання шляхом відбиття тиску більш сильних конкурентів (оборонна поведінка) та ініціювати спроби поліпшити свою позицію за рахунок найближчих конкурентів, які незначно перевершують їх та/або уступають їм за конкурентним статусом (наступальна поведінка).

Наступна дія першого етапу складається з з'ясування питання про те, з якими конкретно портами і з яким ступенем гостроти буде конкурувати на ринку розглядаєми порт. Це питання вирішується шляхом зіставлення його ринкової частки з ринковою часткою кожного з портів, що оперують на ринку. При цьому необхідно приймати до уваги відомий постулат бізнесу, у відповідності до якого існує деяка критична пропорція ринкових часток двох незалежних конкурентів, коли протистояння між ними досягає максимуму [1]. Ця ситуація має місце бути при рівності ринкових часток конкурентів (співвідношення близько до 1:1). В той же час, коли ця пропорція наближається до 2:1 і більше (або 1:2 і менше), конкуренція на ринку практично відсутня. Виходячи із цієї закономірності, можна таким чином виявити конкурентів розглядаємого порту за характеризуємою нижче схемою.

Вочевидь, що повна безліч можливих співвідношень ринкових часток портів перебуває у деякому інтервалі, що може бути розбитий на підінтервали за ступенями гостроти конкуренції і конкурентної активності портів. Цю операцію можна виконати шляхом виділення деякої кількості підінтервалів у прив'язці до умовно зафіксованих граничних значень співвідношення ринкових часток портів і варіантів розвитку їх конку-рентних відносин.

Заключною дією першого етапу є вибір конкретної мети, яка орієнтована на збереження та/або зміцнення свого конкурентного статусу. В узагальненій постановці така мета пов'язується з досягненням портом деякого рівня економічного стану. У конкретному визначенні мета порту може пов'язуватися з однією з наступних стратегічних ідей: забезпеченням виживання, максимізацією поточного прибутку, збільшенням ринкової частки, завоюванням лідерства на ринку за показниками ринкової частки, або якості послуг, які надаються клієнтурі.

Забезпечення виживання стає головною метою портів-аутсайдерів ринку і портів, які мають слабкий конкурентний статус з тенденцією до погіршення (стан на ККР 12, 16). Максимізацію поточного прибутку порти приймають за основну мету у ситуаціях, коли відсутня можливість надійного прогнозування їх довгострокових показників. Цю мету можуть обрати порти з будь-яким конкурентним статусом (стан 1-16). Збільшення ринкової частки є актуальною метою у випадку, коли вона прив'язується до певного періоду часу (наприклад, на один рік). Її можуть обирати порти-лідери ринку та порти, які мають сильний конкурентний статус з тенденцією до погіршення (стан на ККР 3, 4, 7, 8), а також порти аутсайтери ринку і порти, які мають слабку конкурентну позицію з тенденцією до поліпшення (стан на ККР 9, 10, 13, 14), а також погіршення (стан на ККР 11, 15). Завоювання лідерства за ринковою часткою стає пріоритетною метою для портів-лідерів ринку та портів, які мають сильний конкурентний статус з тенденцією до поліпшення (стан на ККР 1, 2, 5, 6), коли часова перспектива не фіксується. Завоювання лідерства на ринку за показниками якості портових послуг може бути головною

метою для портів з будь-яким конкурентним статусом, однак за умови, що ринкова позиція має тенденцію до поліпшення (стан на ККР 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14).

Тепер є можливим перехід до реалізації другого етапу рішення досліджуваної проблеми – а саме до вибору конкретного типу конкурентної стратегії розглядаемого порту. При виконанні цієї дії слід врахувати, що у сучасній теорії конкуренції [2] прийнято виділяти чотири типи (різновиди) стратегій, які чітко розрізняються за суттю й механізмом реалізації і мають назву: віолентної («силової»), патієнтної (нішевої), комутантної (приспосувальної) і експлерентної (піонерської) конкурентних стратегій.

Віолентна стратегія характерна для великих фірм, що діють у сфері стандартного виробництва товарів/послуг, розрахованих на широке коло споживачів. Фундаментальне джерело сили фірм-віолентів полягає у тому, що таке виробництво дозволяє досягти високої продуктивності і завдяки цьому забезпечити мінімальні витрати на випуск продукції. А це сприяє встановленню низьких цін на товари/послуги з адекватною споживчою цінністю та «запасом» конкурентоспроможності.

У застосуванні до РПП цю стратегію можливо з деяким припущенням віднести до діяльності найбільш крупних портів за умови, що їх ділова активність прямує на максимальне збільшення вантажної бази за рахунок розширення ринкових ніш, які вони вже мають. Переслідуючи цю мету, вказані порти можуть націлюватися на обхват сегментів РПП як за окремими великими вантажопотоками ринку, які перевозяться у декількох напрямках, так і за сукупністю різноманітних вантажопотоків з великою питомою вагою у портовому вантажообігу. В обох випадках зростання вантажообігу портів створює передумови для скорочення їх витрат за здійсненням процесів вантажоперевалки (ПВП) і обслуговуванням суден (ПОС) при забезпеченні прийнятної для клієнтури якості портових послуг. У підсумку перед портами відкривається можливість для зниження цін на послуги і підвищення на цій основі «запасу» їх конкуренто-спроможності.

Патієнтну стратегію можуть брати на озброєння фірми усіх типів, що встали на шлях вузької спеціалізації. Ця стратегія передбачає виготовлення особливої продукції, яка дорого коштує та має попит для певного (частіше вузького) кола споживачів. Свою ринкову силу компанії-патієнти черпають в тому, що їхні вироби стають тією чи іншою мірою незамінними для відповідної групи клієнтів і внаслідок цього мають високу споживчу цінність.

В разі РПП цієї стратегії дотримуються порти всіх категорій – від найбільших до самих невеликих, прагнучи, по-перше, надійно утримувати вже притягнені вантажопотоки і, по-друге, нарощувати об'єми освоєних вантажопотоків за наявності необхідних для цього умов і ресурсів (резерву пропускної спроможності).

У обох випадках порти направляють свої зусилля на максимально повне задоволення потреб клієнтури, що пов'язуються зазвичай з особливими вимогами до ПВП і інтенсивності ПОС. Тим самим порти підтримують високий рівень споживчої цінності послуг, що надаються клієнтурі, і завдяки цьому забезпечують необхідний «запас» їх конкурентоспроможності.

Комутантна стратегія переважає при стандартному бізнесі у локальних (місцевих) масштабах. Вона характерна для малих фірм, джерело сили яких складається з їхньої гнучкості, тобто з кращої пристосованості до задоволення невеликих за обсягом (а нерідко й короткочасних) потреб конкретних груп клієнтів, що виявляється можливим при середньому рівні цін та адекватної споживчої цінності товарів/послуг.

Для РПП ця стратегія здається, на перший погляд, неприйнятною внаслідок того, що навіть малопотужні порти не підпадають під означення малої фірми. Проте в умовах вантажопотокового дефіциту порти усіх категорій вступають у боротьбу за клієнтуру у дусі саме комутантної конкурентної стратегії, тобто з націленістю на максимально повне задоволення потреб клієнтури, якими б «точковими» вони не були. Так, саме порти реагують в ситуаціях, коли від клієнтури поступають разові заявки на здійснення ПВП і ПОС із забезпеченням особливих вимог, що пов'язуються зазвичай з технологією вантажоперевалки і термінів перебування в портах вантажів та суден під обслуговуванням. Ще більш рельєфно дух комутантної стратегії присутній у конкурентній боротьбі стивідорних компаній, що оперують як у межах одного порту, так і в різних портах, що тяжіють до одного і того ж РПП.

Експлерентна стратегія характерна для малих фірм, але нею можуть користуватися також середні та великі фірми. Ця стратегія пов'язана зі створенням нових або радикальним перетворенням старих сегментів ринку. Продукція фірм-експлерентів відрізняється високим рівнем споживчої цінності і низькими цінами, тобто великим «запасом» конкурентоспроможності товарів/послуг. Головний фактор сили експлерентів пов'язаний з випередженням у впровадженні принципових нововведень і по-чатково одноосібному оперуванні на ринку.

Порти цим видом стратегії користуються рідко: її концептуальна суть присутня як тенденція в діяльності портів, які відрізняються високою діловою активністю і постійною націленістю на вдосконалення внутрішньо-портового менеджменту, технології ПВП і організації ПОС. Реалізація такого роду заходів сприяє збільшенню споживчої цінності портових послуг до рівня, що забезпечує гранично високий «запас» їх конкурентоспроможності.

У теорії конкуренції показано, що при виборі конкурентних стратегій портів необхідно виходити з раціональної комбінації двох основних джерел їх конкурентоспроможності: скорочення витрат на здійснення послуг (R), що створює передумови для зниження їх цін;

підвищення споживчої цінності послуг (С), що є наслідком зростання їх привабливості у сприйнятті клієнтури [2].

При виборі конкурентних стратегій усіх типів фірми, а також порти як їх різновид, повинні орієнтуватись на різницю поміж показниками С та R, яка характеризує «запас» конкурентоспроможності (К) їх продукції (для портів – їх послуг клієнтури). Слід враховувати, що показник К повинен прийматися у відповідності до конкурентного «клімату» РПП: він повинен бути на гостроконкурентному ринку мінімальним, а на ринку з невеликою інтенсивністю – максимальним.

Проілюструємо процедуру вибору усіх видів конкурентних стратегій портів на конкретних прикладах.

Приклад 1. Припустимо, з'ясувалося, що базовий порт (А), має реалізовану ринкову нішу ємкістю 25 млн. т вантажів, ринкову частку 0,32 і за цими показниками відноситься до категорії великих портів. Конкурентний статус порту А характеризується позицією лідера на ринку з тенденцією до погіршення, внаслідок чого порт займає положення 3 на ККР.

Припустимо також, що базовий порт знаходиться у конкурентному протистоянні з портами В та Г, про що вказують данні табл. 2.

Таблиця 2

Сполучення портів	Співвідношення ринкових часток портів	Ступень гостроти конкуренції портів	Порти-ініціатори конкурентної боротьби	Характер конкурентної поведінки базового порту
А/Б	1,78	Практично нульова	–	–
А/В	1,52	Слабка з можливим затуханням	Порт А	Наступальна
А/Г	1,11	Гранично гостра	Порти А та Г	Наступальна

Далі будемо розглядати конкурентні відносини базового порту тільки з одним портом, конкретно з портом Г, враховуючи, що саме з ним базовий порт конкурує, як це видно з табл. 2, найбільш гостро.

З даних табл. 2 виходить, що у протистоянні портів А та Г ініціаторами конкурентної боротьби є обидва порти, внаслідок чого базовий порт повинен дотримуватися наступальної поведінки та прагнути поліпшення свого конкурентного статусу. Звідси безумовно витікає, що ціль свого функціонування базовий порт повинен пов'язувати зі збільшенням ринкової частки до рівня, при якому стає можливим перехід

із положення 3 у положення 2 на ККР. За таких умов конкурентний статус порту А буде характеризуватися позицією лідера ринку з тенденцією до поліпшення, що для нього є цілком прийнятним.

Так як базовий порт відноситься до категорії великих портів, то він повинен брати на озброєння один з варіантів віолентної конкурентної стратегії.

Охарактеризований варіант конкурентної стратегії базового порту дозволить йому реалізувати поставлену мету – збільшення ринкової частки у суперництві з портом Г, – очевидно, лише у тому випадку, якщо базовий порт буде спроможний при інших однакових умовах забезпечити у зіставленні з портом Г більш низькі витрати на перевалювання свого вантажопотоку. Це буде також сприяти зниженню тарифу (акордної ставки) базового порту на вантажоперевалювання та збільшенню «запасу» його конкурентоспроможності.

Приклад 2. Припустимо, що базовий порт (А) має реалізовану ринкову нішу ємкістю 8 млн. т вантажів, ринкову частку 0,23 і за цими показниками відноситься до категорії середніх портів. Його конкурентний статус характеризується слабкою ринковою позицією з тенденцією до погіршення, внаслідок чого порт А займає положення 11 на ККР.

Припустимо також, що базовий порт (А) знаходиться у конкурентному протистоянні з усіма портами, які оперують на розглядаємому РПП, про що вказують данні табл. 3.

Таблиця 3

Сполу-чення портів	Співвідношення ринкових часток портів	Ступень гостроти конкуренції портів	Порти-ініціатори конкурентної боротьби	Характер конкурентної поведінки базового порту
А/Б	0,64	Слабка з можливим наростанням	Порт Б	Оборонна
А/В	0,96	Гранично гостра	Порти А та В	Наступальна
А/Г	1,37	Слабка з можливим затуханням	Порт А	Наступальна

Далі будемо розглядати конкурентні відносини базового порту тільки з одним портом, конкретно з портом В, враховуючи, що саме з ним базовий порт конкурує, як це видно з табл. 3, найбільш гостро.

З даних табл. 3 виходить, що у протистоянні портів А та В ініціаторами конкурентної боротьби є обидва порти, внаслідок чого базовий порт повинен дотримуватися наступальної поведінки та прагнути поліпшення свого конкурентного статусу. Звідси безумовно витікає, що ціль свого функціонування базовий порт повинен пов'язувати зі збільшенням ринкової частки до рівня, при якому є можливим перехід з положення 11 у положення 10, а потім у положення 6 на ККР. За таких умов конкурентний статус порту А буде характеризуватися сильною ринковою позицією з тенденцією до поліпшення. Так як базовий порт відноситься до категорії середніх портів, то він повинен брати на озброєння один з варіантів паті-ентної конкурентної стратегії.

Охарактеризований варіант конкурентної стратегії базового порту дозволить йому реалізувати поставлену мету – збільшення ринкової частки у суперництві з портом В, – очевидно, лише у тому випадку, якщо базовий порт буде спроможний при інших однакових умовах забезпечити у зіставленні з портом В більш високу споживчу цінність своєї продукції. При цьому порт А буде мати «запас» конкурентоспроможності, який для нього є прийнятний.

Приклад 3. Припустимо, що базовий порт (А) займається виробництвом стандартної продукції, має реалізовану ринкову нішу ємністю 200 тис. т вантажів, ринкову частку 0,12 і за цими показниками відноситься до категорії малих портів. Його конкурентний статус характеризується позицією аутсайдера ринку з тенденцією до поліпшення, внаслідок чого порт А знаходиться у положенні 14 на ККР.

Будемо також враховувати, що базовий порт не має жодних конкурентних відносин з іншими портами, які оперують на РПП, про що вказують данні табл. 4.

Таблиця 4

Сполучення портів	Співвідношення ринкових часток портів	Ступень гостроти конкуренції портів	Порти-ініціатори конкурентної боротьби	Характер конкурентної поведінки базового порту
А/Б	0,48	Практично нульова	–	–
А/В	0,36	Практично нульова	–	–
А/Г	0,40	Практично нульова	–	–

І, накінець, припустимо, що у перспективі конкурентні відносини між базовим портом та його потенційними суперниками на РПП можуть цілком виникнути. Дійсно, з даних табл. 4 можна побачити, що найбільш вірогідним конкурентом порту А є порт Б, так як співвідношення їх ринкових часток (0,48) може у принципі опинитися у підінтервалі, коли виникає слабка конкуренція з можливим наростанням. У такій ситуації ініціатором конкурентної боротьби зобов'язаний виступати базовий порт з наступальним варіантом конкурентної орієнтації, що зумовлюється його прагненням поліпшити свій конкурентний статус.

Звідси безумовно виходить, що ціль свого функціонування базовий порт повинен пов'язувати зі збільшенням ринкової частки до рівня, при якому є можливим перехід з положення 14 у положення 10, а потім у положення 9 на ККР. За таких умов конкурентний статус порту А буде характеризуватися слабкою ринковою позицією, але з тенденцією до швидкого поліпшення.

Так як базовий порт відноситься до категорії малих портів, то для нього слід брати на озброєння комутантну конкурентну стратегію.

Приклад 4. Припустимо, що базовий порт (А) має реалізовану ринкову нішу ємкістю 100 тис. т однорідного вантажу, ринкову частку 0,07 і за цими показниками відноситься до категорії малих портів. Його конкурентний статус характеризується позицією аутсайдера ринку з тенденцією до швидкого погіршення, внаслідок чого порт А знаходиться у положенні 16 на ККР.

Припустимо також, що базовий порт не має жодних конкурентних відносин з іншими портами, про що вказують данні табл. 5. Однак позиція аутсайдера з тенденцією до швидкого погіршення повинна спонукати менеджмент порту А енергійно шукати шляхи до рятуння від неминучого краху.

Таблиця 5

Сполу-чення портів	Співвідношення ринкових часток портів	Ступень гостроти конкуренції портів	Порти-ініціатори конкурентної боротьби	Характер конкурентної поведінки базового порту
А/Б	0,22	Практично нульова	–	–
А/В	0,24	Практично нульова	–	–
А/Г	0,21	Практично нульова	–	–

У теорії конкуренції показано, що реальне розв'язання такого роду проблем можливо лише у разі успішної реалізації розглядаємої

портом (А) експлерентної конкурентної стратегії, яка пов'язана з пошуком революційних рішень по створенню нових або радикальному удосконаленню старих сегментів РПП з наступним і енергійним переходом до віолентної або патієнтної конкурентної стратегії (див. приклади 1, 2).

Висновок. Викладена вище методика обґрунтування вибору конкурентних стратегій портів пройшла експериментальні випробування на масивах реальних даних більшості морських портів України і довела свою придатність задля практичного використання. Автори цієї публікації готують її для впровадження у портах «Великої Одеси».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Азоев Г.Л. Конкуренция: Анализ, стратегия и практика. – М.: Центр экономики и маркетинга, 1996. – 208 с.*
2. *Юданов А.Ю. Конкуренция: теория и практика. – М.: Акалис, 1996. – 382 с.*

Стаття надійшла до редакції 06.10.2014

Рецензенти:

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

почесний президент Одеського морського торговельного порту
М.П. Павлюк

УДК 65.012.123

В.М. Питерская

**РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД
В ИННОВАЦИОННОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В статье разработан методический подход выявления рисков инновационной проектной деятельности с учетом особенностей развития научно-технологических организаций. Методические основы принятия эффективных решений в процессе реформирования системы инновационного развития предполагает использование риск-ориентированного подхода. На основе результатов оценки ситуаций риска можно выделить предприятия с высоким, средним и низким уровнем инновационного потенциала.

Ключевые слова: *риск-ориентированный подход, проектная организация, инновационный проект.*

У статті розроблено методичний підхід виявлення ризиків інноваційної проектної діяльності з урахуванням особливостей розвитку науково-технологічних організацій. Методичні основи прийняття ефективних рішень у процесі реформування системи інноваційного розвитку припускає використання ризик-орієнтованого підходу. На основі результатів оцінки ситуацій ризику можна виділити підприємства з високим, середнім і низьким рівнем інноваційного потенціалу.

Ключові слова: *ризик-орієнтований підхід, проектна організація, інноваційний проект.*

The article developed a methodical approach to identify the risks of innovation project organization considering the development of science and technology organizations. Methodical bases of effective decision-making in the process of reforming of the system of innovative development involves the use of a risk-based approach. Based on the assessment of risk situations can be distinguished company with high, medium and low levels of innovation potential.

Keywords: *risk-oriented approach, project organization, innovative project.*

Введение. Научно-технологический проектный институт является неотъемлемым элементом современной рыночной системы, важной формой слияния инновационных компаний, высших учебных заведений, консультационных предприятий, различных государственных учреждений в единый механизм.

Одной из наиболее удачных форм интеграции знаний и высоких технологий является функционирование проектно-ориентированных научно-технологических организаций, которые обеспечивают выполнение инновационных проектов по производственному внедрению наукоемких разработок в сфере высоких технологий и промышленный выпуск конкурентоспособной на мировом рынке продукции.

Организационными формами элементов инновационной инфраструктуры, которая сейчас формируется в Украине, являются инновационные центры, кластеры, научные парки, центры трансфера технологий, стартапы.

Анализ основных достижений и литературы. Эффективность функционирования финансово-экономической сферы во многом зависит от развития разветвленной производственно-технологической подсистемы, которая формирует четкую сетевую модель управления инновационным развитием (рис.1) [1].

В соответствии с Государственной целевой программой принятие инновационной модели развития – один из важнейших системных факторов повышения уровня конкурентоспособности национальной экономики.

Сохранение существующего подхода к развитию инновационной инфраструктуры приведет к появлению новых проблем в сфере инновационной деятельности и дальнейшей деформации структуры государственной системы управления хозяйственными процессами.



Рис.1. Модель инновационной деятельности

Стратегическим учредителем проектно-ориентированной научно-технологической организации чаще всего является определенное научное учреждение или высшее учебное заведение, которые привлекают к осуществлению инновационной деятельности проектные институты, экспериментальные и промышленные предприятия, ориентированные на внедрение инноваций и трансфер знаний. В Стратегии экономического и социального развития Украины на 2004-2015 годы и Программе экономи-

ческих реформ Президента Украины на 2010-2014 годы определено, что инновационная модель развития государства является одним из приоритетных направлений осуществления национальной политики.

В рамках технологического сотрудничества осуществляется полный цикл инновационного процесса, для осуществления которого могут привлекаться различные учреждения и предприятия на условиях создания дочернего, совместного предприятия [2].

Инновационная деятельность связана с выполнением направленных на: создание и организацию производства принципиально новой или с новыми потребительскими свойствами продукции (товаров, работ, услуг); создание и применение новых или модернизацию существующих способов (технологий) ее производства, распространения и использования; применение структурных, финансово-экономических, кадровых, информационных и иных инноваций (нововведений) при выпуске и сбыте продукции (товаров, работ, услуг), обеспечивающих экономию затрат или создающих условия для такой экономии.

Любой риск инновационного проектирования многогранен в своих проявлениях и представляет собою сложную конструкцию из элементов других рисков [3].

Уровень неопределенности проектно-ориентированных научно-технологических организаций связан со сложностью привлечения источников финансирования, недостаточностью квалификации кадров, сложностью их мотивации, организационными аспектами создания и функционирования наукоемкого предприятия, особенностями производственного цикла, несовершенством нормативного регулирования [4].

Инновационная деятельность имеет определенные особенности, одной из которых является ее высокая подверженность риску, обусловленная неопределенностью факторов внутренней и внешней среды хозяйствования.

Однако высокий риск сопровождается значительной степенью компенсации – высокой прибылью от внедрения результатов инновационной деятельности.

Таким образом, активизация инновационной деятельности отечественных предприятий может быть обеспечена только посредством разработки эффективного механизма управления инновационными рисками, обеспечивающего минимизацию возможных потерь и максимизацию прибыли на основе разработки и внедрения на предприятии риск-ориентированной системы управления (рис.2) [5].

Факторами инновационного риска, вызванными неопределенностью, являются все риски, возникающие в ходе инновационного процесса, которые могут быть разделены на две группы.

Внешние факторы связаны с состоянием внешней среды, в которой осуществляется реализация инновационной деятельности, и включают риски, обусловленные деятельностью государства, окружающей среды и субъектов окружения.



Рис.2. Факторы инновационного риска

Целью исследования – разработка методического риск-ориентированного подхода в инновационной деятельности с учетом особенностей развития проектных научно-технологических организаций.

Задачей исследования является выработка методических основ принятия взвешенных и полномерных решений в процессе реформирования системы инновационного развития в рамках проектного риск-ориентированного подхода.

Материалы исследования. Программы исследований и разработок, финансируемые государством, в большей мере, чем иные инструменты, предназначены для поддержки исследований, ориентированных на решение актуальных социально-экономических задач, а также являются одним из ключевых инструментов инновационной политики на национальном и международном уровнях.

В настоящее время идет поиск наиболее прогрессивных форм развития науки и наукоемкого производства.

Вполне корректно выделение отдельных стадий в развитии системы инновационного проектно-ориентированного управления и рассмотрение их в виде непрерывного цикла относительно замкнутых фаз становления и функционирования, преобразования и смены типов организационных структур, форм и методов регулирования.

Одним из направлений по решению поставленных задач является создание и развитие инновационной инфраструктуры по направлениям прикладной науки и наукоемкого производства.

Зарубежный опыт показывает, что проектно-ориентированные научно-технологические организации показали себя достаточно эффективными с точки зрения решения научно-технических задач и оказались экономически устойчивыми.

Методическая основа проектного риск-ориентированного подхода для инновационного развития (табл.) подразумевает выработку мероприятий по выявлению факторов угрозы, индивидуальных для каждого участника проекта в качественном и количественном отношении.

Неопределенность в процессе принятия решений в области инновационной деятельности следует рассматривать как дефицит знаний, который может быть как объективным, обусловленным глобализацией проектной деятельности, ускорением научно-технического прогресса, так и субъективным, возникающим в силу конкретных обстоятельств (например, ограниченности знаний лица, принимающего решение).

При разработке инновационной стратегии следует учитывать стратегическое соответствие возможностей внешней среды инновационному потенциалу предприятия, а также эффективность и необходимость корректировки используемой стратегии.

На основе результатов оценки ситуаций риска можно выделить предприятия с высоким, средним и низким уровнем инновационного потенциала.

Неправильно заданные плановые показатели и проектные величины инновационной деятельности могут впоследствии привести к дефициту финансовых ресурсов при исчерпании лимитов кредитоспособности, к недофинансированию деятельности, построенной на финансовых потоках от конкретного инновационного проекта, к кредитному риску заемщика и кредитора.

Возникновение ситуаций рисков, возникающих при реализации инновационных проектов, оказывает влияние на технологические аспекты функционирования проектной организации, процесс финансирования наукоемких разработок, кадровый потенциал, а также временные показатели выполнения заказов или графиков поставок.

Для получения поля потенциального риска $C(x, y)$ необходимо провести суммирование вероятности возникновения ситуаций риска с учетом частоты их наступления по формуле (1)

$$C(x, y) = \sum_{i=1}^n (R_i^o(x, y) + R_i^z(x, y) + R_i^l(x, y) + R_i^f(x, y) + R_i^t(x, y)) L_i, \quad (1)$$

где $R_i^o(x, y)$ – организационный риск, связанный с ошибками менеджмента, нерациональной структурой, проблемами системы внутреннего контроля, низким качеством сбора и обмена информацией, срывом сроков разработки инноваций, неэффективным продвижением инноваций;

Риск-ориєнтований підхід в науко-технологічному проекті

1. Качественный анализ / Идентификация ситуации риска
1.1. Формирование портфеля риска инновационного проекта
1.2. Группировка портфелей рисков по классификационным признакам
1.3. Описание возможных последствий реализации обнаруженных рисков
2. Количественный анализ / Измерение уровня риска
2.1. Портфельная формализация рисков инновационной деятельности
2.2. Расчет уровня риска
2.3. Оценка влияния ситуации риска
2.4. Учет риска
3. Минимизация ситуаций риска инновационного проекта / Снижение возможных потерь
3.1. Проектирование и выбор оптимальной стратегии риск-ориентированного подхода инновационной деятельности
3.2. Определение степени риска на основе информации об аналогичных проектах
3.3. Оценка изменения показателей реализации инновационного проекта
4. Контроль ситуаций риска / Оптимизация инновационной деятельности
4.1. Мониторинг ситуаций риска
4.2. Корректировка рисков
4.3. Принятие эффективных решений для предупреждения отклонений

$R_i^z(x, y)$ – риск несовершенства законодательства, неудовлетворительного состояния договорных отношений, срыва программы организационных изменений;

$R_i^l(x, y)$ – риск ресурсной недостаточности, связанный с низкой квалификацией персонала проектно-ориентированной организации (низкий научно-исследовательский потенциал, необоснованные расходы на трансфер знаний, затрудненность доступа к дефицитным ресурсам);

$R_i^f(x, y)$ – финансовый риск инновационных инвестиций, связанный с привлечением, распределением заемных и бюджетных средств на краткосрочной, долгосрочной основах, а также обеспеченностью собственным капиталом;

$R_i^t(x, y)$ – технико-технологический риск, связанный с состоянием и использованием инфраструктурного обеспечения инновационной деятельности, вероятностью срыва внедрения инноваций (уровень механизации, автоматизации, ограниченный доступ к компонентам и технологиям);

L_i – частота наступления ситуации риска в деятельности проектно-ориентированной научно-технологической организации.

Риски в проектной инновационной деятельности обусловлены неопределенностью в части реализации всего цикла научных разработок – от первоначальной идеи до готового продукта, имеющего потенциальную рыночную привлекательность, и формирования спроса, нестабильностью экономической конъюнктуры; системой планирования и проектирования инновационной деятельности, возможным опережением конкурентами в продвижении нового продукта на рынок.

С целью оценки риска необходимо построить распределение областей трансфера знаний ($V(x, y)$) в сфере инновационной деятельности проектно-ориентированной организации, которое отражает количество инноваций, готовых к разработке/внедрению в определенную отрасль за определенный промежуток времени. Тогда общий риск B определяется по формуле (2)

$$B = \int_s V(x, y)C(x, y)ds \quad (2)$$

Определение среднего индивидуального показателя риска из всех областей трансфера знаний происходит с учетом выявления той части V_R , которая подвергается угрозе согласно формуле (3).

Это связано с тем, что определенная часть инноваций может находиться за пределами негативного воздействия.

$$V_R = \int_S V(x, y)ds, \quad V(x, y) \in C(x, y) > 0 \quad (3)$$

Оценка среднего риска разработки/внедрения инноваций производится в соответствии с формулой (4)

$$C_{IN} = \frac{\int V(x, y)C(x, y)ds}{\int_s V(x, y)ds}, \quad V(x, y) \in C(x, y) > 0. \quad (4)$$

В случае, если анализ готовых к внедрению инноваций увеличивает уровень риска, то следует либо отказываться от внедрения этих инноваций, либо искать рациональные механизмы компенсации рисков (страхование, выделение диапазона сознательных рисков, который готова принять проектно-ориентированная организация).

Выводы. Разработка методического подхода выявления рисков инновационной деятельности с учетом особенностей развития проектно-ориентированных научно-технологических организаций позволит выработать концептуальные основы принятия эффективных решений в процессе реформирования системы инновационного развития в рамках риск-ориентированного подхода.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Государственная целевая программа «Создание в Украине инновационной инфраструктуры», утвержденная Постановлением Кабинета Министров Украины № 447 от 14 мая 2008 г.
2. Питерская В.М. О проблемах развития научно-технологических парков в Украине / В.М. Питерская // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. Вып.3. – Одеса: ФОП Кукош С.Н., 2012. – С.104-114.
3. Гольдштейн Г.Я. Стратегический инновационный менеджмент: тенденции, технология, практика: Монография / Г.Я. Гольдштейн. – Таганрог: ТРТУ, 2000. – 244 с.
4. Каменская Н.Ю. Вопросы классификации рисков наукоемких производств при осуществлении инновационной деятельности / Н.Ю. Каменская // Вестник Хмельницкого национального университета. Вып. 2. – Хмельницкий: ХНУ, 2011. – С.237-240.
5. Плаксина И.А. Управление риском инновационной деятельности бизнеса на основе концепции корпоративной социальной ответственности / И.А. Плаксина // Интернет-журнал Экономические исследования. – Вып. 7 (11). – 2011.

Стаття надійшла до редакції 27.10.2014

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 621.431.74

М.О. Бокарева

RISK MANAGEMENT IN SHIP REPAIR PROJECTS

Entropy model for risk management implemented during the ship repair is proposed in this article. The greatest difficulty of ship repair projects is the one in compliance with the contractual terms, taking into account the fact that at the time of signing the contract, amount of repair is not completely defined. The developed model will increase the probability of performance of the contractual terms at the stage of negotiation of the contract.

Keywords: *entropy model, project-oriented management, compromise, Social Welfare Function.*

Предлагается энтропийная модель управления рисками в процессе реализации проектов ремонта судна. Наибольшая сложность судоремонтных проектов состоит в соблюдении договорных сроков при том, что на момент подписания контракта объем ремонта окончательно не определен. Разработанная модель позволит увеличить вероятность выполнения договорных сроков контракта на стадии согласования контракта.

Ключевые слова: *энтропийная модель, проектно-ориентированное управление, компромисс, функция коллективного благосостояния.*

Пропонується ентропійна модель управління ризиками в процесі реалізації проектів ремонту судна. Найбільша складність судноремонтних проектів полягає в дотриманні договірних термінів при тому, що на момент підписання контракту обсяг ремонту остаточно не визначений. Розроблена модель дозволить збільшити ймовірність виконання договірних термінів контракту на стадії узгодження контракту.

Ключові слова: *ентропійна модель, проектно-орієнтоване управління, компроміс, функція колективного добробуту.*

Introduction. The statistical analysis of the ship-repair industry and analytical overview of current thinking about the development of project management methodologies, programs and portfolios allowed to come several conclusions [1-3]:

- In the last decade the development of maritime navigation is going through the path of increasing complexity and loading amounts of marine hardware and marine structures, while reducing the number of crew members. This fact leads to increase in the required amount of repair work performed by specialized companies;

- Despite the obvious competitive advantages of domestic shipyards (highly qualified workers and engineering professionals, considerable experience of ship repair work, as well as fixed assets and technology) the industry is in a deep economic and financial crisis over the past decades;

- The main cause of the crisis, according to the majority of scientists and practical specialists, is the imperfection of enterprise management system. Historically, the plants were built and operated by analogy with the shipbuilders and ignoring the distinct type of the ship repair unit of production. While the development of the fleet was followed by the path of construction of a dozen series of identical ships, their assignment to repair bases allowed to perform repair work affectively;

- The most effective form of business management of unit character production is considered to be project-oriented management, the effectiveness of which is proved by many examples of business;

- Methodology for managing project-oriented organizations is to be science rapidly developing in recent decades. A large number of publications in this field not only indicates a strong interest in this issue from the world's leading specialists in the field of project management, but illustrates the lack of effective mechanisms (models, methods and techniques) to solve the practical problems of management.

- In our opinion the main problem of the areas investigated is the complexity of the resolution of conflicts arising between the interests of the shipowner and the repair facility at the stage of concluding the contract in determining the main parameters (volume and range of work, cost and duration of the repair)[6].

In this paper, we propose a method for determining these parameters on the basis of risk theory, successfully used in recent years in the methodology of project-oriented management.

Analysis of the main achievements and literature. In order to improve the efficiency of complex technical systems in recent years actively used an integrated approach to the optimization of the complete life cycle from design to its recycling. Wherein said on the step of system repair the methodology of project-oriented management has been successfully applied [1]. Recently, project management as a branch of knowledge, methods, tools and management techniques is going through a phase of active development. At the same time the greatest success was achieved in project management organizations with a single type of production, which is particularly related to ship repair. The basis of the relationship of the shipowner and the repair facility is a contract.

Contractual relationship in project management are the backbone and institutionalized factors enabling project participants to regulate and implement coordinated activities with the external environment to achieve the final result.

The results of analysis of specificity of contractual relations in project management and the possibility of using the known mechanisms of active systems management allow us to conclude that the actual solution is solving theoretical problems of contract management:

- Determination of the parameters of the contract;
- Planning;
- Selection of contractors;
- Operational management [4].

The main parameter of the contract is the nomenclature of repairs, which until recently was determined using accepted industry system of continuous inspection of vessels in operation, which regulates the frequency of work on individual technical facilities and ship constructions. In recent years, in order to increase the effectiveness of using the vessels the strategy of repair by condition is increasingly used as the repair strategy built on risk-based approach for ensuring the safety of navigation.

In 2001, the International Maritime Organization (IMO) as part of a unified scientific management methodology navigation safety was developed "Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the rulemaking process." Formalized safety assessment (FSA) is a systematic method of improving the safety of navigation of ships and fixed offshore platforms operating by use of risk assessment in order to select the most efficient and economical means of improving security.

FSA is intended to cover the design, operation and maintenance issues and to ensure getting the correct information about the hazards, risks, risk management options, as well as the related costs and benefits in a rational, structured and auditable form. FSA allows to improve the decisions that relate to management of identified risk failures to reduce their frequency and severity of the possible consequences.

As a core, FSA is an approach based on an assessment of the risk of an undesirable situation and aimed at identifying hazards before they cause accidents. Using FSA methodology allows to optimize the range and volume of repair work on the criterion of minimum operating costs, taking into account the impact of the actual condition of the vessel on changes in operating costs and the risk of accidents [5].

The purpose of the study. The purpose of this article is to develop a method for determining the main parameters of the contract to perform ship repair works on the basis of risk management models in the projects.

Results. Ship repair project in the specialized companies are characterized by the following main indicators:

- The amount of work;
- Deadlines;
- The quality of work;
- The necessary financial and material resources.

Examine the model of ship repair project, which is based on an agreement between two parties - the customer (the shipowner) and contractor (ship-repair enterprise). The subject of the contract is to change the state of the system ship, i.e. its transfer from the current state S_T to the final concerted state S_K . Moreover, the state S_K must belong to the set of admissible (workable) states of the system. In turn, the state vessel after the repair depends on the content of the project - the volume of repairs W_p , quality K_p , cost C_p and duration of repair T_p . Thus, an agreement between two fixed sides - customer and supplier - can be described by a tuple

$$D = \{S_T; S_K; W_p; K_p; T_p; C_p\}. \quad (1)$$

Obviously, in the case of ship repair, almost always a conflict of interests of the parties - the shipowner tries to minimize the amount of work, cost and time, which is contrary to the purposes and interests of the contractor. This problem is solved today through negotiations and is not based on any evidence-based model. We propose to determine the optimal content of the project on the basis of usage of Social Welfare Function. Decision-making task is to select the distribution utilities that maximize Social Welfare Function.

In the proposed game-theoretic model the analogue of the Social Welfare Function is the sum of the objective functions of the customer and the supplier, so the solution of the optimization tasks of the project is a set of works, maximizing the amount of the profits received by the customer and supplier

$$E = (\Pi_{p_{CB}} + \Pi_{p_{CP3}}) \xrightarrow{W_p; T_p} . \quad (2)$$

where $\Pi_{p_{CB}}$ – shipowner profit from operation of the vessel for a period of time between overhauls;

$\Pi_{p_{CP3}}$ – profits from the sale of the shipyard repair project.

Value E can be interpreted as "profit" of the whole system - the maximum total output (in units of utility), which can be achieved by the data interaction of customer and supplier.

It should be noted that the project cost of repair does not affect the value of Social Welfare Function, and therefore is not a control parameter of the objective function. The shipowner income is determined primarily by the time the vessel is in operation, and rising of operating costs is its actual state, i.e. the amount and quality of repair work. Also, expenses of the vessel shall include the amount of increase (or decrease) of the risk of damage due to the occurrence of an emergency during the ship's operations. Method for calculating this value, based on the basis of the general theory of risk methodology, is presented in [1, 2].

From the point of view of the decision-making theory the task of bargaining is to find such an alternative, which would provide a Pareto efficient Nash equilibrium for the parties of the contract that would satisfy the

conditions of individual rationality. The multiplicity of such equilibria can be interpreted as an area of compromise - a multiplicity of alternatives (or distribution utility), to which both parties agree a priori. The specific parameters of the contract - a point of compromise, belonging to the domain of compromise, is determined in decision theory axiomatically, i.e. by introducing collective welfare functions satisfying some features. Selecting a point of compromise can be made on the basis of certain (and sometimes agreed between customers and suppliers in advance) rules and procedures – mechanisms of compromise.

Basic research tool is the task of stimulation [4], which consists of finding a depending reward to managed entity from the governing body, which would induce the first to take action in the interests of the latter. The analogy with contractual relationship is direct - customer assigns the dependence of the contract value (remuneration amount of the supplier) from the actions of the latter, and specifies what action is to be expected from him.

The supplier strategy is to choose an action in ϵA , belonging to the multiplicity of possible actions A . In models of contractual relations action is the amount of works by the contract. Strategy of the customer is the choice of the incentive function $\sigma(y) \in M$, belonging to the admissible set M and associates an action of the supplier with a non-negative remuneration paid to him by the customer. In models of contractual relations incentive function reflects the dependence of the contract value from the amount of works performed by the supplier.

Selecting an action $y \in A$ requires expenses from supplier $c(y)$ and brings revenue to the customer $H(y)$. Expenses function of the supplier $c(y)$ and the function of the customer's income $H(y)$ will be assumed as known (problems of identification are discussed in [4]. Interests of the participants (the customer and contractor) are reflected by their objective functions, which are denoted by F and f (payoff functions, utility, etc., in records of which the customer's dependence on the strategy will be descended), represent: for the supplier - the difference between stimulation and costs

$$f(y) = s(y) - c(y), \quad (3)$$

and for the customer - the difference between income and expenses for customer incentives - remuneration paid to the supplier

$$F(y) = H(y) - s(y). \quad (4)$$

We introduce the following assumptions:

- The set of possible actions of the supplier is the positive half. If supplier refuses to sign the agreement with the customer (inaction) it is a zero effect;

- The expenses function of the supplier is nondecreasing, continuous and expenses on the choice of zero action are zero;

- Customer revenue function is continuous, non-negative, and the income of the customer in case of failure of the concluding a contract with a supplier is zero.

Rational behavior of both parties of the contract is to maximize (choosing its own strategy) the objective function taking into account all available information.

Assume that the function $H(y)$ of the income of the customer - increasing and concave (property of diminishing marginal utility), and the supplier expenses function $c(y)$ is convex (marginal costs increase with the amount of work). The picture shows the graphs of the functions: $H(y)$ and $c(y)$. From the perspective of the customer incentives can not exceed the income derived from the activities of the supplier (since abandoning interaction with the supplier, the customer can always get zero utility). Therefore, a feasible solution lies below the function $H(y)$. From the perspective of supplier the promotion can not be less than the sum of expenses and backup utility (which supplier can always obtain by choosing a zero effect). Therefore, a feasible solution lies above the function $c(y)$.

Multiplicity of actions of the supplier and corresponding remuneration values that satisfy both the customer and the supplier simultaneously on all of the above mentioned limitations (coordination, individual rationality, etc.) is called the domain of compromise, which is shaded in pic.

Optimality condition in this model (assuming differentiability of income and expenses, as well as the concavity of function of the customer income and convexity of function of supplier expenses) has the form

$$H_x = -\sum_{i=1}^n [p(i) \ln p(i)]. \quad (5)$$

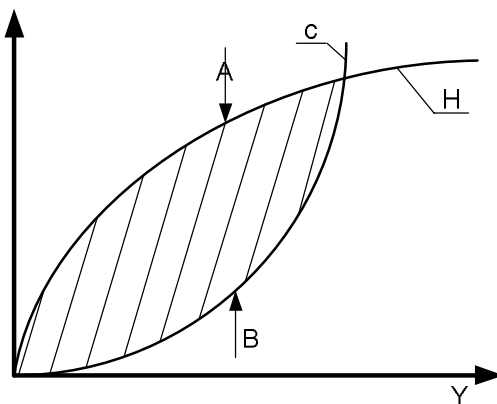


Fig. 1. The domain of compromise

In economy the left side is called the marginal productivity of the supplier, and the right - its marginal costs.

By finding with the help of the maximum value of the Social Welfare Function the optimal cost and maintenance repair project, WBS structure can be created and built a network model for repair. Timing parameters of this model allows us to estimate the duration of the critical path, ie the repair timing of contract.

It should be stated that the critical path method for solving this problem is inefficient, due to the existence of significant uncertainty in the planning stage of the project. To find the probability of completion of the project to a certain date or in a certain time interval, entropic risk management models can be used.

Entropy is a fundamental feature of any system with an ambiguous or probabilistic behavior. The entropy as a quantitative measure of uncertainty, unpredictability, confusion, chaos, disorganization of probabilistic systems is universal. Scientists in the XX century had shown that we live in the world of macro-instability and therefore took entropy as a generic parameter - a quantitative measure of uncertainty or disorder[2]. Method of quantitative determination of entropy is adequately developed in information theory. Let the random value x can take n different values with probabilities $p(i)$, $i = 1, 2, \dots, n$. Then the entropy of the event x is given by

$$H_x = - \sum_{i=1}^n [p(i) \ln p(i)] \quad (6)$$

This expression defines the basic mathematical properties of the entropy:

- Nonnegativeness – $H(x) \geq 0 \quad \forall x$;
- Limitations – $H(x) \leq \ln n$;
- Additiveness – $H(x \cdot y) = H(x) + H(y)$.

In addition, by analogy with the Markov model of the first order for interdependent events the concepts of conditional and mutual entropy can be used.

For each of the repair operations its entropy can be calculated as a function of the probabilities of the following events:

- The end of all previous operations - P_1 ;
- Availability of the necessary material resources and spare parts at the beginning of work - P_2 ;
- Necessary specialists with qualifications ready to work - P_3 and required technological equipment - P_4 ;
- The probability of maintaining the speed of the operation - P_5 .

Then the entropy of the j -th operation will be

$$H(j) = - \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^n [p(i)_j \ln p(i)_j] \quad (7)$$

Entropy of the entire project will be the sum of entropies of the project works

$$H = \sum_j H(j) \quad (8)$$

During the realization of the project and achievements of individual events the entropy of the project will decrease. This will increase the likelihood of fulfillment of contractual obligations. Analysis of the performance of repair projects showed that the decrease of entropy during the time occurs abruptly as the most uncertain events accomplishment.

Points of the graph corresponding to an abrupt change of entropy should be considered as milestones of the project. Precisely these points should be considered as controlling points to adjust or make significant changes of terms of the project or its implementation methods (changing technology of repair, the equipment used, repair materials, the composition of the project team). Another method of risk management repair projects is to increase the volume of work phase zero, which can be performed before signing the contract for performing repairs. Such works should include repair materials sourcing, designing means of tooling, perform maintenance and repair of fixed assets, etc. This will increase the probability of occurrence of certain events timely and that will reduce the value of the total entropy at the time of signing the contract.

Conclusion. The effectiveness of maritime navigation is largely determined by the perfection of the strategy used by ship repairs performed on specialized repair enterprises.

Relations between the shipowner and the ship repair plant are regulated by the contract for ship repair activities, at the conclusion of which each of the parties comes from their own often conflicting aims and interests. The aim of this study is to develop a science-based method for determining the basic parameters of the ship repair contract, which would be mutually acceptable.

The main parameters of the range of ship repair contracts are nomenclature, cost and duration of the repair. The method proposed in the article advises to define the range of activities on the basis of the methodology of formal safety assessment adopted by the International Maritime Organization. Thus it is necessary to take into account that the nomenclature of repair affects the following indicators of efficiency of vessel operation:

- the cost of repair;
- operating expenses for fuel and lubricants and for technical inspection works;
- change of the risk of an accident occurrence.

The repair contract value is calculated basing on the profitability of the parties using the Social Welfare Function (Nash Function). The peculiarity of the ship repair projects is great uncertainty at the stage of concluding the contract. Therefore the duration of vessel stay in the repair is proposed to

estimate based on the entropy model of risk measurements developed by the authors.

The proposed research may be used either by technical managers of shipping companies or by specialists at ship repair yards.

REFERENCES

1. Шахов А.В., Чимишир В.И. Проектно-ориентированное управление функционированием ремонтпригодных технических систем. – Одеса: Феникс, 2006. – 213 с.
2. Шахов А.В., Шамов А.В. Особенности стратегического управления ремонтными предприятиями // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – Одеса. – 2005. – Вып. 3. – С. 62-71.
3. Александровская Н.И., Шахов В.И., Шахов А.В. Рискоориентированная стратегия технического обслуживания и ремонта судов // Методи та засоби управління розвитком транс-портних систем: Зб. наук. праць. – № 17. – Одеса. – 2011. С. 7-17.
4. Лысаков А.В., Новиков Д.А. Договорные отношения в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 100 с.
5. Шахов А.В., Шамов А.В. Определение миссии и целей судоремонтных предприятий // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – Одеса. – 2006. – Вып. 1. – С. 62-71.
6. Ze Hong LI, Shu Jing XU, Li Ping YAN. Analysis of the method about the project investment risk decision making // The CRIOCM 2006 International Symposium on «Advancement of Construction Management and Real Estate». – 2006.

Стаття надійшла до редакції 20.10.2014

Рецензенти:

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

доктор технічних наук, професор кафедри «Бізнес-адміністрування та корпоративна безпека» Міжнародного гуманітарного університету
А.І. Рибак

UDK 544.022.244

N.V.Vityuk, A.N.Vityuk

COMBINATORIAL SIMILARITY MEASURE FOR SOLVING THE PROBLEM
«QUANTITATIVE STRUCTURE-ACTIVITY RELATIONSHIP»

Description of the molecular structure is the important stage in solving the QSAR-problem. A list of substituents in the molecule is only a partial model of the molecule and reflects not all integral properties of the prototype. We propose to add the list of substituents by measures of similarity, which are expressed by numbers of similar (different) combinations of substructures in the molecules under study.

Keywords: QSAR – «Quantitative Structure – Activity Relationship», descriptors of the structural formula, measures of similarity.

Описание молекулярной структуры является важнейшим этапом в решении задачи QSAR – нахождении количественной связи структура – свойство. Наиболее четкий физико-химический смысл имеет перечисление субструктур в молекуле. Такое описание молекулярной структуры используется в модели Фри-Вильсона. Эвристичность этой модели обусловлено тем, что она не использует никакой информации о механизме действия данного вещества на живой организм, но предполагает, что активность молекулы является суммой активностей субструктур в молекуле. Однако, перечисление молекулярных субструктур является неполной моделью молекулы и не описывает целостные интегральные свойства прототипа. В данной работе предлагается список молекулярных субструктур дополнить перечнем комбинаторных мер сходства, определяемых числом схожих (различных) субструктур у молекулы-эталоны и рассматриваемой молекулы.

Ключевые слова: QSAR – количественная связь «структура – активность», дескрипторы структурной формулы, меры подобия.

Опис молекулярної структури є найважливішим етапом в рішенні задачі QSAR – знаходженні кількісного зв'язку «структура – активність». Найбільш чіткий фізико-хімічний сенс має перерахування субструктур в молекулі. Такий опис молекулярної структури використовується в моделі Фрі-Вільсона. Евристичність цієї моделі обумовлена тим, що вона не використовує ніякої інформації про механізм дії речовини на живий організм, але припускає, що активність молекули є сумою активностей субструктур в молекулі. Проте, перелік молекулярних субструктур є неповною моделлю молекули і не описує цілісні інтегральні властивості прототипу. У цій роботі пропонується список молекулярних субструктур доповнити переліком комбінаторних мір схожості, визначених

© Vityuk N.V., Vityuk A.N., 2014

числом схожих (різних) субструктур у молекули-еталону та даної молекули.

Ключові слова: QSAR – кількісний зв'язок «структура – активність», дескриптори структурної формули, міри подібності.

The task of predicting the properties of a system based on the composition and structure of the system was originally formulated by chemists as a problem of «QSAR» - «Quantitative Structure - Activity Relationship». The solution of this problem allows to carry out purposefully synthesis of substances with desired chemical and pharmaceutical properties. At present the «QSAR»-problem has purchased all typical features of theory of patterns recognition [1].

The mathematical methods used for the decision of «QSAR»-problem found application in the decision of many technical tasks [2-4]. However, the basic paradigm of solving QSAR-problem — structurally similar objects have similar properties — has not lost its applicability.

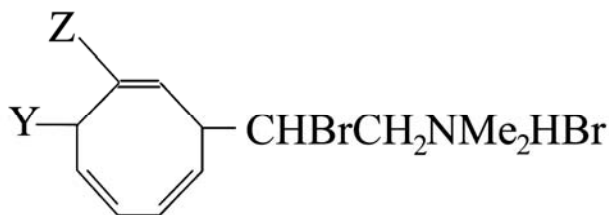
There are descriptors of different levels [5] for description of structure of molecule. The most common numerical characteristics of molecular structure have a clear physicochemical interpretation. Descriptors of the structural formula are the simplest ones among them.

Such descriptors have been proposed by Free and Wilson [6] for a relatively identical group of compounds whose structure is described by the homogeneous core and variable substituents. One of the reasons «longevity» Free-Wilson model is that this method does not use any information about the mechanism of action of chemical substances, and the predictive ability follows from the assumption that the biological activity A of the molecule is the sum of the contributions of certain activities of the substituents in the molecule, i.e.

$$A = a_0 + \sum_j a_j X_j$$

here a_j — contribution of j -th substituent to the total activity A , X_j - binary variable, which in the presence or absence of the j -th substituent takes respectively the values 1 or 0. The regression coefficients are found by solving the system of equations for the set of molecules under study.

The sample of 22 derivatives of N,N -Dimethyl-2-bromophenethylamines



(hypotensive activity of these compounds described in [7]) has been used as a classic "ground" to test various methods of solving the QSAR-problem based on the Free-Wilson model.

Duewer [8] carried out a comprehensive statistical QSAR-analysis of these compounds, called attention to the fact that the structure of the covariance matrix in the Free-Wilson model had several features that require careful use of direct methods of regression analysis. Duewer also showed that different solutions QSAR-problem based on the additive idea of Free-Wilson differ only by overcoming the mathematical difficulty in solving multidimensional QSAR-equation – the need to consider the possible influence of the substituents on each other [9].

We can assume that the mathematical difficulties in solving QSAR-problems ensues from the fact that the list of local substructures (enumeration of substituents) is only a partial model of the molecule, and reflects not all integral properties of the prototype.

We propose to complete additionally the list of local substructures by measures of similarity, expressed as a number of similar (different) combinations of substructures. Using combinatorial measure of similarity which are abstracted from the chemical nature of the substructure (substituents) provides a more extended integral description of the molecule and develops the methodology of applying the principle of similarity.

The idea to supplement the list of local substructures with the list of combinatorial similarity measures was used for solving QSAR-problem on the above-mentioned 22 derivatives of *N,N*-Dimethyl-2-bromophenethylamines (table 1).

Number 1 in table 1 was assigned to the most active molecule – (“the leader”: $Y = CH_3$, $Z = Br$), number 22 was assigned to the most not active molecule (“the anti-leader”: $Y = Z = H$). This numbering of the molecules according to their activity is equivalent to using the rank scale activity measurement.

For determination the measure of similarity of an *i*-th molecule with an *j*-th molecule we determined the number of $p(1)$ unit, $p(0)$ zero features; number of coinciding $q(1,1)$, $q(0,0)$ and number of mismatched features $q(0.1)$, $q(1.0)$ in *i*-th and *j*-th molecules. In this way, we make full use of the original data matrix, because QSAR-problem is usually characterized by a small number of overlapping features and a large number of zero signs.

Procedure involving "zero events" from a complete dictionary of features describing the phenomenon expands the field of applicability of the principle of similarity. It allows to define in multidimensional space of different features the "closeness" of an object to the most active (leader) molecule and "remoteness" from the not-active molecule (anti-leader).

As noted above, mathematical algorithm of regression analysis imposes certain constraints on the original digital data. Therefore, to implement the heuristic Free-Wilson idea we earlier offered non-regression approaches such as method of the Barycentric coordinates [10] and the Trend vector [11].

In this article we used cluster analysis to establish a relationship "structure - activity" because cluster analysis does not impose any restrictions on the kind of the objects, and allows us to consider the set of initial data almost arbitrary nature.

We shared N objects into two clusters. Cluster, consisting of molecules with the arithmetic mean value of their numbers in Table 1 less than $N/2$ (that is cluster consisting of molecules with "associated" activity rank less than $N/2$) was attributed as "active".

Analysis of the original 22 compounds in the space of binary variables X_j in Free-Wilson model (Table) showed that the cluster №1 ("active") consists of five compounds (№ 3, 6, 8,12,15) with an average rank (that corresponds to the "associated" rank of activity of the compounds 8,8), cluster № 2 (non-active) includes the remaining 17 compounds with "associated" rank of activity 12,3. The difference between the "related" ranks of activity is $12,3 - 8,8 = 3,5$.

Spearman correlation coefficient ρ between the experimentally obtained ranks of activity and "associated" ranks assigned by cluster analysis was $\rho = 0,231$. This value is less than ρ_{crit} - the critical value of Spearman correlation coefficient (for $N = 22$ objects and $\alpha = 0,05$ critical Spearman correlation coefficient is $\rho_{crit} = 0,360$ [12]).

In the second stage initial database was supplemented by combinatorial similarity measures considered relative molecular compounds "leader» and "anti-leader». In this the molecules themselves № 1 and № 22, have been eliminated from consideration. Therefore, a set of $N = 20$ compounds has been subjected to the cluster analysis.

Analysis of this sample in the "advanced" feature space has led to the emergence of two clusters consisting of the same number of objects (10). Cluster № 1 includes compounds № 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 17 ("associated" rank of activity is 7,9), and other objects formed cluster № 2 ("associated" rank of activity is 13,1. The difference between the "associated" ranks of activity of formed two clusters is equal to $13,1 - 7,9 = 5,2$. This value exceeds difference between clusters № 1 and № 2 in enumerative feature space ($\Delta R = 3,5$). It demonstrates efficiency the proposed approach for the selection of active subsample of the objects. Spearman correlation coefficient ρ between the experimentally obtained ranks of activity and "associated" ranks assigned by cluster analysis was significant: $\rho = 0,451 > \rho_{crit}$ ($\rho_{crit} = 0,379$ for $N = 20$ objects and $\alpha = 0,05$ [12]).

Thus, when we replenish the feature space by combinatorial measures of similarity of the molecules with the molecules of "leader" and "anti-leader" we achieve statistically significant excretion of subsample of "active" compounds for further solving QSAR-problem via more advanced methods.

Table

Hypotensive activity of some N,N-Dimethyl-2-bromophenethylamines [4]

№	Y-site						Z-site						Activity
	Substituent variations												
	H	F	Cl	Br	I	CH ₃	H	F	Cl	Br	I	CH ₃	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	9,520
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	9,350
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	9,300
4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	9,300
5	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	9,250
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	9,220
7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	9,000
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,960
9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8,920
10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8,890
11	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	8,890
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,820
13	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8,680
14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8,570
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,460
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8,400
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8,300
18	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8,190
19	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8,150
20	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	8,150
21	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7,520
22	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7,460

REFERENCES

1. Вітюк Н.В. *Анализ связи “структура – свойство (активность)” на основе теории распознавания образов // Вісник Одеського державного морського університету. – 2001. – № 6. – С.220-231.*
2. Вітюк М.В., Матоліков Д.П., Немчук О.О. *Метод аналізу параметрів систем автоматизації приводів перевантажувачів на основі мір схожості // Теорія і практика будівництва, 2012. – № 7. – С.33-39.*
3. Вітюк М.В., Яхнік Д.П. *Выбор технологии перегрузочных работ, используя математические модели. Зб. тез IV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні порти – проблеми та рішення» (Одеса (Україна) - Польща - Німеччина. 26.04-3.05.2012. Одеса: ОНМУ, 2012. – С.130-131.*

4. Витюк Н.В., Яхник Д.П. Оптимизация технологии перегрузочных работ с помощью тренд-вектора: Тези доп. науково-практичної конференції "Інформаційні управляючі системи та технології". – Одеса: ОНМУ, 2012. – С.110-113.
5. Raevsky O.A. Molecular structure descriptors in the computer-aided design of biologically active compounds // *Russ. Chem. Rev.* – 1999. – V.68. – № 6. – С.505-524.
6. Free S.M., Wilson J.W. A mathematical contribution to structure-activity studies // *Journal of Medicinal Chemistry.* – 1964. – V. 7. – P.395-399.
7. Graham J.D.P., Karrar M.A. Structure-Action Relations in N,N-Dimethyl-2-halogenophenethylamines // *Journal of Medicinal Chemistry.* – 1963. – V.6. – P.103-107.
8. Duewer D.L. The Free-Wilson paradigm redux: Significance of Free-Wilson coefficients, insignificance of coefficient "uncertainties" and statistical sins // *Journal of Chemometrics.* – 1990. – V.4. – № 4. – P. 299-321.
9. Antonov N.S., Gevenyan M.I., Tseirova L.T., Quantitative structure-activity relationships (QSAR) with variable contribution of substituents to the biological activity of chemical compounds // *Pharmaceutical Chemistry Journal.* – 1982. – V.16. – № 3. – P. 225-228.
10. Vityuk N.V., Kuz'min V.E. Synergism of QSAR models: The Free-Wilson method in a baricentric coordinate system // *Pharmaceutical Chemistry Journal.* – 1995. – V.29. – № 8. – P.543-546.
11. Vityuk N.V., Voskresenskaya E.B., Kuz'min V.E. Synergism of the Methods of Baricentric Coordinates and of Trend Vector in the Solution of the "Structure – Activity (Property) Problems // "Pattern Recognition and Image Analysis". – V.9. – № 3. – 1999. – P.529-538.
12. Поллард Дж. Справочник по вычислительным методам статистики. – М.: Финансы и статистика, 1982. – С. 342. (Pollard J.H. *A handbook of Numerical and Statistical Techniques*, Cambridge University Press, 1977.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2014

Рецензенти:

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

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізичного і математичного моделювання Південноукраїнського національного педагогічного університету
А.Ю. Ків

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Безушко Денис Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції і водні дослідження» Одеського національного морського університету

Бокарева Марина Олегівна – аспірант кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету

Вітюк Микола Васильович – кандидат фізико-мат. наук, доцент кафедри «Фізика», професор Одеського національного морського університету

Вичужанін Володимир Вікторович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету

Гловацька Світлана Миколаївна – начальник відділу міжнародних зв'язків Одеського національного морського університету

Гришин Володимир Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична і прикладна механіка» Одеського національного морського університету

Гришин Андрій Володимирович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Опір матеріалів», проректор з наукової роботи Одеської державної академії будівництва та архітектури

Давиденко Михайло Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технології і організація будівництва» Національного університету біоресурсів та природокористування України

Дворецький Віктор Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри гідрографії та морської геодезії Одеської національної морської академії

Деміденко Павло Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри електронних комплексів судноводіння Одеської національної морської академії

Джиджавадзе Ганна Алвердівна – студентка Одеського національного морського університету

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Дубровський Михайло Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету, дійсний член Транспортної академії України та Академії будівництва України

Єгоров Геннадій В'ячеславович – доктор технічних наук, професор, генеральний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

Івановський Валерій Георгієвич – доктор технічних наук, професор кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

Колесникова Катерина Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інформаційні технології проектування в машинобудуванні» Одеського національного політехнічного університету

Латій Микола Федорович – старший викладач кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

Лукаш Ернест Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету

Магаматов Олексій Ризаудинович – кандидат технічних наук, професор кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Мурад'ян Арсен Олегович – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Олейніков Віталій Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету

Партолога Майя Іванівна – старший науковий співпрацівник Одеського національного морського університету

Перейрас Роландо – аспірант «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Пітерська Варвара Михайлівна – кандидат технічних наук, викладач кафедри «Організація митного контролю на транспорті» Одеського національного морського університету

Руденко Сергій Васильович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, директор Науково-дослідного інституту фундаментальних та прикладних досліджень Одеського національного морського університету

Рудниченко Микола Дмитрович – аспірант кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету

Русанова Світлана Сергіївна – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Сауляк Сергій Валентинович – асистент кафедри «Теорія та устрій судна» Одеської національної морської академії

Сіверін Володимир Геннадійович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

Федорова Катерина Юріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інженерні конструкції і водні дослідження» 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 доктора 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;
- ✓ ліве – 2,5 см;
- ✓ праве – 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. Індокси 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 парантезом

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

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 авторський 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 графи. 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 багоярусній 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 2 (41)

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