

ВІСНИК



ОДЕСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

44

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

ВИПУСК 2 (44)

Заснований у червні 1997 року

Одеса – 2015

**ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

№ 2(44)
2015

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. *С.В. Руденко* – відп. редактор
канд. техн. наук, доц. *О.В. Демідюк* – заст. відп. редактора
Г.І. Силакова – відповід. секретар

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

Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеського національного морського університету
(протокол № 2 від 30 вересня 2015 р.)

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

Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

ЗМІСТ

ПРОЕКТУВАННЯ КОРАБЛЯ

Егоров Г.В., Тонюк В.И., Дурнев Е.Ю. Концепт многоцелевого сухогрузного судна смешанного река-море плавания для «северного» завоза	5
Егоров Г.В., Ильницкий И.А. Обоснование характеристик железнодорожно-автомобильно-пассажирского парома арктического класса для переправы Ванино-Холмск	21
Кабанова Н.Н., Уролов А.И. Особенности дипломного проектирования судна с использованием современных САД-систем	52

БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА, МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ СУДЕН ТА СПОРУД

Нильва В.А. Аналитический метод определения геометрических характеристик поперечного сечения поврежденного сухогрузного судна смешанного и внутреннего плавания	60
Рогачко С.И., Панова И.Н. Исследование и анализ волновых воздействий на верхнее строение гидротехнических сооружений	70
Коноплев А.В. Анализ некоторых факторов, влияющих на производительность и точность метода ускоренного определения предела выносливости	77
Коноплев А.В. Анализ точности одного метода ускоренного определения предела выносливости	86
Великий Д.И., Дмитриев С.В. Влияние различных факторов на значение коэффициента устойчивости и положение центров опасных кривых скольжения при расчетах откосов грунтовых плотин	90

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Вычужанин В.В., Коновалов С.Д., Шibaева Н.О. Проблемы дистанционного мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния судовых технических систем	97
Гирин А.Г., Руденко С.В. О механизме вторичного дробления эмульгированного топлива в камерах сгорания дизельных двигателей	107
Данилян А.Г., Чимшир В.И., Найденов А.И. Перспективы перевода судов речного флота на водотопливную эмульсию	121

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Крук Ю.Ю. О технологическом плане-графике обработки судна	128
Раскевич І.В., Русанова С.С. Сучасний стан перевалки вантажів на рейді морських портів України	146
Мурад'ян А.О. Основа формування механізму узгодження управління вантажоперевалочним процесом на базі ідей маркетингу взаємодії	154
Перепичко М.Е., Самойловская В.П. Обоснование основных параметров проектируемой контейнерной площадки	166

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Пизинцали Л.В.	
Подготовка «Зеленого паспорта» как процедуры международных требований к организации предприятий по утилизации судов	177
Пітерська В.М.	
Проектно-орієнтований підхід в управлінні науковою діяльністю в Україні	186
Корниец Т.Е.	
О некоторых факторах формирования информационного обеспечения портовой производственной деятельности	196
Петров И.М.	
Общая авария как функция эргатических систем управления перевозками грузов морским транспортом	204
Chernova L.S.	
Improving in the mechanisms of project cost management: gas turbine manufacturing enterprise	217
Кнырик Н.Р.	
Мониторинг функционирования и развития организационных систем на основе имитационного моделирования	223
АВТОРИ ЗБІРНИКА	233

УДК 629.5.01: 629.542

Г.В. Егоров, В.И. Тонюк, Е.Ю. Дурнев

**КОНЦЕПТ МНОГОЦЕЛЕВОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА
СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ ДЛЯ «СЕВЕРНОГО» ЗАВОЗА**

Выполнен анализ существующих грузопотоков и флота, работающего на «северный завоз». Проанализированы актуальные навигационные условия и логистические схемы. Предложен современный концепт сухогрузного судна для «северного завоза».

Ключевые слова: судно смешанного река-море плавания, «северный завоз», ледовые условия, безопасность, анализ.

Виконаний аналіз існуючих вантажопотоків і флоту, що працює на «північне завезення». Проаналізовані актуальні навігаційні умови й логістичні схеми. Запропонований сучасний концепт суховантажного судна для «північного завезення».

Ключові слова: судно змішаного ріка-море плавання, «північне завезення», льодові умови, безпека, аналіз.

The analysis of existing freight traffics and fleet operated for «Northern delivery» is made. Actual navigation conditions and logistic schemes are analyzed. The modern concept of dry-cargo vessel for «Northern delivery» is offered.

Keywords: mixed river-sea navigation vessel, «Northern delivery», ice conditions, safety, analysis.

Постановка проблемы. Смешанные река-море перевозки сухих грузов в пароходствах восточных бассейнов осуществляют известные суда типа «Сибирский» проектов 292 и 0225, которые хорошо зарекомендовали себя в течение уже 20-30 лет после получения их с финских верфей [1, 4, 5].

Однако время идет, многие из судов этих серий были передислоцированы в европейскую часть и в морские районы Дальнего Востока. Но и оставшиеся суда, несмотря на солидный возраст, продолжают обеспечивать «северный» завоз.

В качестве объекта исследования выбран транспортный флот ОАО «ЛОРП», отражающий общую возрастную картину работающего в бассейне флота, а также учитывая, что основные современные и перспективные перевозки на территории Якутии выполняет именно эта судоходная компания, которая является единственным перевозчиком, осуществляющим завоз грузов в пункты Арктического побережья.

Практически все сухие грузы от Чукотки и до Таймыра доставляются судами типа «Сибирский» из порта Тикси и речных портов реки Лены. Вопрос об обновлении таких сухогрузных судов весьма актуален. Но решение его не столь очевидно, как кажется – перепроектируй в рамках сегодняшних требований существующее судно или, по крайней мере, используй как прототип с точки зрения размерений и обводов и строй. Слишком мал навигационный период работы и соответственно окупаемость вновь построенных судов без значительного роста тарифов превышает срок службы этих судов. Т.е. проект становится некоммерческим. Конечно, можно переложить сей выбор на плечи государства и ждать бюджетного финансирования.

В рамках исследований Морское Инженерное Бюро предложило несколько иной вариант решения задачи обновления флота сухогрузных судов смешанного река-море плавания, предназначенных для «северного» завода. Этот подход изложен в настоящей статье.

Изложение основного материала. Как уже многократно отмечалось в наших публикациях, известно, что, чем больше груза судно возьмет в конкретных путевых условиях, тем больше эффективность этого судна. По сути, «макс» («Волго-Дон макс», «Волго-Балт макс», «Днепром-макс», «Лена макс») концепты [3] дают наибольшую прибыль будущему судовладельцу, причем не только при перевозке грузов, но и пассажиров. Особенностью восточных бассейнов являются максимальных размеры судов, назначаемые по условия управляемости (радиусы поворотов, ширина судового хода), а не по габаритам шлюзов (которых на этих реках нет). Плюс общая «беда» внутренних водных путей (ВВП) – недостаточные глубины.

Кроме того, для самоходных судов восточных бассейнов требования, определяющие их размеры, связаны еще и с местной судоремонтной базой (слип на Жатайском заводе и плавдок в Осетрово) и возможностями судостроительной базы (вероятнее всего, это будут либо российские заводы на Волге, либо китайские верфи, возможна также модульная сборка на том же Жатайском заводе).

Самая же главная проблема в окупаемости. Она хорошо понималась на местах, именно поэтому в 1990-годы значительная часть судов сибирских пароходств была отправлены на «заработки» в морские районы для совершения международных рейсов, где они и остались.

Главная идея нового концепта Морского Инженерного Бюро состоит в том, что создать многоцелевое сухогрузное судно река-море плавания, которое будет лучше «Сибирских» по грузоподъемности, причем в широком диапазоне рабочих осадок от 2,50 до 3,50 м, будет отвечать максимальным габаритным ограничениям существующей судоремонтной базы на реке Лена и иметь достаточный для сезонной работы по Северном морскому пути класс Регистра по району плавания и хорошие (для того, чтобы вернуться на базу уже в условиях ледообразования и льда до 40 см толщиной) ледовые качества. С другой стороны, новые суда

должны быть эффективными на тех перевозках в европейской части, где сейчас работают суда типа «Волго-Дон» (т.е. на линиях речные порты – рейдовые перевалочные комплексы Керчи и Финского залива).

В итоге получается некий симбиоз «Сибирского» и «Волго-Дона», размерами «Волго-Дон макс» класса, но с более высоким, чем у RSD44 классом по району плавания («М-СП 3,5» против «М-ПР 2,5») и ледовой категорией («Лед 40» против «Лед 20»). Понятно, что на сегодняшний день лучшими обводами такого класса судов являются т.н. «сверхполные» обводы, примененные на судах проектов RST27, RST54, RST12, RST28.

Новый концепт RSD62, в итоге, имеет более эффективные технико-экономические характеристики, чем «Сибирские» проектов 292 и 0225, но при этом и лучше судов проектов 507Б, 1565 («Волго-Доны») и 05074 («Волжские»), обладая более высоким стандартом прочности, чем существующие суда.

Это позволит на начальном этапе, пока еще действующие суда типа «Сибирский» имеют удовлетворительное техническое состояние и могут обеспечивать «северный» завоз, новому проекту RSD62 работать в европейской части на линиях, привычных для судов «Волго-Дон макс» класса, обеспечивая тем самым окупаемость в существенно более привлекательные сроки.

По мере выбытия старого флота на севере, суда проекта RSD62 будут осуществлять переход в базовые парокходства и менять на «северном» завозе «Сибирские», обеспечивая тем самым безопасное плавание по морским участкам якутского побережья между устьями рек Колыма, Индигирка, Яна, Лена.

Средний возраст судов типа «Сибирский» составляет 29 лет. Поэтому суда проекта RSD62 успеют отработать в европейской части примерно по 10 лет, что обеспечит разумную экономику проекта и соответственно, если и потребуются увеличения роста тарифов на «северный» завоз, то не в столь значительной степени, как сейчас показывают экономические расчеты, выполненные без учета «европейской» эксплуатации.

Таким образом, требуется строительство нового грузового флота смешанного (река-море) плавания, полностью соответствующего специфике эксплуатации в Ленском бассейне, но с более привлекательной экономикой за счет частичной работы в европейской части.

Если не будет нового флота, то обеспечивать «северный» завоз по побережью Северного морского пути с заходом в устья арктических рек через 10 лет будет не чем – возраст «Сибирских» достигнет 40 лет, что, по нашим оценкам, является предельным возрастом для грузовых судов с точки зрения безопасности мореплавания и рентабельности все возрастающих по объемам ремонтов.

Согласно «Транспортной стратегии Республики Саха (Якутия) до 2025 года» и «Схемы комплексного развития производительных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2030 года» пред-

полагалось построить 3-4 сухогруза такого типа (но такая оценка занижает, по нашему мнению, реальную потребность в два раза).

Основными перевозимыми сухими грузами в Ленском бассейне (см. данные из разных источников в таблицах 1 и 2, без учета завозимых в арктические районы) являются: строительные материалы – 1,64 млн. т (35 % от всех сухих грузов); каменный уголь, кокс – 1,01 млн. т (21,6 %); лесные – 0,185 млн. т (4,0 %). Всего сухих грузов было перевезено 4,68 млн. т, из них в контейнерах – 0,69 млн. т (14,8 %) и в пакетах – 0,46 млн. т

Перевозки каменного угля в бассейне в зависимости от расположения потребителей осуществляются из порта Осетрово – снабжение потребителей Верхней Лены, Джебарики-Хая – основная база снабжения углем территорий Республики Саха (Якутия) и Иркутской области, тяготеющих к водному транспорту, включая обеспечение углем Арктических пунктов, за исключением бассейна р. Колыма, где потребности в угле обеспечиваются собственной добычей в п. Зырянка.

Прочие грузы занимают существенное место среди перевозок сухих грузов, так как в их состав входят перевозки груза в контейнерах, перевозки машин на действующей переправе Якутск – Н. Бестях, возврат порожних контейнеров из пунктов завоза груза. Здесь осуществляются перевозки автомобилей на двух действующих переправах вблизи Якутска и контейнерные перевозки из порта Осетрово в направлении Якутска.

45 % общего объема прочих грузов следуют из пунктов Верхней Лены до п. Витим, Ленск, Олекминск. Основной прирост перевозок прочих грузов вызван увеличением завоза различных грузов в п. Витим в адрес «Сургутнефтегаз».

Завоз строительных грузов на территорию Республики Саха (Якутия) водным транспортом осуществляется из порта Осетрово, устья р. Олекмы, устья р. Алдан и района г. Якутска. С устья р. Алдан перевозится ПГС, добываемая из русла реки Алдан. Из остальных пунктов перевозится в основном песок.

В адрес потребителей в Витиме, Пеледуде, Ленске поставки осуществляются из Осетрово, что составляет 32,8 % общего объема перевозки строительных грузов. Аналогичные объемы ПГС добываются в устье р. Алдан и доставляются потребителям Якутского куста и на р. Вилюй.

Добываемый песок в районе Олекминска и Якутска потребляется на месте.

Перевозки цемента с цементного завода в п. Мохсоголлох осуществляются преимущественно в адрес строителей г. Ленска.

Между пунктами Республики Саха (Якутия) водным транспортом перевозится около 185 тыс. тонн лесных грузов. Основными пунктами отгрузки лесных грузов является Чапаево, Витим, Юхта, Ичера, на долю которых приходится около 80 % перевозок лесопромышленности, которая направляется в Якутск и Ленск.

Таблиця 1

Распределение объемов перевозок сумки грузов в Лисском бассейне, тыс. м (данные 2012 года)

	Сумма грузов	Уголь, тонны	Строительные материалы	Черные металлы	Зерно	Хлоп. и мин. удобрения	Лесные	Прочие	В контей- нерах	В паллетах
ОАО «Лисское объединение речное пароходство»	534,9 (746,2 с учетом арктических грузов)	247,2	111,7	•	•	•	15,1	150,9	38,9	•
ООО «Речной порт Ялуга»	851,3	•	•	•	•	•	148,0	703,3	295,1	134,2
ООО «Судозводная компания «Бугага»	1138,4	•	1110,8	•	•	•	17,7	9,9	•	•
ООО «Судозводная компания «Валдай»	50,4	5,2	41,9	•	•	•	•	3,3	•	•
ОАО «Острозовский речной порт»	859,7	63,3	174,7	88,5	6,6	9,5	3,9	513,2	240,0	321,8
ОАО «Висское речное пароходство»	343,5	315,9	2,2	•	•	•	•	25,4	10,9	•
ОАО «Солыменная судозводная компания»	450,8	353,7	•	•	•	•	0,3	96,8	22,5	•
ФБУ «Лисское ГЭВ/ПДС»	80,2	•	80,0	•	•	•	•	0,2	•	•
ПУ «Администрация» АК «АПРОСА»	345,1	5,7	116,5	•	•	•	•	222,9	73,1	•
ДО «Представь Собой»	36,4	18,8	1,5	0,7	•	•	0,4	15,0	11,7	•
Итого по Лисскому бассейну	4680,7 (4902 с учетом арктических грузов)	1009,8	1639,3	89,2	6,6	9,5	185,4	1740,9	692,2	456,0

Источник: [6]

Таблиця 2

*Сведения по отправлению сухих грузов флотом ОАО «ЛОПП»
в навигации 2012-2013 годов*

Показатель	Размерность	Род груза	2012 г.	2013 г.
			отчет	отчет
Всего	тыс. тонн		746,2	683,6
	млн. тонно-км		964,9	866,9
В том числе:				
Арктические	тыс. тонн		221,3	128,5
	млн. тонно-км		420,1	357,0
Центральные	тыс. тонн		524,9	555,1
	млн. тонно-км		544,8	510,0
Осетрово	тыс. тонн	Ген. груз	185,4	134,5
	тыс. тонн	Уголь	-	24,9
	тыс. тонн	Прочие	5,1	4,2
Якутск, Нижний Бестях	тыс. тонн	Ген. груз	48,7	78,5
Витим, Чембалово, Давыдово, прочие	тыс. тонн	Лес	57,5	80,6
Джебарики-Хая, Олек- минск, Зеленый Мыс, Сангары	тыс. тонн	Каменный уголь	306,6	236,4
Устье р. Олекма, Еловка, устье р. Алдан, прочие	тыс. тонн	ПГС, песок, камень	126,4	112,5
Прочие	тыс. тонн	Разные	16,5	12,0

Источник: [ОАО «ЛОПП»]

Завоз груза (около 200 тыс. тонн) в Арктические пункты рек – Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленек, Хатанга имеет свои существенные отличия и специфику, которые, в первую очередь, требуют накопления грузов, связаны с ледовыми условиями и очищением ото льда прибрежного побережья моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (как правило – третья декада июля), выполнением земснарядами необходимых работ по дноуглублению и расчистке баровых участков на подходе к р. Яна и р. Индигирка для прохода судов смешанного река-море плавания в устьевые пункты.

Эксплуатационный период работы судов смешанного река-море плавания по трассе СМП и завоз грузов в Арктические пункты не превышает 65 сут., сопряжен с неблагоприятными погодными условиями (особенно сентябрь), что требует определенного навигационного и гидрометеорологического обеспечения судов и самой трассы СМП, а также согласованных действий участников транспортного процесса.

В перевозках грузов морским путем в пункты Арктического побережья задействован только флот ОАО «ЛОРП». Номенклатура грузов «северного» завоза по сухим грузам – каменный уголь, лес кругляк, пиломатериалы, остальные грузы в контейнерах, техника, оборудование, трубы.

ОАО «ЛОРП» осуществляет перевозку сухих грузов в бассейне реки Лены и ее притоков Витима, Олёкмы, Алдана и Вилюя. Суда смешанного река-море плавания работают на трассе Северного морского пути от порта Хатанга до порта Певек с заходом в реки Анабар, Оленёк, Яну, Индигирку и Колыму.

В настоящее время «северный» завоз в Ленском бассейне осуществляется по 8 направлениям. Маршруты, составляющие в сумме более 5,6 тыс. км морского пути, пролегают по морям Северного Ледовитого океана от Хатанги до Певека.

Вот некоторые данные 2014 года, которые характеризуют основные задачи судов смешанного река-море плавания, в том числе нового проекта RSD62:

1. По состоянию на 17 сентября 2014 года отправление грузов в целом по ОАО «ЛОРП» нарастающим итогом составило 1,135,4 тыс. т, что на 182,7 тыс. т больше отчетного периода 2013 года на сентябрь 2013 года [7].

2. Всего в навигацию 2014 года для стабильного жизнеобеспечения населенных пунктов реки Индигирка флотом ОАО «ЛОРП» завезено 64 тыс. т грузов, из них 16 тыс. т каменного угля, 7 тыс. т генеральных грузов и 41 тыс. т различных нефтепродуктов [7].

В соответствии с анализом эксплуатационных и погодных условий в рассматриваемых районах плавания проектируемому сухогрузному судну речного и смешанного (река-море) плавания для осуществления Северного завоза проекта RSD62 был назначен класс PPP ✪ «М-СП 3,5» лед 40, который позволяет эксплуатировать судно в условиях морского перехода по Северному морскому пути от полуострова Таймыр до полуострова Чукотка в июле – сентябре (класс обеспечивает межустьевые переходы), а также на реках Лена, Индигирка, Оленёк, Анабар, Яна, Колыма, Енисей, Обь, Иртыш.

При этом в соответствии с анализом ветро-волновых условий и мест убежищ, плавание судов класса «М-СП» допустимо в период 20 июля-сентябрь в следующих районах:

- 10-мильная прибрежная зона от пролива Югорский Шар до п. Хараса-вэй;

- Байдарацкая губа;

- юго-западная часть моря южнее линии п. Хараса-вэй – точка пересечения параллели 70 ° с. ш. с восточным побережьем о. Вайгач;

- 20-мильная прибрежная зона вдоль западного и северного побережья полуострова Ямал от п. Харасавэй до Обской губы через пролив Малыгина;

- 20-мильная прибрежная зона от о. Диксон до устья р. Пясины;
- Хатангский залив;
- проливы Восточный и Северный;
- 20-мильная прибрежная зона вдоль северного и восточного побережий о-ва Большой Бегичев и от полуострова Нордвик до мыса Терпий-Тумса;
- Анабарский залив;
- Оленекский залив, ограниченный линией, отстоящей на 5 миль к северу от линии мыс Терпий-Тумса – северная оконечность о-вов Аэросъемки;
- 5-мильная зона вокруг островов Аэросъемки;
- 25-мильная прибрежная зона от островов Аэросъемки до п. Тикси;

От п. Тикси до устья р. Яна и 20-мильная прибрежная зона вдоль южного побережья от устья р. Колыма (Восточно-Сибирское море).

А также:

- от п. Тикси до устья р. Яна и 20-мильная прибрежная зона вдоль южного побережья от устья р. Колыма (Восточно-Сибирское море) (20 июля-сентябрь);

- прибрежная зона вдоль южного побережья в пределах 6-15 метровой изобаты от устья р. Колыма до п. Певек с возможностью удаления от берега до 7 миль в районах м. Летяткина, мыс Большой Баранов, мыс Малая Бараниха, устья р. Милыеера и северо-западного побережья о. Айон (август-сентябрь).

Автономность судна по запасам топлива, моторного масла, провизии и питьевой воды, а также по накоплению сточных вод, НСВ и мусора оценена в 20 суток. Дальность плавания – не менее 4800 миль.

Параметры автономности выбирались в соответствии с предполагаемыми линиями эксплуатации, особенностями бункеровки в районах Крайнего Севера с учетом возможных простоев судов из-за ожидания требуемых глубин или благоприятного прогноза погоды.

На основе анализа путевых условий было рекомендовано значение габаритной длины в пределах 130-141 м, причем нижнее значение обеспечивает возможность работы практически у всех причалов региона и прохождение всех «узких» мест.

Габаритная ширина судна может быть принята в пределах 16,98-22,8 м, причем принятие верхнего значения создаст затруднения для постройки судов на российских верфях.

Рабочий диапазон осадок судна речного и смешанного (река-море) плавания для осуществления Северного завоза изменяется в пределах 2,50-3,56 м. Проектировать судно смешанного река-море плавания для работы на осадках меньше 2,0-2,5 м экономически нецелесообразно. При этом следует учитывать, что река Лена имеет продолжительный период весеннего паводка.

В итоге, было разработано многоцелевое сухогрузное судно смешанного (река-море) плавания для осуществления Северного завоза проекта RSD62 с двумя винторулевыми колонками, с баком и ютом, с кормовым расположением рубки и машинного отделения, с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, четырьмя трюмами, с цилиндрической носовой и транцевой кормовой оконечностями со следующими основными характеристиками (см. общее расположение на рисунке 1):

Класс РРР ✕ «М-СП 3,5» лед – 40 А;
длина наибольшая – 141,00 м;
длина между перпендикулярами – 140,82 м;
ширина габаритная – 16,98 м;
ширина расчетная – 16,90 м;
высота борта – 6,30 м;
осадка по КВЛ – 3,56 м;
осадка в балласте (средняя) – 3,00 м;
дедвейт при осадке по КВЛ (море) – 5640 т;
емкость грузовых трюмов – 8404 м³;
емкость балластных танков – 4706 м³;
контейнероёмкость (TEU/FEU) – 225/105;
максимальная мощность ГД – 2х1200 кВт;
скорость (при 85 % МДМ) – 10,0 уз.;
экипаж – 9 чел (14 мест).

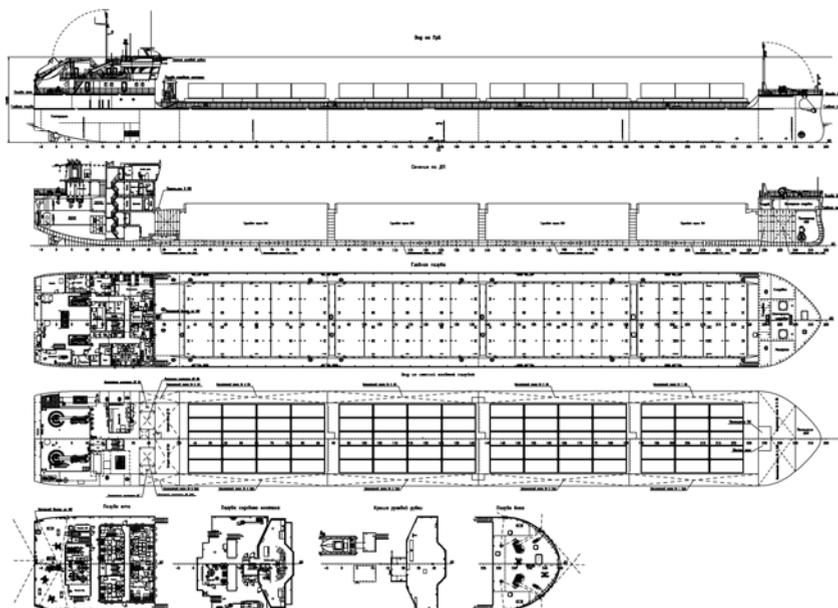


Рис. 1. Общее расположение судна проекта RSD62

С целью получения рекомендаций для новых судов из существующего флота отобраны те проекты, которые наилучшим образом себя зарекомендовали для работы на «северном» завозе: сухогрузы проектов 292 и 0225 типа «Сибирский», проекта 1743 типа «Омский», и в европейской части – проект 05074М типа «Волжский».

В качестве базы для сравнения из новых проектов для европейской части отобраны ранее созданные Морским Инженерным Бюро:

- сухогрузные суда проекта 006RSD02 типа «Надежда», как обладающие наиболее легким корпусом из построенных судов «Волго-Дон класса» и соответственно имеющие наибольший дедвейт в реке;

- сухогрузные суда проекта RSD19 типа «Хазар», как наиболее совершенный проект «Волго Дон макс» класса;

- сухогрузные суда проекта RSD32 как суда с наибольшей ледовой категорией из рассмотренных и имеющие близкие размеры к судам проектов 0225, 292;

- сухогрузные суда проекта RSD44 «Волго-Дон макс» класса, как самые перспективные основные суда для работы на реках европейской части России.

Сравнение для сухогрузных судов выполнено в таблице 3.

Данные таблицы 3 позволяют сделать следующие выводы:

- размеры существующих сухогрузных судов меньше судов «Волго-Дон макс» класса – длина габаритная до 129,50 м (пр. 0225), ширина габаритная до 15,80 м (пр. 0225), высота габаритная от ОП до 15,60 м (пр. 292, 0225);

- как правило, наибольшая осадка существующих судов также меньше чем у судов европейского типа;

- существующие суда имеют меньшую энерговооруженность;

- существующие суда имеют меньший дедвейт и меньшую удельную грузоместимость;

- существующие суда имеют бóльший экипаж.

С другой стороны, при осадках, представляющих интерес для Северных регионов, из существующих судов наиболее эффективен проект 292 – при осадке 3,00 м дедвейт 3051 тонн, при осадке 2,50 м – 2168 т. Близкий к нему по размерам новый проект RSD32 – 2745 и 1846 тонн соответственно. Современное судно для европейских водных путей России проекта RSD44 «Волго Дон макс» класса – 4218 и 3146 т. Но при этом, проект RSD32 имеет избыточный для рассматриваемой задачи класс I по району плавания, а RSD44 – недостаточный («О-ПР 2,0»).

Новый проект RSD62 сухогрузного судна речного и смешанного (река-море) плавания для осуществления «северного» завоза имеет дедвейт при осадке 2,50 м – 2992 т, при осадке 3,00 м – 4145 т, при осадке 3,50 м – 5304 т, что значительно превышает характеристики существующих сухогрузных судов, используемых сегодня для тех же задач.

Таблиця 3

Сравнительные характеристики судовозов

пр. 292, 0225, 1743, 05074M, 006RSD02, RSD19, RSD44, RSD32, RSD62

Характеристики	пр. 292	пр. 0225	пр. 1743	пр. 05074M	пр. 006RSD02	пр. RSD19	пр. RSD32	пр. RSD44	пр. RSD62
Класс судна	КМ ★ J12 ПСТ, при покрыбие +M-CT 3,5	КМ ★ J13 ПСТ, при покрыбие +M-CT 3,5	КМ ★ J14 ПСТ, при покрыбие +M-TP 2,5	КМ ★ J14 ПСТ, при покрыбие O-TP 2,0	КМ ★ J12 ПСТ A1	КМ ★ J12 ПСТ A1	КМ ★ J13 ПСТ A1	КМ ★ J12 ПСТ A1	КМ ★ J12 ПСТ A1
Длина наибольшая, м	128,43	129,50	108,40	138,40	139,63	139,95	123,17	139,99	141,00
Длина между перпендикулярами, м	125,00	122,00	105,00	135,00	133,84	135,69	117,97	138,90	140,82
Ширина габаритная, м	15,63	15,80	15,00	16,30	16,30	16,30	16,30	16,80	16,98
Ширина, м	15,40	15,60	14,80	16,30	16,30	16,30	16,30	16,50	16,90
Высота борта, м	5,45	6,00	5,00	5,50	6,00	6,00	5,50	5,00	6,30
Осадка по JTBЛ, м	3,17	3,906	3,264	3,518	4,60	4,60	4,20	3,60	3,56
Высота габаритная от ОП до верха несущих костей, м	15,60	15,60	14,10	16,00	16,20	17,20	16,90	8,00	15,40
Емкость водной, LPH	10940	12277	8130	12712	13990	14023	11313	11759	15012
Высота вместимости, GT	3500	3743	2860	4057	5723	5676	4653	4076	5060
Чистая вместимость, NT	1324	1123	910	1378	3353	3109	2675	1848	2591
Объем грузовой трюма (по впадине проема полюсовых закрывал), м ³	4812	5431	4383	6853	10870	10956	8790	7086	8404
Количество грузовых трюмов	4	4	4	2	4	4	3	2	4
Коэффициент вместимости водной трюма, TEU	190/94	192/96	152/64	-	280/210	274/204	240/180	140/140	225/150

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество, мощность (кВт) и тип главных двигателей	2x662 2Г60	2x662 Г-70x5	2x515 6N7П48А-20Г	2x883 6ПН 36/45 (Г70)	2x1190 Wartsila 6L20	2x1200 Wartsila 6L20	2x1200 Wartsila 6L20	2x1200 Wartsila 6L20	2x1200 Wartsila 6L20
Скорость при осадке по ЛПГ, узл при % от МДМ	11,0 (100 %)	10,0 (100 %)	10,4 (100 %)	10,2 (100 %)	10,5 (85 %)	11,9 (85 %)	11,0 (85 %)	10,5 (85 %)	10,0 (100 %)
Двухвално-рулевой винт/вал	2 ВФ0П 2 руля	2 ВФ0П	2 ВФ0П 2 руля	2 ВФ0П в интегрированном высказке	2 ВРК	2 винта в кожухах + 2 руля	2 ВФ0П 2 руля	2 ВРК	2 ВРК
Мощность исполнительных ДП, кВт	3x110	3x110	3x50	2x100	3x160	3x240	3x160	2x184	3x160
Мощность парового ДП, кВт	1x59	1x58	1x50	1x50	1x100	1x136 (паровый- сплошной)	1x80	1x62	1x60
Мощность гидравлического двигателя, кВт	155	110	-	95	160	200	120	120	230
Автостоять, сут.	15	15	10	15	25	20	20	10	20
Эксплуатационное мес	17/13	14/16	11/14	12/16	12/14	13/16	12/14	9/16	9/14
Вес судна в воздухе, т	1813	2115	1178	1832	2508	2653	2598	1954	2437
В море при осадке по ЛПГ									
Дедвейт, т	3483	4743	3197	5091	7078	7004	5129	5727	5640
Спецификационный УТКО груза, м³/т	1,46	1,19	1,43	1,41	1,64	1,68	1,83	1,29	1,61
Коэффициент использования вместимости по дедвейту	0,6577	0,6916	0,7307	0,7350	0,7384	0,7253	0,681	0,7558	0,6983
Энергопаритет (в единицу транзитной производительности, мощности) (дедвейт x скорость), кВт·ч/узл	0,0345	0,0279	0,0310	0,0340	0,0309	0,0287	0,0425	0,0399	0,0361

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В ярус (осередок 3, 50 м)									
Дерева, т	-	3823	-	4885	4467	4381	3651	5321	5304
Специфікаційний УПТО група, м³/т	-	1,48	-	1,47	2,55	2,64	2,59	1,37	1,72
Коефіцієнт використання водомістності по дереву	-	0,6438	-	0,7273	0,6404	0,6228	0,6036	0,7420	0,6852
В ярус (осередок 3, 00 м)									
Дерева, т	3051	2907	2722	3842	3407	3314	2745	4218	4145
Специфікаційний УПТО група, м³/т	1,58	1,98	1,69	1,90	3,68	3,86	3,65	1,74	2,25
Коефіцієнт використання водомістності по дереву	0,6273	0,5788	0,6979	0,6771	0,5760	0,5554	0,5337	0,6951	0,6298
В ярус (осередок 3, 50 м)									
Дерева, т	2168	2007	2032	2815	2363	2239	1846	3146	2992
Специфікаційний УПТО група, м³/т	2,42	2,94	2,31	2,66	5,70	6,21	5,82	2,36	3,25
Коефіцієнт використання водомістності по дереву	0,5446	0,4869	0,6330	0,6058	0,4851	0,4577	0,4350	0,6297	0,5511
В ярус (осередок 3, 10 м)									
Дерева, т	1477	1299	1488	2012	1539	1427	1132	2307	2085
Специфікаційний УПТО група, м³/т	3,71	4,78	3,24	3,86	10,04	11,52	11,04	3,27	5,01
Коефіцієнт використання водомістності по дереву	0,4489	0,3805	0,5381	0,5234	0,3803	0,3498	0,3207	0,5550	0,4631

Источники: [Морское Издательское Бюро]

К примеру, на осадке 2,50 м дедвейт судна проекта RSD62 больше на 824 т дедвейта судна проекта 292, на 985 т больше дедвейта судна проекта 0225 и на 960 т больше дедвейта судна проекта 1743.

Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту у судна проекта RSD62 лучше, чем у судов проекта 0225 и 292. По сравнению с судном проекта 1743 незначительно хуже, это объясняется тем, что судно проекта 1743 проектировалось в 1970-е годы под «старые» требования Правил Регистра и на класс М (что ниже, чем М-СП у RSD62). При этом «Омские» имеют максимальную осадку 3,26 м (по первоначальному проекту) и не могут эксплуатироваться с загрузкой на 3,50 м, теряя за каждый рейс значительное количество груза.

Сравнивая судно проекта RSD62 с судами для европейской части Российской Федерации (проекты RSD44, 05074М), можно сказать, что дедвейт проекта RSD62 близок к дедвейту судна проекта RSD44 при равных осадках и превышает дедвейт «Волжского». Например, при осадке в реке 3,50 м дедвейт судна проекта RSD62 составляет 5304 т, что практически равно соответствующему параметру судна проекта RSD44 и на 419 т больше, чем у «Волжского». При этом проект RSD62 имеет более высокий класс по району плавания М-СП (RSD44 класса М-ПР и 05074М класса О-ПР) и ледовую категорию Лед 40, что позволит работать новому концепту до РПК в районе Кавказа круглогодично.

Таким образом, приведенный анализ и данные таблицы 3 позволяют сделать вывод о возможности «временного» эффективного использования судов проекта RSD62 (до момента списания судов проекта 292, 0225) в европейской части для обеспечения окупаемости в существенно более привлекательные сроки.

Заключение. Перспективы работы новых сухогрузных судов река-море плавания для завоза грузов в арктические районы определяются следующими факторами:

- активным развитием Севморпути – к 2020 году, по данным ЗАО «ЦНИИМФ», объем грузоперевозок может достигнуть 60-65 млн. т, а на каботажные и транзитные перевозки будет приходиться порядка 7 млн. т (с учетом смешанных река-море перевозок в Ленском, Енисейском и Обь-Иртышском бассейнах);

- реализацией и необходимостью поддержки реализованных проектов промышленности и логистики (газопровод «Сила Сибири», порт Сабетта, «Ямал СПГ», «ГМК «Норильский никель», «Ванкорнефть», плановое обустройство городов и предприятий и др.);

- значительным физическим и моральным старением флота судов внутреннего и смешанного плавания пароходств Ленского, Енисейского, Обь-Иртышского и Обского бассейнов при достаточно стабильном грузопотоке;

- безальтернативностью водному транспорту в значительном числе арктических районов (особенно касается Ленского бассейна, где доставить материальные и энергетические ресурсы в некоторые отдаленные населенные пункты или на предприятия возможно только рекой в период навигации).

Предложено многоцелевое сухогрузное судно река-море плавания, которое лучше «Сибирских» по грузоподъемности, причем в широком диапазоне рабочих осадок от 2,50 до 3,50 м, отвечает максимальным габаритным ограничениям существующей судоремонтной базы на реке Лена и имеет достаточный для сезонной работы по Северном морскому пути класс Регистра по району плавания и хорошие (для того, чтобы вернуться на базу уже в условиях ледообразования и льда до 40 см толщиной) ледовые качества. С другой стороны, новые суда эффективны на тех перевозках в европейской части, где сейчас работают суда типа «Волго-Дон» (т.е. на линиях речные порты – рейдовые перевалочные комплексы Керчи и Финского залива).

Получился некий симбиоз «Сибирского» и «Волго-Дона», размерами «Волго-Дон макс» класса, но с более высоким, чем у RSD44 классом по району плавания («М-СП 3,5» против «М-ПР 2,5») и ледовой категорией («Лед 40» против «Лед 20»).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В. Анализ предпосылок создания нового поколения судов речного и смешанного плавания для Ленского бассейна // *Проблемы техники*. – 2010. – № 3. – С. 3-22.
2. Егоров Г.В. Перевозки отечественным водным транспортом, состоянием речного флота и возможности нового судостроения, в том числе для сибирских рек // *Морской Вестник*. – 2014. – № 2 (50). – С. 7-15.
3. Егоров Г.В. Обоснование выбора главных размерений судов смешанного плавания нового поколения для Ленского бассейна // *Проблемы техники*. – 2013. – № 1. – С. 5-32.
4. 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.
5. 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.

6. *Речные порты и внутренние водные пути России. – 2-е изд. // Федеральный отраслевой справочник. – М.: Магистраль, 2013. – 385 с.*
7. *Сайт ОАО «Ленское объединенное речное пароходство». – URL: <http://www.lorp.ru/> (дата обращения 19.10.2014).*

Стаття надійшла до редакції 16.03.2015

Рецензенти:

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

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

УДК 629.5.01

Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий

**ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНО-ПАССАЖИРСКОГО ПАРОМА
АРКТИЧЕСКОГО КЛАССА ДЛЯ ПЕРЕПРАВЫ ВАНИНО-ХОЛМСК**

Выполнен анализ работы паромной линии «Ванино-Холмск», обозначена необходимость замены существующих паромов. Создан проект современного парома с арктическим классом для самостоятельной работы на линии «Ванино-Холмск» с характеристиками, значительно превышающими характеристики существующих паромов типа «Сахалин».

Ключевые слова: Сахалин, морской паром, арктический класс, безопасность, пассажироместимость, опасные грузы, автономность, социальная задача.

Виконаний аналіз роботи поромної лінії «Ванино-Холмск», позначена необхідність заміни існуючих поромів. Створений проект сучасного парома з арктичним класом для самостійної роботи на лінії «Ванино-Холмск» з характеристиками, що значно перевищують характеристики існуючих поромів типу «Сахалін».

Ключові слова: Сахалін, морський паром, арктичний клас, безпека, пасажиромісткість, небезпечні вантажі, автономність, соціальне завдання.

The analysis of «Vanino-Kholmsk» ferry line operation is made, need of replacement of existing ferries is designated. The project of modern ferry with Arctic class for independent work on «Vanino-Kholmsk» line with characteristics considerably exceeding characteristics of existing «Sakhalin» ferries is created.

Keywords: Sakhalin region, sea ferry, Arctic class, safety, passenger capacity, dangerous goods, autonomy, social task.

Постановка проблемы. Морским Инженерным Бюро был разработан новый концепт автомобильно-железнодорожного парома ледокольного типа неограниченного района плавания нового поколения с двухвальной четырехдвигательной силовой установкой и тремя подруливающими устройствами для линии «Ванино-Холмск» проекта CNF11CPD, учитывающий опыт работы существующих судов и условия линии.

Новый паром проекта CNF11CPD предназначен для перевозки железнодорожных вагонов (30 единиц) российского стандарта с шириной колеи 1520 мм, всех видов автомобилей, включая грузовые автосоставы (48 единиц), легковые автомобили (28 единиц дополнительно), различной

колесной техники и контейнеров на ролл-трейлерах, рефконтейнеров, а также опасных грузов классов 1.1-1.6; 1.4S; 2.1-2.3; 3 (в полном объеме); 4.1-4.3; 5.1; 6.1 (в полном объеме); 8 (в полном объеме); 9 и пассажиров (150 человек), с кормовой и бортовой схемой грузообработки.

Новый концепт является результатом комплекса исследований, проведенных в 2012-2013 годах Морским Инженерным Бюро, во взаимодействии с ведущими отечественными и иностранными научными институтами, включая Акер Арктик технолоджи (рекомендации по обводам, испытания в ледовой бассейне), ЦНИИ морского флота (экспертиза технических решений на всех стадиях, формирование обводов, экономические расчеты и моделирование эксплуатации), Крыловский государственный научный центр (испытания буксировочные, самоходные, мореходные, а также проверочные в ледовом бассейне), проектно-конструкторское бюро вагонного хозяйства ОАО «РЖД» (проверка возможности перевозки подвижного состава на пароме).

Целью статьи является обоснование принятых при проектировании нового парома для Сахалина принципиальных решений и главных параметров.

Изложение основного материала. Более 75 % всех грузовых перевозок и около 25 % пассажирских перевозок между островом Сахалин и материковой частью обеспечивает морская железнодорожная грузопассажирская паромная переправа «Ванино-Холмск».

Понятно, что в таких условиях от стабильности паромного сообщения зависит нормальное функционирование всех отраслей экономики Сахалина и снабжение его населения.

Первая очередь существующей переправы «Ванино-Холмск» была торжественно открыта 27 июня 1973 года, вторая очередь – в 1985 году.

Протяженность расположенной в Татарском проливе линии – 140 морских миль (см. рисунок 1). Поскольку ширина сахалинской железнодорожной колеи 1067 мм отличается от общероссийской, в порту Холмск осуществляется замена тележек.

Интересно отметить, что в действительности переправа, обеспечившая надежную связь между островом и материком, появилась еще в 50-е годы прошлого столетия. На нее были поставлены построенные в 1956 и 1958 году на Амурском судостроительном заводе паромы проекта 728П «Забайкалье» и «Приамурье» [8].

Сегодня на железнодорожной паромной линии «Ванино-Холмск» работают три парома проекта 1809 «Сахалин-8», «Сахалин-9» и «Сахалин-10» [9], которые строились на калининградском заводе «Янтарь» в период с 1972 года по 1992 год.

Всего было построено десять таких паромов. Семь из них после полной выработки ресурса были списаны. Понятно, что срок службы оставшихся судов не безграничен и необходимы новые паромы для замены.



Рис. 1. Паромная переправа «Ванино-Холмск»

По оценкам специалистов ДНИИМФ, основными проблемами существующих дизель-электроходов типа «Сахалин» являются недостаточная мореходность; избыточный расход топлива на чистой воде от дополнительного сопротивления носового винта; недостаточная маневренность при заходе в порт Холмск из-за фактически одновальной установки и в силу отсутствия подруливающих устройств; плохой обзор из рубки; «развалы» электросхемы; низкая экономическая эффективность.

Недостаточная ледопроездимость и снижение эксплуатационных показателей работы действующих паромов типа «Сахалин» в связи с физическим износом корпуса и судового оборудования привели к тому, что время перехода парома увеличилось с 8 часов до 14-18 часов.

В итоге, оставшиеся три судна типа «Сахалин» обеспечивают в среднем два рейса в сутки (в 1990 г. обеспечивалось более шести рейсов в сутки).

С конца 90-х годов, с открытием автомобильного сообщения из Ванино с городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре Сахалинское пароходство приступило к перевозкам на линии не только железнодорожных вагонов, но и автотранспорта, в первую очередь автопоездов со скоропортящимися и другими потребительскими грузами, доля которых неуклонно растет.

По оценкам экспертов, к 2025 году потребность в перевозках грузов между Сахалином и материком составит около 9,2 млн. тонн груза за счет увеличения сбыта угля из Углегорского района, необходимости завоза строительных материалов для новых объектов электроэнергетики и перерабатывающей промышленности [22].

При этом оставшихся трех судов с учетом их ограничений по мореходности периодически не хватает для обработки заявленного объема груза уже сейчас. Например, в ноябре-декабре 2010 года ОАО «РЖД» было вынуждено объявить конвенцию – запрет погрузки грузов в адрес сахалинских потребителей, так как уже скопилось в ожидании погрузки на остров более 1100 вагонов. Причина – плохая погода, из-за которой паромы (тогда их было еще четыре) простояли 26 дней, а в остальные дни половину вместимости пришлось отдать автопоездам. И такие конвенции случаются в осенне-зимний период практически каждый год [3].

Динамика объемов перевозок грузов и пассажиров на паромной переправе «Ванино-Холмск» представлена в таблице 1. На паромов перевозятся железнодорожные вагоны, грузовые и легковые автомобили и пассажиры – см. таблицу 2.

Таблица 1

*Динамика объемов перевозок грузов и пассажиров
на паромной переправе «Ванино-Холмск»*

Год	Объем перевозок грузов на паромах, тыс.т	Объем перевозок пассажиров, чел.
2000	1 510,1	-
2008	1 599,4	66 176
2009	1 413,2	55 217
2010	1 577,0	54 568
2011	1 584,2	50 905
2012	1 349,7	ок. 45 500

Источник: «Морцентр – ТЭК»

Анализ, выполненный ЦНИИ морского флота, показал, что грузопоток и пассажиропоток распределяется неравномерно в прямом и обратном направлениях.

Таблица 2

*Перевозки железнодорожных вагонов и автомобилей
на паромной переправе «Ванино-Холмск» по видам транспортных единиц*

Виды транспортных единиц	2010	2011	2012
Вагоны груженные	15 707	15 326	23354
Вагоны порожние	13 512	13 563	
Автомобили грузовые	8 057	7 827	13508
Автомобили легковые	3 047	2 941	

Источник: «Морцентр – ТЭК»

Объемы перевозки грузов на направлении «Ванино-Холмск» в 5,5 раз превышают обратную загрузку.

Количество пассажиров, следующих на Сахалин, почти на 35 % больше, чем в обратном направлении.

Количество пассажиров, перевезенных за июнь-август и сентябрь, составляет порядка 50 % от годового объема перевозки пассажиров.

Среднее количество груза в прямом рейсе составляет около 1 100 т, в обратном – 190 т.

Количество транспортных средств за рейс в одну сторону составляет 17-19 вагонов (в основном в прямом рейсе – груженые, в обратном – порожние), 7-9 грузовых и 2-4 легковых автомобилей.

Количество пассажиров в рейсе «Ванино-Холмск» в среднем составляет 54 чел., в обратном рейсе – 42 чел. Максимальная загрузка судна пассажирами наблюдается в июле-августе. В июле 2012 г. обеспечивалась полная загрузка паромов пассажирами как в прямом так и обратном направлении

На основе приведенных данных прослеживается тенденция увеличения перевозок грузов на автомобилях (на 23 %) и снижение количества железнодорожных вагонов (на 23 %). Доля автомобильного транспорта в перевозке грузов достигла 26 %.

В приведенном объеме перевозок доля опасных грузов составляет 12-15 %. К опасным грузам отнесено топливо, метанол, химические грузы.

Пассажировместимость паромов востребована полностью, так как из-за высокой стоимости авиабилетов именно паром стал единственным возможным способом пассажирских сообщений для большинства населения Сахалина.

Следует отметить, что выбранное в новом проекте количество пассажиров (150 человек) отражает пиковую потребность линии в сезон отпусков и назначено по предложению правительства Сахалинской области, которому принципиально важно обеспечить решение социальной задачи по отдыху населения региона.

Существующие суда в основном ориентированы на перевозку железнодорожных вагонов (имеется всего одна грузовая палуба). Для улучшения экономических показателей новые паромы в большей степени должны учитывать потребности в перевозках автомобильной техники (легковых автомобилей, автопоездов, ролл-трейлеров), иметь увеличенную вагоновместимость и пассажировместимость.

Помимо перевозок автомобилей и трейлеров у грузоотправителей имеется еще один потенциально новый для паромной линии вид груза: контейнеры и ролл-трейлеры с тяжелой техникой. Поэтому на новом пароме при сохранении функции перевозки железнодорожных вагонов (протяженность рельсовых путей 440 пог. м при 420 на существующем), в 2,6 раза выросла вместимость по автомобилям (1036 пог. м против 394 на существующем). В итоге на новом судне можно разместить 48 грузовых

автомобилей с полуприцепами, имеющими длину 12-13,5 м и дополнительно 28 легковых автомобилей.

Кроме того, следует предусмотреть перевозки рефконтейнеров, а также опасных грузов классов 1.1-1.6; 1.4S; 2.1-2.3; 3; 4.1-4.3; 5.1; 6.1; 8 и 9.

Наконец, помимо кормовой схемы грузообработки, однозначно привязанной к терминалам портов Ванино и Холмск, должна быть бортовая рампа для работы с накатной техникой прямо на причал, что позволяет применять новое судно, например, для коммерческих рейсов в Японию. В концепт должна быть заложена возможность работать по загрузке автопоездов и легковых автомобилей непосредственно на верхнюю палубу парома с береговых эстакад, которые предполагаются построить во время реконструкции терминалов линии.

Варианты загрузки нового концепта CNF11CPD представлены на рисунках 2-4.

Обоснование концепции. Предполагается, что новые паромы будут работать с использованием существующих старых паромных причалов, и, какое-то время, параллельно с действующими паромными типа «Сахалин», постепенно их вытесняя.

Следовательно, схема накатки и расположения вагонов (четыре колеи по ширине), ширина парома, система соединения с мостом остается неизменной.

При этом ограничение по условиям Холмского порта не позволяют существенно увеличить длину и осадку судна.

Существующие железнодорожные паромы имеют **первый ограниченный район плавания**.

Новые паромы имеют неограниченный район плавания и соответственно **не имеют ограничений по погоде**.

Паромы типа «Сахалин» имеют по **ОДНОМУ** винту **ФИКСИРОВАННОГО** шага в носу и в корме. Вполне нормальное решение для конца 60-х годов, когда паром проектировался (тогда это еще использовалось в практике судостроения из-за больших проблем с изготовлением мощных и надежных подруливающих устройств в СССР, сейчас же – это просто архаика).

В гидрометеорологическом отношении негативной особенностью Холмского морского торгового порта являются тягуны на внутренней акватории; стоячие волны, затрудняющие заход судов; течения вдоль берега, которые быстро разворачивают тихоходные суда на входе в порт. Вследствие этого обычной практикой в последнее время стал заход судов в порт, на повышенных скоростях хода, что повышает вероятность столкновений и навалов, создает дополнительное волнообразование и противоречит общим представлениям о безопасности плавания в портах. **Поэтому паромы нового типа должны иметь управляемость, обеспечивающую безопасный заход в порт Холмск.**

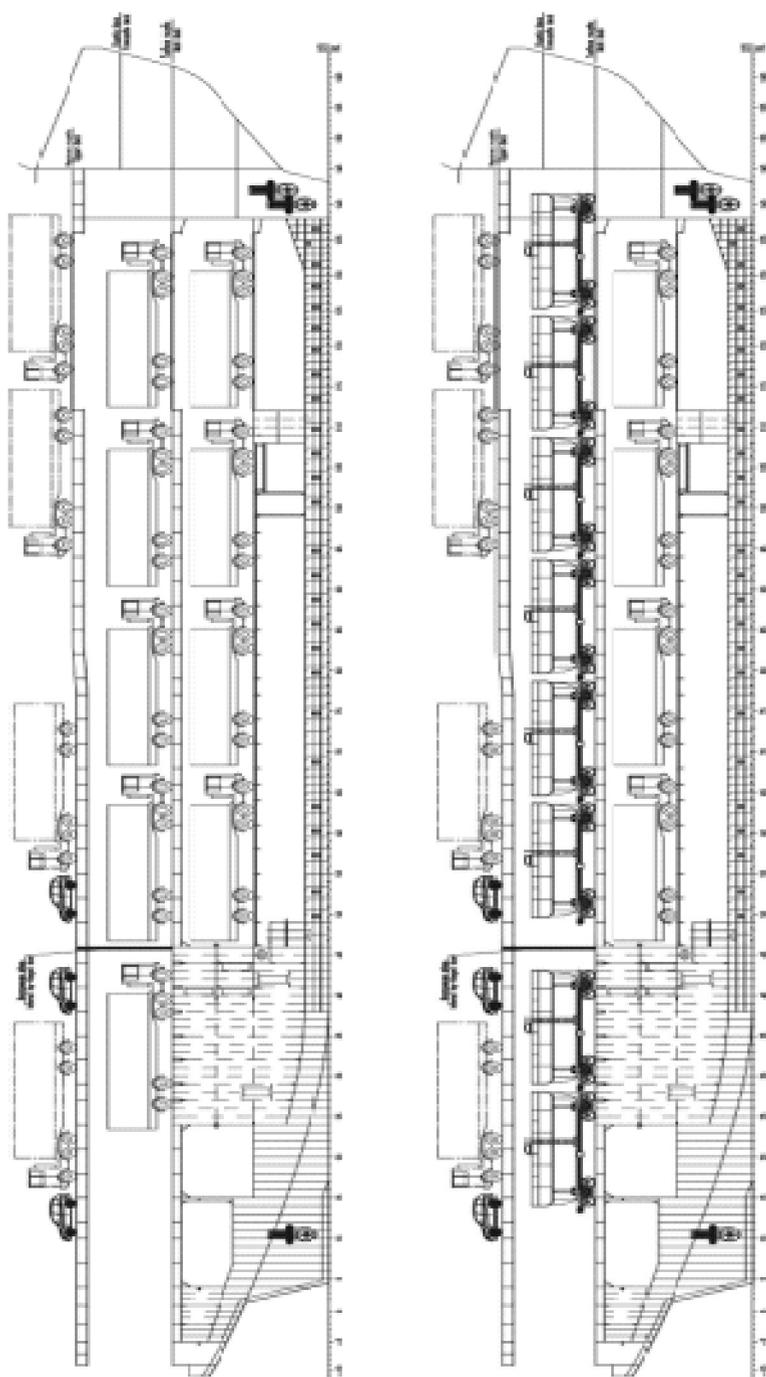


Рис. 2. Варіанти загрузки залізничного парому проекта SNFIICPD
автомобілями і ж/д вагонами (сечення по ДП)

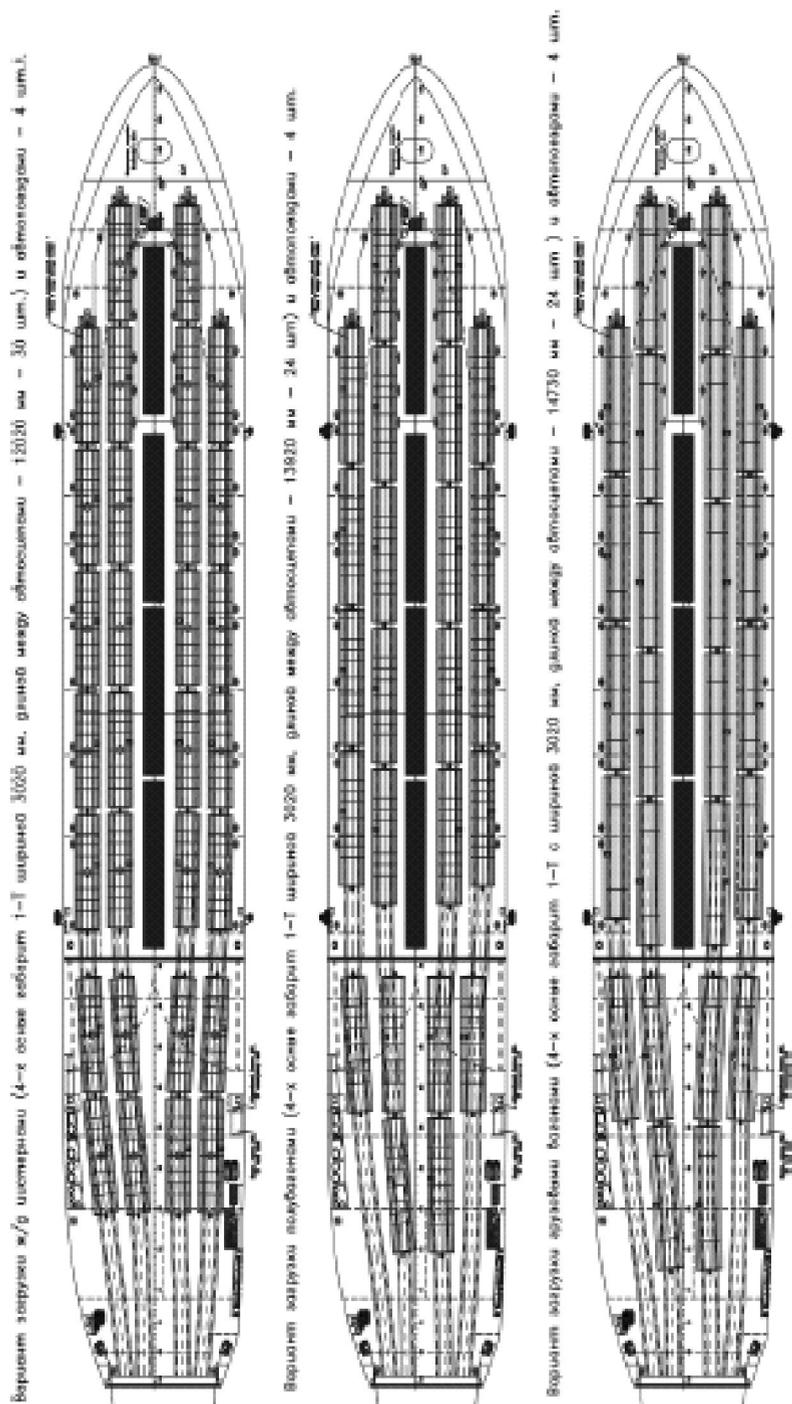


Рис. 3. Варианты загрузки железнодорожного паром проекта CNF11CPD
ж/д вагонами (главная палуба)

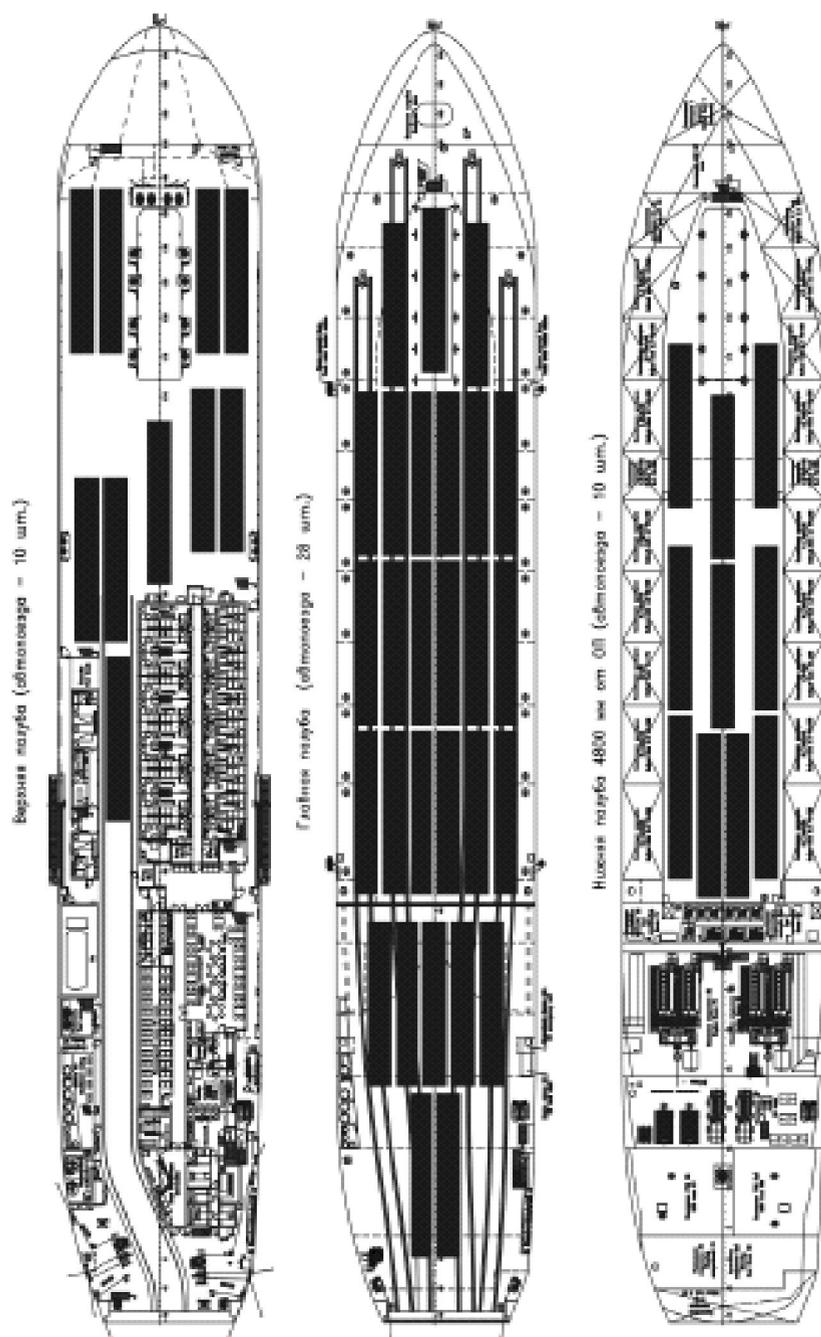


Рис. 4. Загрузка железнодорожного парома SNF11CPD автопоездами
(распределение автопоездов по грузовым палубам)

Отсюда тактика захода в порт Холмск – проскочить на хорошем заднем ходу в акваторию порта (у него ведь нет возможности «парировать» боковые усилия от ветра, от волнения, от течения – винты ведь в ДП, соответственно, на малом ходу рули бесполезны – его может просто снести в сторону).

Следует также отметить, что значительная часть установленного на паромы типа «Сахалин» оборудования снята с производства.

Тактика захода современного паромы в порт Холмск в соответствии с его возможностями совершенно другая.

Новому парому для обеспечения его управляемости не требуется опасный заход в порт на высоких скоростях. Паром движется в порту кормой вперед на скоростях меньше 3 узлов, при которых не наблюдается снижение эффективности подруливающих устройств.

Площадь парусности нового паромы (боковой профиль) в самом неблагоприятном варианте при неполной осадке 6,5 м и с автопоездами на верхней палубе составляет около 2250 м². При самом неблагоприятном направлении ветра (перпендикулярно диаметральной плоскости) только с работающими подруливающими устройствами (тяга 3х76 кН) паром может противостоять ветру со скоростью 18 узлов с нулевым (!!!) перемещением. С учетом сопротивления дрейфу и работы винто-рулевого комплекса (двухвальная установка) допустимая скорость такого ветра значительно возрастает.

Принятые решения позволяют обеспечить **самостоятельную швартовку и длительное движение задним ходом по стесненной акватории портов Ванино и Холмск**, проход ворот порта Холмск задним ходом на скорости, обеспечивающей устойчивое управление судном.

Для сведений, характеристики управляемости нового судна, нормируемые Правилами РС: параметр устойчивости на курсе $E_1 = 0,048$, параметр эффективности на мелководье $E_2 = 0,080$, параметр прямолинейности движения при штормовом ветре $E_3 = 0,079$. При этом характеристики устанавливаемых на судне рулей: нормативная эффективность одного руля $E_p = 0,062$. Суммарная эффективность рулей судна составляет $2 \times E_p = 0,124$. Таким образом, эффективность управляемости судна $0,124 / 0,080 = 1,55$, что более чем **в 1,5 раза больше нормативно требуемой**.

Особенностью линии является значительная составляющая ходового времени – примерно около 20 часов в сутки. Поэтому существенное влияние на экономичность работы судна в целом оказывают «скоростные» характеристики обводов корпуса и эффективность пропульсивного комплекса. Скорость нового паромы CNF11CPD составляет 18 узлов при 85 % использованной мощности двигателей (существующие суда имеют скорость около 16 узлов). За счет хорошо известного (для европейских паромов) решения на проекте CNF11CPD на каждый винт работают по два главных двигателя, что **позволяет на экономическом ходу держать скорость в 12 узлов, на полном – 18 узлов**. Обводы корпуса были разра-

ботаны с помощью компьютерного моделирования [6] и проверены в опытовых бассейнах ЦНИИ Крылова и Акер Арктик [5, 7, 12].

Особенностью функционирования паромной переправы «Ванино – Холмск» является сезонная самостоятельная работа в сложных ледовых условиях – 3-4 месяца в году на коротком участке перехода (в районе п. Ванино) складывается тяжелая ледовая обстановка. Значительные простои парома в ожидании ледокольной проводки, либо ее высокая стоимость в случае индивидуальной проводки, приводят к необходимости самостоятельного движения парома в тяжелых ледовых условиях, что накладывает соответствующие требования по ледовому классу судна (ARC 5).

Как показывает анализ условий эксплуатации, во время зимне-весенней навигации перспективное судно должно двигаться со скоростью около 6-8 узлов в ровном льду толщиной 80 см и со скоростью около 3 узлов в ровном льду толщиной 1,0 м.

В итоге, в результате проведенных исследований получены характеристики ходовых качеств автомобильно-железнодорожного парома проекта CNF11CPD в ледовых условиях: по результатам испытаний в бассейне предельная ледопроездимость на переднем ходу при скорости $V=3$ узла составит 1,16 метров, при скорости $V=6$ узлов составит 0,84 метра, на заднем ходу при скорости $V=1,5$ узла составит 0,68 м. Кроме того, конструктивно носовая и кормовая оконечности спроектированы по более высокой ледовой категории (Arc 7). В совокупности с ледопроездимостью на уровне ледокола Icebreaker6 это позволяет обеспечить (в отличие от существующих судов) **самостоятельную работу нового парома в тяжелых ледовых условиях на коротком участке перехода (примерно до 30 миль в районе п. Ванино)**. В свою очередь это позволит избежать значительных простоев парома в ожидании общей ледокольной проводки, либо избыточных расходов в случае индивидуальной проводки.

В свое время паромная переправа строилась для обслуживания железнодорожных перевозок, но в последнее время все большую часть на паромных маршрутах стала занимать перевозка автомобильного транспорта. Появился новый вид груза – тяжелые трейлеры (фуры) и легковые автомобили. В связи со строительством автодороги Лидога-Ванино **доля перевозок автомобильного транспорта будет расти**. Помимо перевозок автомобилей и трейлеров у грузоотправителей имеется еще один потенциально новый для паромной линии вид груза: контейнеры и ролл-трейлеры с тяжелой техникой. Поэтому при сохранении функции перевозки железнодорожных вагонов (протяженность рельсовых путей 440 пог. м при 420 на существующем), в 2,6 раза выросла вместимость по автомобилям (1036 пог. м против 394 на существующем). В итоге на новом судне можно разместить 48 грузовых автомобилей с полуприцепами, имеющим длину 12-13,5 м и дополнительно 28 легковых автомобилей.

Для обеспечения суточного рейса судна и соблюдения постоянного расписания требуется ограниченное время стоянки судна в порту, т.е. **полная грузовая и пассажирская обработка судна должна осуществляться в течение 2 часов.** Для этого на судне применяется кормовая схема накатной грузообработки посредством берегового ж/д моста, а также есть возможность загрузки верхней палубы автосоставами через береговую стационарную эстакаду. Кроме того, для использования парама в нештатном рейсе установлена бортовая рампа-закрытие для погрузки/выгрузки различной колесной техники.

В итоге, были получены основные характеристики автомобильно-железнодорожного парама проекта CNF11CPD, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные характеристики автомобильно-железнодорожного парама проекта CNF11CPD

Параметр	Величина
1	2
Главные размерения	
Длина максимальная, м	131,00
Длина по КВЛ, м	124,02
Ширина габаритная (с учетом привальных брусьев), м	22,60
Ширина, м	22,20
Высота борта до главной палубы, м	10,10
Высота борта до верхней палубы, м	16,15
Осадка по КВЛ (проектная), м	7,00
Дедвейт (около), т	6420
Число грузовых палуб	3
Протяженность рельсовых путей (главная палуба), м	440
Грузовместимость судна по железнодорожным составам	
Ж/д цистерны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 12020 мм (4-х осные), шт.	30
Полувагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 13920 мм (4-х осные), шт.	24
Грузовые вагоны габарита Т-1 с длиной между автосцепами 14730 мм (4-х осные), шт.	24
Протяженность полос для автотехники, м	1036

Продолжение табл. 3

1	2
Грузовместимость судна по автомобильной технике	
Грузовой автомобиль с полуприцепом, имеющим длину 12-13,5 м (автопоезд) без перевозки ж/д вагонов на главной палубе, шт.	48
Грузовой автомобиль с полуприцепом, имеющим длину 12-13,5 м (автопоезд) при перевозке вагонов на главной палубе, шт.	15
Легковой автомобиль (дополнительно), шт.	28
Грузовой лифт, число x грузоподъемность, т	1 x 55
Бортовая аппарель (ПрБ) L x B, м	14,7 x 4,4
Пассажировместимость судна, чел.	150
Пассажирских мест в улучшенных одноместных каютах с санузелом	5
Пассажирских мест в двухместных каютах с санузелом	42
Пассажирских мест в трехместных каютах с санузелом	9
Пассажирских мест в четырехместных каютах с санузелом	44
Пассажирских мест в креслах салона	50
Ресторан, мест	76
Помещения для отдыха пассажиров	Салоны отдыха в составе пассажирских вестибюлей, Интернет кафе
Дополнительные помещения для обслуживания пассажиров	Багажная кладовая, Блок душевых и WC, WC для людей с ограниченными возможностями
Спортивно-оздоровительный комплекс	Тренажерный зал, сауна с бассейном
Пассажирский лифт	1 x 4 чел
Численность экипажа и обслуживающего персонала, чел.	35
Класс Российского Морского Регистра Судоходства	КМ ★ Arc5 AUT1-ICS OMBO ANTI-ICE ECO Ro-ro passenger ship
Мощность ГД, кВт	4 x 4640
Винто-рулевой комплекс	2 x ВРШ +2 полуподвесных полубалансирных руля

Продолжение табл. 3

1	2
Носовое подруливающее устройство, кВт	2 x 500
Кормовое подруливающее устройство, кВт	1 x 500
Вспомогательная энергетическая установка /АДГ, кВт	3 x 760 / 1 x 100
Скорость полного хода, узл.	18,0
Скорость эконома хода, узл.	12,0
Ледопроемкость при осадке 7,0 м	не менее 3,0 узлов в ровном сплошном льду толщиной 1,0 м и 6-8 узлов во льду толщиной до 80 см
Спасательные моторные шлюпки	2 x 100 чел. + 2 дежурные
Эвакуационные системы с надувными спасательными плотами	4 x 100 чел.
Спасательные сбрасываемые плоты	2 x 35 чел.

Общее расположение железнодорожного парома CNF11CPD проекта представлено на рисунках 5-7.

Как показал опыт, снижение эксплуатационных показателей работы действующих паромов типа «Сахалин» в связи с физическим износом корпуса и судового оборудования привели к увеличению времени перехода паромом с 8 часов до 14-18 часов. В свою очередь, это повлекло отказ от сидячих пассажирских авиакресел по Санитарным правилам и самостоятельное переоборудование кают со спальными местами. При этом пассажироместимость существующих паромов, как уже отмечалось ранее, востребована полностью, так как из-за высокой стоимости авиабилетов именно паром стал единственно возможным способом пассажирских сообщений для большинства населения Сахалина. Перевозка пассажиров происходит с сезонным колебанием их количества. Дополнительно возникает потребность перевозки сезонных рабочих, воинского личного состава, перевозки пассажиров с личными автомобилями. **На новом концепте (в грузопассажирском варианте) размещается 150 пассажиров**, из них 5 в в улучшенных одноместных каютах, 42 – в двухместных каютах с санузелом, 9 – в трехместных каютах, 44 – в четырехместных каютах и 50 – в креслах салона.

Ресторан на 76 посадочных мест обеспечивает двухсменное обслуживание всех пассажиров.

Помещения для отдыха пассажиров: Салоны отдыха в составе пассажирских вестибюлей, интернет кафе, салон для курения.

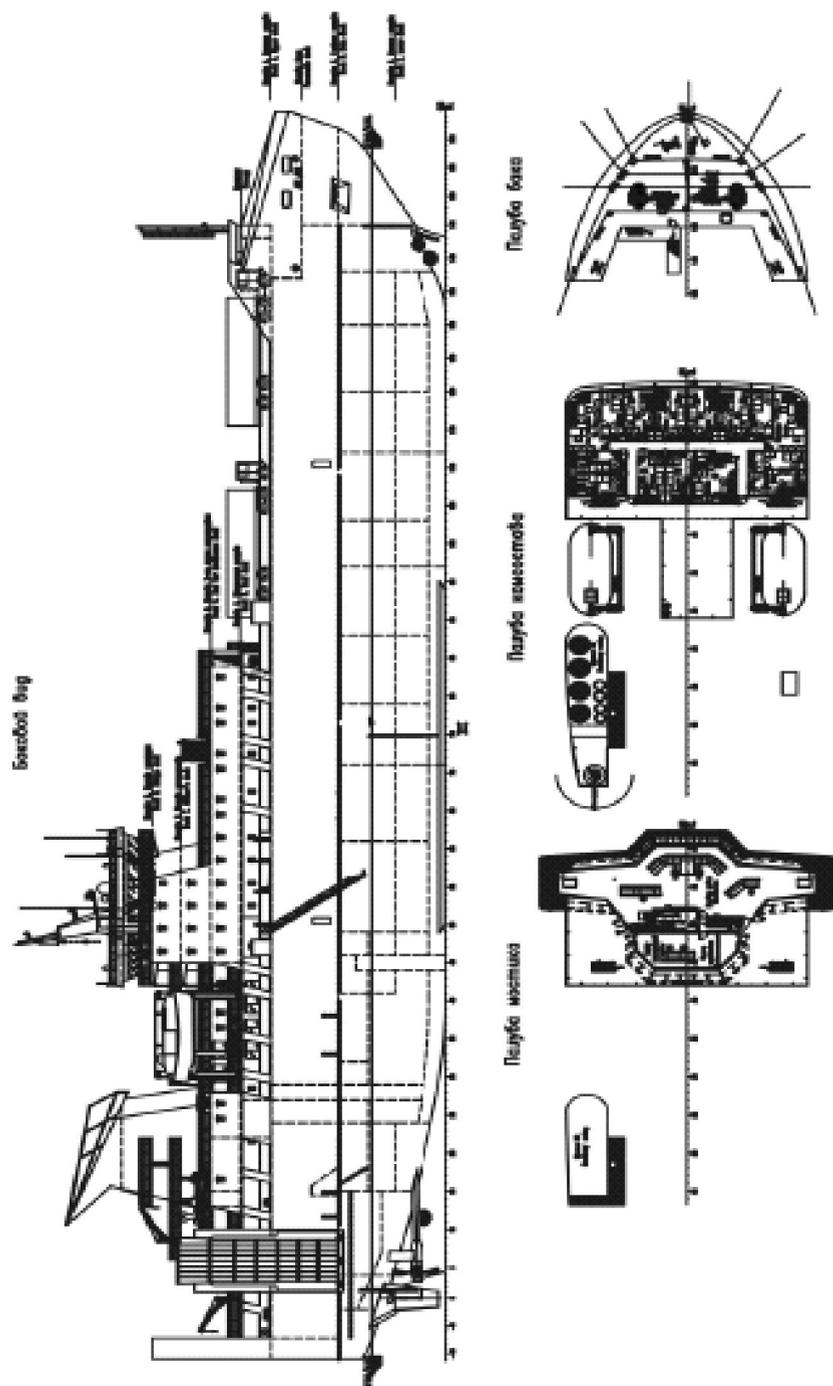


Рис. 5. Общее расположение железнодорожного паром проекта CNF11CPD

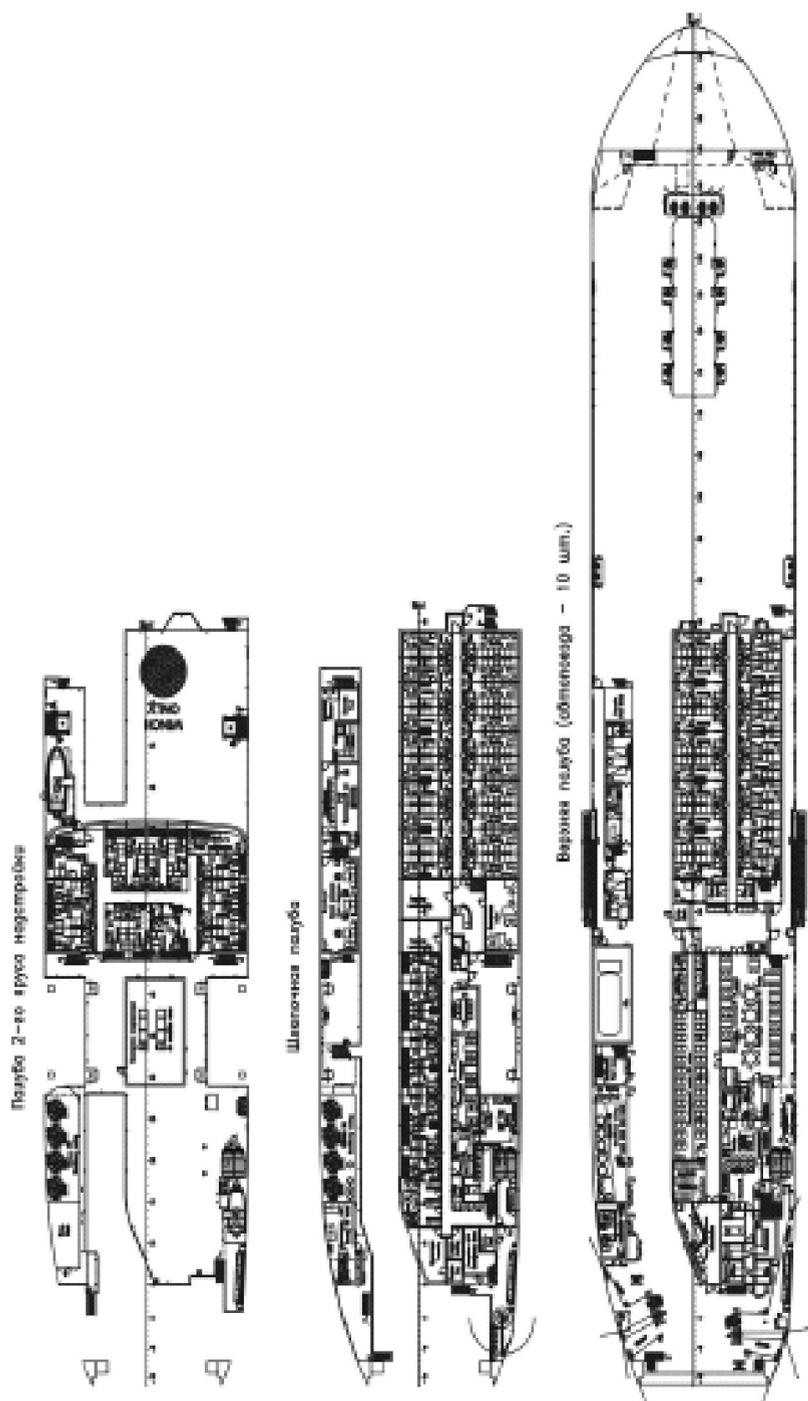


Рис. 6. Общее расположение железнодорожного паром проекта CNFI/CPD

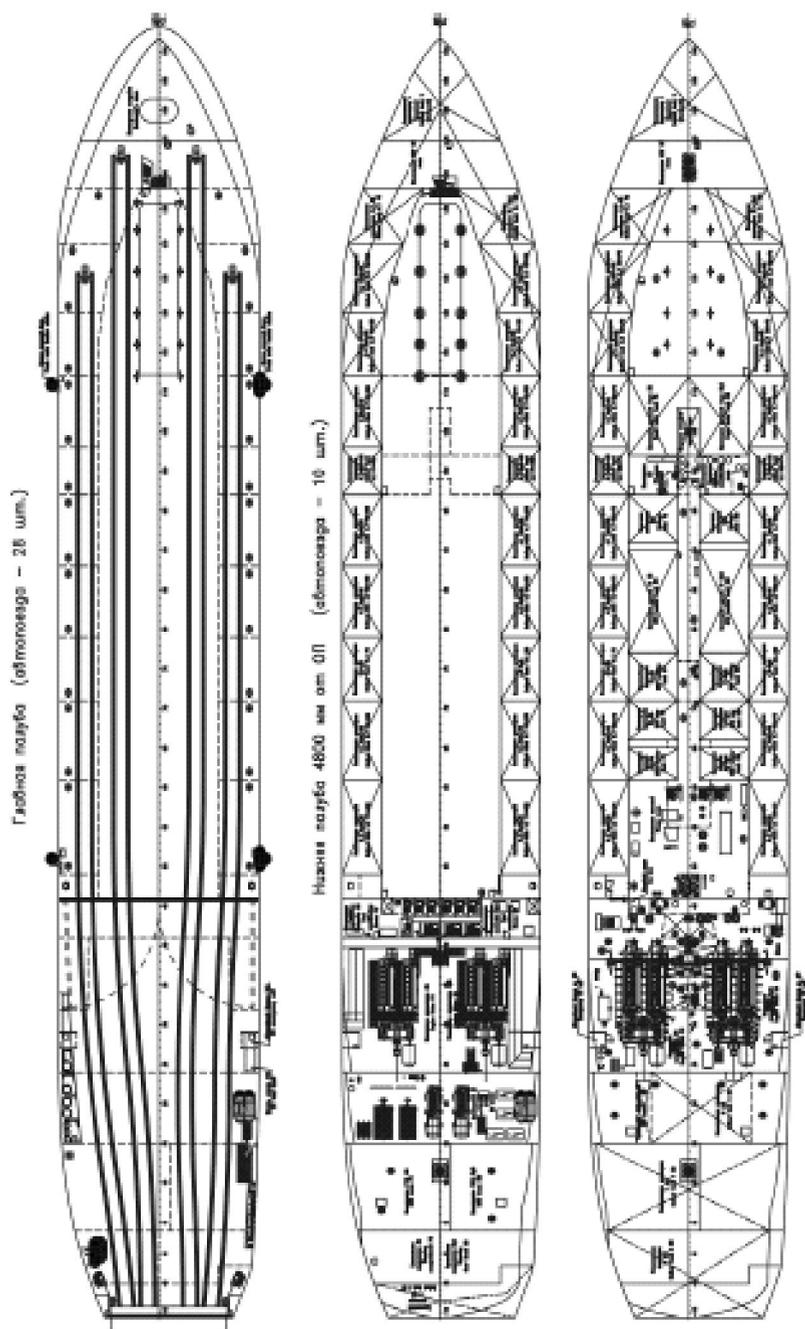


Рис. 7. Общее расположение железнодорожного парма проекта CNF11CPD

Дополнительные помещения для обслуживания пассажиров: багажная кладовая, блок душевых и WC (для пассажиров, размещаемых в креслах салона), общественный WC для людей с ограниченными возможностями.

Медицинский блок включает в себя кабинет врача, совмещенный с амбулаторией, стационар на два места, изолятор на одно место.

Весь экипаж размещается в одноместных каютах с естественным освещением с индивидуальными санузлами. Для капитана, старшего помощника капитана и старшего механика предусмотрены 3 блок-каюты, состоящие из кабинета-салона, спальни и санузла. Спортивно-оздоровительный комплекс для экипажа включает в себя тренажерный зал, сауну с бассейном.

Поскольку разница уровней между МО и шлюпочной палубой (жилыми и общественными помещениями) по высоте превышает 10 м, для перемещения экипажа предусмотрен лифт грузоподъемностью до 3-х чел.

Для обеспечения кругового рейса судна за одни сутки и соблюдения постоянного расписания время стоянки судна в порту ограничено – полная грузовая и пассажирская обработка судна должна осуществляться в течение 2 часов. Для этого на судне применяется кормовая схема накатной грузообработки посредством берегового ж/д моста, а также есть возможность загрузки верхней палубы автосоставами через береговую стационарную эстакаду. Кроме того, для использования паррома в нештатном рейсе установлена бортовая рампа-закрытие для погрузки/выгрузки различной колесной техники. Для погрузки/выгрузки автотехники с главной палубы на нижнюю палубу и на верхнюю палубу предусмотрен грузовой двухярусный лифт грузоподъемностью 55 т длиной 17,40 м.

Спасательные средства паррома включают в себя 2 закрытые моторные спасательные шлюпки вместимостью по 100 человек каждая в которых могут разместиться все находящиеся на борту судна люди, дежурную шлюпку вместимостью 6 человек и скоростную дежурную шлюпку вместимостью 15 человек. На судне предусматриваются 2 современные морские эвакуационные системы с закрытыми спасательными плотами и эвакуационным рукавом для спуска в плоты (по 1 с каждого борта). Пропускная эвакуационная способность до 582 человек за 30 минут. Предусмотрено также средство подъема людей из воды, обслуживаемое СПУ дежурной шлюпки.

Место для подъема людей при срочной эвакуации вертолетом предусмотрено на открытой площадке палубы второго яруса надстройки.

Деление судна на отсеки удовлетворяет современным требованиям к непотопляемости пассажирских судов. Для обеспечения деления на два водонепроницаемых отсека грузового пространства на главной палубе предусмотрено двухстворчатое водонепроницаемое закрытие.

Сравнение характеристик существующих паромов типа «Сахалин» (проект 1809) с новым паромом проекта CNF11CPD приведены в таблице 4.

Таблица 4

*Сравнение характеристик существующих паромов типа «Сахалин»
 (проект 1809) с новым паромом проекта CNF11CPD*

Наименование характеристики	«Сахалин» проект 1809	проект CNF11CPD
Длина габаритная, м	127,30	131,00
Ширина габаритная, м	20,32	22,60
Ширина расчетная, м	19,80	22,20
Высота борта до ГП, м	8,80	10,10
Высота борта до ВП, м	14,70	16,15
Осадка, м	6,00-6,60	6,00-7,00
Мощность ГД, кВт	6x1910	4x4640
Скорость максимальная, узл.	16,0	18,0
Район плавания по мореходности	Ограниченный R1	Неограниченный
Ледопроходимость	Не регламентирована	Со скоростью не менее 3,0 узлов в ровном сплошном льду толщиной 1,0 м и 6-8 узлов во льду толщиной до 80 см
Протяженность рельсовых путей, м	420	440
Протяженность полос для автотехники, м	394	1036
Количество пассажиров (каютных), чел.	82	100
Количество пассажиров (салонных), чел.	38	50

Создание обводов корпуса нового парома. Ходовое время на линии «Ванино-Холмск» у парома составляет приблизительно 80-90 % кругового рейса. Поэтому остро стоит вопрос нахождения оптимального варианта обводов корпуса.

Зимняя навигация в Татарском проливе часто характеризуется «ледяными штормами», когда наблюдается штормовое волнение при наличии на поверхности моря битого льда. Во время таких штормов на палубу судов нередко попадают ледяные глыбы, которые производят значительные повреждения. При сильном морозе наветренная сторона судна покрывается толстым слоем льда. При ледяных штормах в районах сплочения и сжатия льда происходит быстрое торошение.

Как показывают наблюдения, которые ведутся с 1971 года, достаточно частые циклоны с северо-западным, северным и восточным ветрах приводят к тому, что подходы на 20-30 миль к порту Ванино забиты льдом и суда ждут улучшения погоды или ледокола.

При ветре силой выше 15 м/с лед набивается вдоль береговой черты, смерзается и превращается в сплошной припай с наслоениями и торосами. Вдоль припая под действием северо-восточного ветра весьма интенсивно дрейфуют ледовые поля, возникает «ледовая река».

Как правило, интенсивное ледообразование начинается в середине декабря-начале января, к середине февраля лед имеет наибольшую толщину, к середине марта море очищается ото льда. Наиболее позднее окончание ледовой проводки было отмечено 18 апреля 1984 года [1].

При появлении «ледовой реки» в порт Ванино разрешается заход судов с ледовой категорией ARC 5 и выше.

Но, как показывает происшествие с танкером «Игрим» с ледовой категорией УЛ (ARC 5) и мощностью главного двигателя 7,8 МВт, когда он был прижат «ледовой рекой» к припою на дистанции 3 кабельтова от береговой черты, в тяжелых случаях требуется категория УЛА (ARC 7) [1].

В зиму 2011-2012 года простои 143 судов в ожидании погоды составили 299 суток, в 2013 году ледовые ограничения по классу объявлялись на 52 дня, в 2014 году – на 26 дней [4, 10].

Поэтому корпус должен иметь обводы достаточно скоростного судна и одновременно обеспечивать сезонную самостоятельную работу в тяжелых льдах (3-4 месяца в год, на небольшом протяжении перехода). Т.е. форма корпуса должна обеспечивать как высокие ледокольные, так и высокие ходовые качества судна, что, как известно, всегда трудно достижимо.

Этим требованиям отвечают два альтернативных решения по форме корпуса:

- оптимизированная ледокольная;
- СДД (Судно двойного действия).

Поэтому на начальном этапе проектирования были выполнены эскизные проекты **четырёх** вариантов парома:

- вариант 1 автомобильно-железнодорожного парома CNF11C с перевозкой 12 пассажиров, с двухвальной дизельной энергетической установкой с оптимизированной ледокольной формой обводов;

- вариант 2 автомобильно-железнодорожного парома CNF11CD в концепции судна «двойного действия» с перевозкой 12 пассажиров, с перевозкой опасных грузов, с дизель-электрической энергетической установкой и 2 винто-рулевыми колонками (азиподами) с формой обводов судна двойного действия;

- вариант 3 автомобильно-железнодорожного-пассажирского парома CNF11CP в концепции судна «двойного действия» с перевозкой 12 пассажиров, с дизель-электрической энергетической установкой и

2 винто-рулевыми колонками (азиподами) с формой обводов суда двойного действия;

- вариант 4 автомобильно-железнодорожного-пассажирского парома CNF11CPD с перевозкой опасных грузов, с двухвальной дизельной энергетической установкой с оптимизированной ледокольной формой обводов.

Боковые виды представлены на рисунке 8.



Рис. 8. Эскизные варианты нового концепта

Оптимизированная ледокольная форма. Этот вариант обводов имеет носовую оконечность с форштевнем ледового типа и транцевую кормовую оконечность со скегом-стабилизатором в ДП.

Теоретический чертеж первого варианта с форштевнем ледового типа представлен на рис. 9.

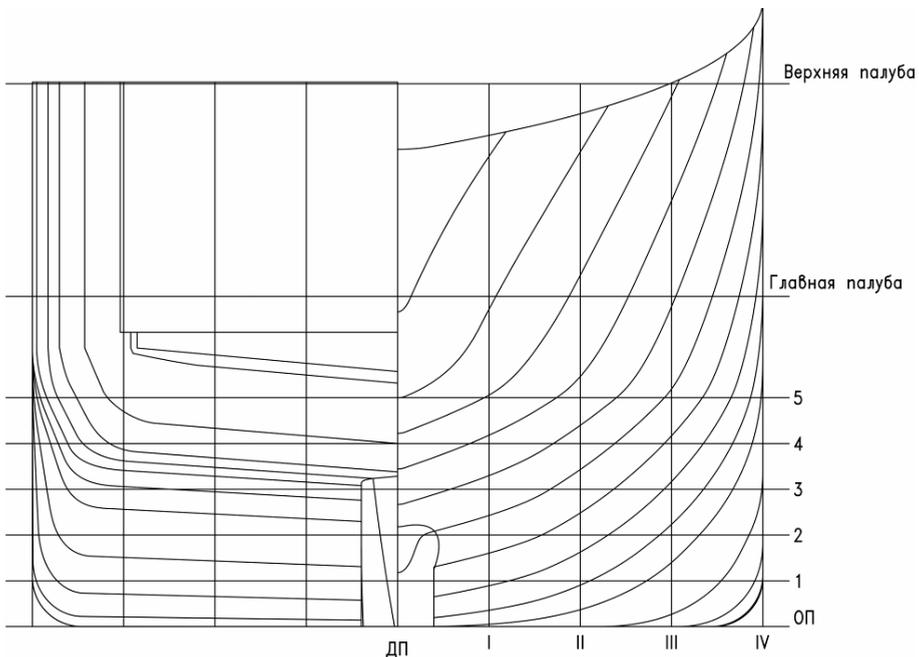


Рис. 9. Теоретический чертеж варианта с форштевнем ледового типа

Форма корпуса судна двойного действия. Форма корпуса СДД, предложенная компанией Акер Арктик, соединяет ледокольные обводы и обводы скоростного судна. Носовая часть выполняется как у скоростного судна с бульбом, кормовая часть выполняется как у ледокольного судна. Движение в тяжелых льдах осуществляется кормой вперед.

Теоретический чертеж варианта СДД представлен на рисунке 10.

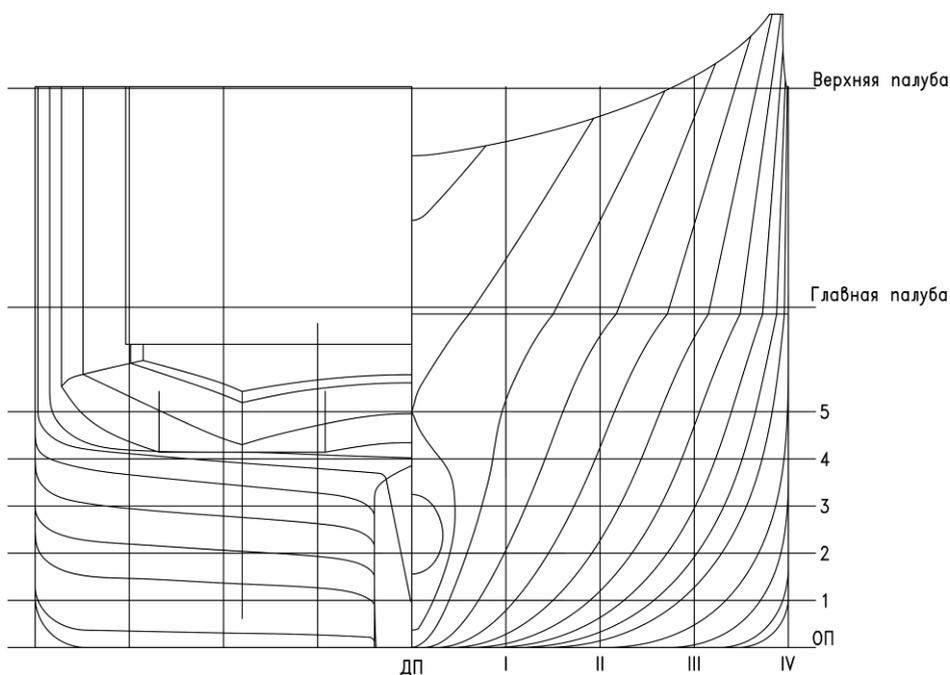


Рис. 10. Теоретический чертеж варианта СДД

В качестве движителей были предусмотрены две винторулевые колонки (ВРК) типа Azipod.

Результаты численного моделирования. С целью предварительного определения ходовых качеств в заданном диапазоне скоростей на первом этапе было произведено численное моделирование (см. рисунки 11, 12) буксировочных испытаний аналитической 3D модели корпусов с помощью вычислительной гидродинамики [6].



Рис. 11. Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па)

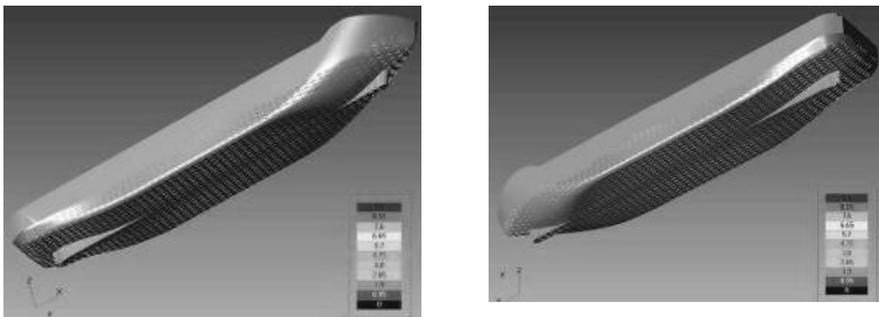


Рис. 12. Векторы скорости у поверхности корпуса (шкала в м/с)

Испытания в ледовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Для проверки ледовых качеств форм корпусов были произведены модельные испытания в ледовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [7].

Для определения ледового сопротивления корпуса на переднем ходу была использована методика буксировки модели.

Для испытаний по определению ледового сопротивления при движении модели задним ходом, на модели были установлены винты. При выполнении буксировки на задний ход в ледяных полях гребные винты приводились во вращение. Скорость вращения гребных винтов составляла 12,8 оборотов в секунду. На натурном судне наличие работающих гребных винтов приводит к образованию струи и размыву ледяной рубашки на корпусе судна. Работающие на модели гребные винты обеспечивали моделирование этого эффекта.

Соотношение между моделируемыми параметрами и полноразмерного судна приведены в таблице 5.

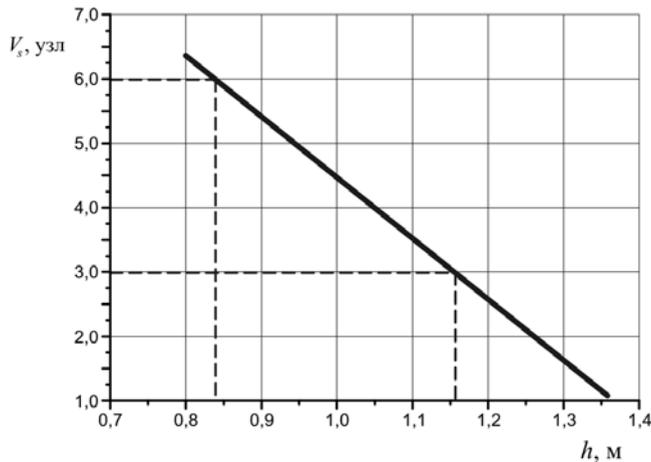
Таблица 5

*Соотношение между моделируемыми параметрами
и параметрами полноразмерного судна*

Наименование характеристики	Модель	Судно
Толщина льда, м	0,038	0,8
	0,057	1,2
Предел прочности льда на изгиб, кПа	23,5	500
Скорость буксировки:	0,3	2,69
Модель, м/с	0,2	1,79
Судно, узлы	0,1	0,9

По результатам обработки данных проведенного эксперимента, предельная ледопроемкость на передний ход при скорости хода $V = 3$ узла составляет 1,16 м, при скорости хода $V = 6$ узлов – 0,84 м.

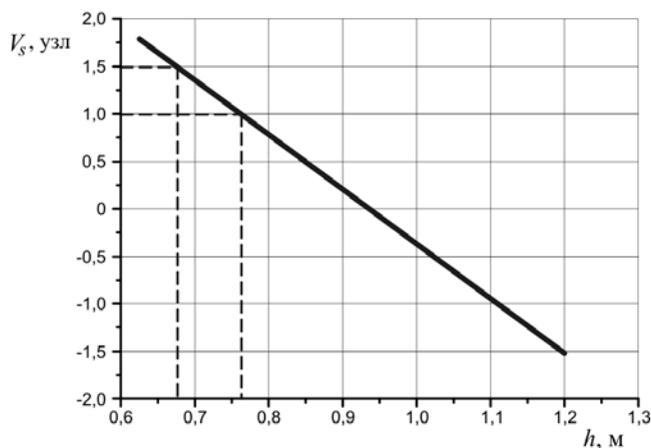
Кривая ледопроемкости судна при движении носом вперед представлена на рисунке 13.



*Рис. 13. Ледопроемкость парома
(вариант с ледокольным форштевнем) при движении носом вперед*

По результатам обработки данных проведенного эксперимента, предельная ледопроемкость на задний ход при скорости хода $V = 1,5$ узла, составляет 0,68 м.

Кривая ледопроемкости судна при движении кормой вперед представлена на рисунке 14.



*Рис. 14. Ледопроемкость парома
(вариант с ледокольным форштевнем) при движении кормой вперед*

Испытания в ледовом бассейне Aker Arctic Technology Inc (AARC), Финляндия. Модель варианта СДД испытывалась в ледовом бассейне AARC [12].

Модель была изготовлена AARC в масштабе 1:22.46 и оборудована двумя азимутальными винто-рулевыми колонками тянущего типа с наборными винтами.

Поверхность модели была подготовлена по специальным стандартным методам AARC для достижения корректного моделирования трения между льдом и моделью, соответствующему свежеокрашенному корпусу судна и морскому льду.

Ледопробитность модели испытывалась для двух толщин льда как при движении носом вперед (см. рис. 16), так и при движении кормой вперед (рис. 15 – основной вариант движения во льду).

Испытания модели осуществлялись в самоходном режиме с целью определения ожидаемой достижимой скорости в тестируемых ледовых условиях.

Испытания проводились в ровном сплошном льду, в канале в битом льду (см. рис. 17) и в торосах. Серия испытаний проводилась в сплошном ледяном поле с толщиной льда соответствующей реальному льду толщиной 0,8 и 1,0 м.

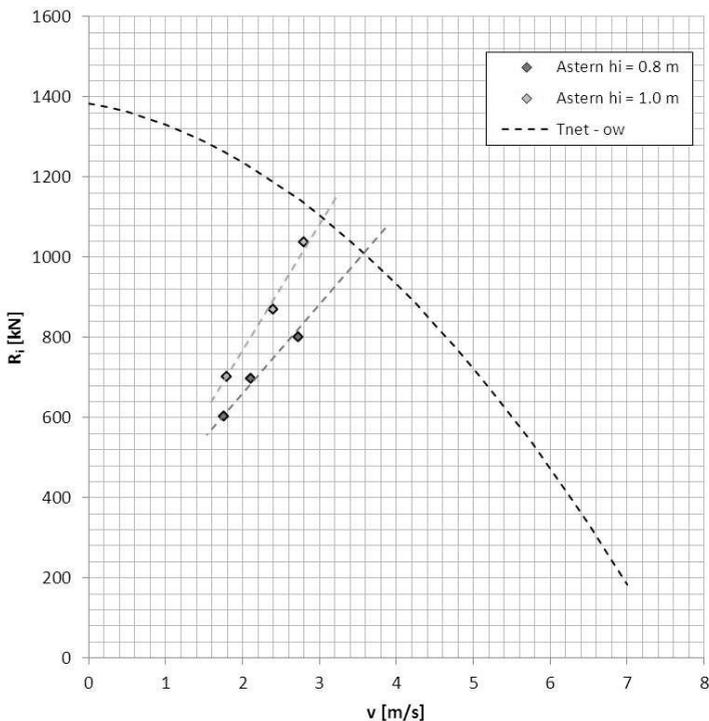


Рис. 15. Ледопробитность в сплошном льду при движении кормой вперед

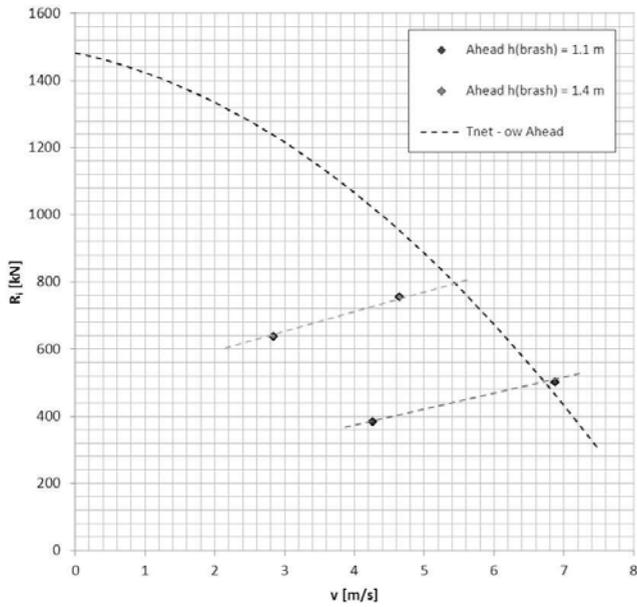


Рис. 16. Ледопробитність в каналі в битом льоду при русі носом вперед

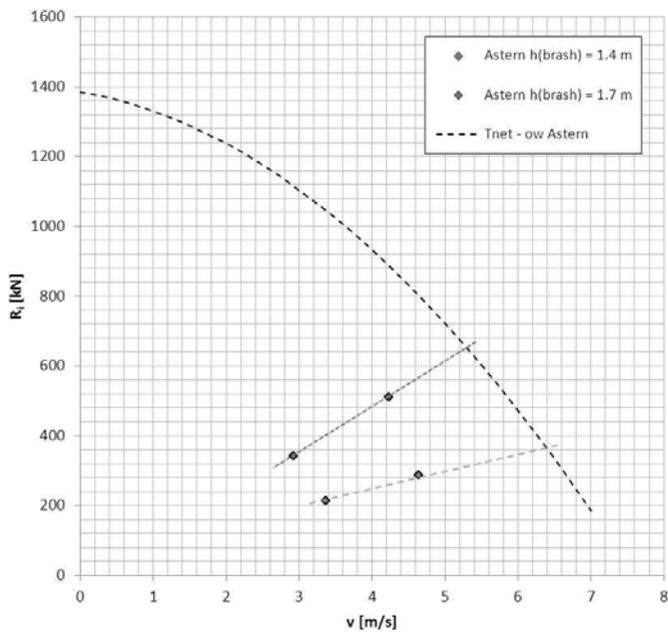


Рис. 17. Ледопробитність в каналі в битом льоду при русі кормой вперед

Модельные испытания мореходных качеств. Для проверки мореходных качеств форм корпусов были произведены самоходные модельные испытания в бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [4].

Результаты расчётов ходовых и тяговых характеристик выполненных на основании проведенных модельных испытаний, представлены на рисунке 18.

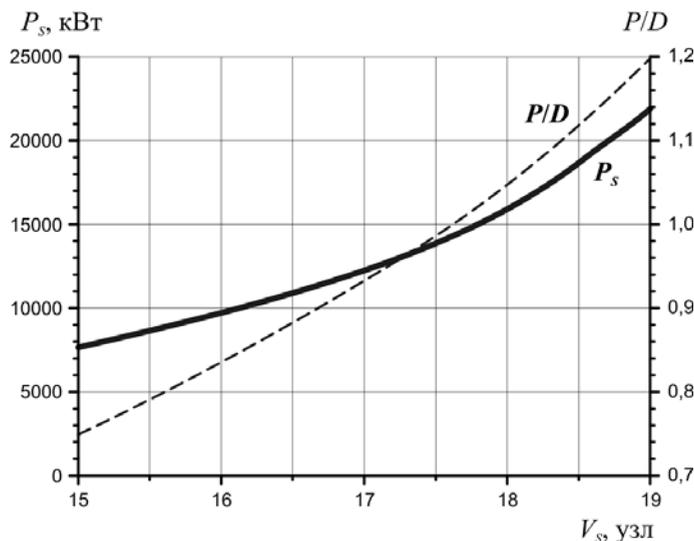


Рис. 18. Зависимости потребляемой мощности P_s и потребного шагового отношения P/D от скорости хода V_s . Передний ход

Экспериментальных исследований мореходности парома производились для условия встречного нерегулярного волнения силой 5 баллов ($H_{3\%} = 3,5$).

Амплитуды качки с обеспеченностью 3 %, не превосходят следующих значений: килевая качка – 1,3 °, вертикальная качка – 0,4 м. Заливание парома наблюдалось только при скорости 19 узлов. Средняя частота заливания носовой оконечности парома не превышает 20 раз в час.

В целом, испытания подтвердили достаточную мореходность принятых обводов судна.

Выбор типа и мощности СЭУ. Особенностью линии является значительная составляющая ходового времени – примерно около 20 часов в сутки. Поэтому существенное влияние на экономичность работы судна в целом оказывают «скоростные» характеристики обводов корпуса и эффективность пропульсивного комплекса.

По требованиям Заказчика новый паром должен иметь эксплуатационную скорость 18 узлов на свободной от льда воде и иметь высокие показатели ледопроеходимости (скорость 3 узла во льду толщиной 1,0 м и

6-8 узлов во льду толщиной 0,8 м) (см. рисунок 19). Определяющими мощность энергетической установки в данном случае оказались требования обеспечения скорости хода на чистой воде и во льду толщиной 0,8 м.

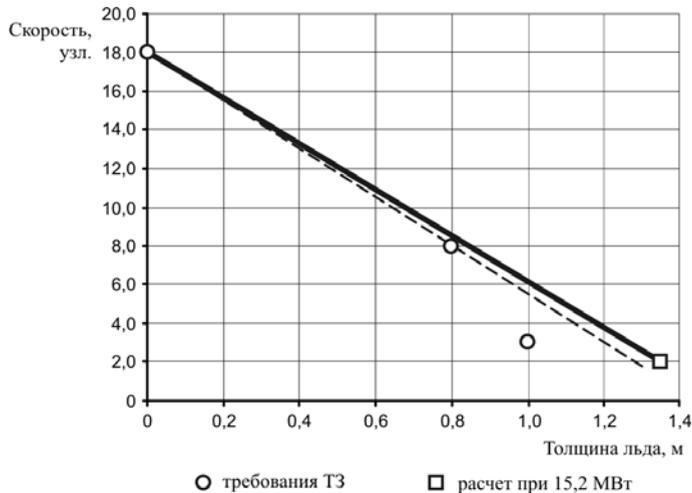


Рис. 19. Соотношение скорости и ледопроеходимости при мощности 15,2 МВт

Применение винторулевых колонок (ВРК) типа Azipod для варианта СДД определило выбор дизель-электрической энергетической установки.

Для варианта паромы с форштевнем ледового типа в качестве пропульсивного комплекса выбрана двухвальная дизель-редукторная энергетическая установка с винтами регулируемого шага. СЭУ состоит из 4 главных двигателей. На каждый винт работают по два главных двигателя, что позволяет обеспечивать работу дизелей в оптимальном режиме: на экономическом ходу держать скорость в 12 узлов (работают по 1 дизелю в каждой паре), на полном – 18 узлов работают все 4 дизеля.

Дальнейший анализ показал, что строительная стоимость судна с оптимизированной ледокольной формой обводов и дизель-редукторной энергетической установке меньше, чем судна с двойным действием, при полном выполнении всех требований технического задания. Поэтому для дальнейшего проектирования был выбран вариант паромы с форштевнем ледового типа.

Заключение. Таким образом, Морским Инженерным Бюро был создан проект CNF11CPD автомобильно-железнодорожного паромы нового поколения для линии «Ванино-Холмск», который обеспечивает по сравнению с существующими судами типа «Сахалин»:

- повышенные грузовые свойства (вместимость по грузовикам в 2,6 раза больше);

- не имеет ограничений по погоде (неограниченный район плавания);

- может работать в тяжелых ледовых условиях (во льду толщиной 80 см скорость около 6-8 узлов и во льду толщиной 1,0 м скорость около 4,5 узлов);

- в состоянии выполнять самостоятельные (несколько раз в сутки) швартовки без буксирного обеспечения, длительное движение задним ходом по стесненной акватории порта Холмск;

- выдерживает суточный цикл кругового рейса (скорость в эксплуатации 18 узлов);

- 2-х часовую стоянку при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Новый концепт (в варианте CNF11CPD) перевозит до 150 пассажиров, может перевозить опасные грузы.

Установленное на судно оборудование позволяет работать на переходе как на полных, так и на долевых режимах нагрузки, проводить требуемое техническое обслуживание главных двигателей без вывода парама из эксплуатации.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В. Ледовые преграды на пути к Ванино // *Морские порты*. – 2009. – № 7 (78). – С. 66-69.
2. Емельянов Г. Шаг на Сахалин, шаг в Японию // *Эксперт*. – 2012. – № 49 (831). – С. 113-115.
3. Ермакова Е. Нет паромов? Будет мост! // *Морские порты*. – 2010. – № 10 (91). – С. 54-57.
4. Ибрашов П. Зимняя навигация // *Морские порты*. – 2014. – № 2 (123). – С. 40-43.
5. Исследование мореходных качеств автомобильно-железнодорожного парама / ФГУП Крыловский Государственный Научный Центр. Научно-технический отчет. – Вып. 47198. – СПб., 2013.
6. Исследование ходовых качеств морского парама / *Digital Marine Technology*. – Техн. отчет DMT-13-003. – Одесса, 2013.
7. Модельные испытания автомобильно-железнодорожных паромов на чистой воде и в ледовых условиях / ФГУП Крыловский Государственный Научный Центр. Научно-технический отчет. – Вып. 47189. – СПб., 2013.

8. *Мытник Н.А., Бурменский А.Д. Кораблестроение Комсомольска-на-Амуре – освоению Сахалина // Мореходство и морские науки-2008: избранные доклады Первой Сахалинской региональной морской научно-технической конференции (12 февраля 2008 г.) / Под ред. В.Н. Храмушина. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2008.*
9. *Рачков А.С., Бубнов К.П., Евстифеев В.А. Морской паром Сахалин // Судостроение. – 1972. – № 6 (415). – С. 3-7.*
10. *Татаринов Н. Суровая зима в порту Ванино // Морские порты. – 2012. – № 2 (103). – С. 34-36.*
11. *Шевченко Г.В., Ковалев П.Д., Ковалев Д.П. Резонанс волн на паромной переправе // Мир транспорта. – 2012. – № 1 (39). – С. 58-65.*
12. *Model Test in Ice of a double-acting Ferry / AARC Report A-487, 2013.*

Стаття надійшла до редакції 16.03.2015

Рецензенти:

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

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

УДК 629.5.01

Н.Н. Кабанова, А.И. Уролов

**ОСОБЕННОСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДНА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ САД-СИСТЕМ**

В процессе дипломного проектирования выполнено создание трехмерной модели нефтеналивного судна, а также расчет его параметров с помощью специализированных автоматизированных систем. Показана целесообразность использования современных компьютерных технологий, позволяющих уменьшить временные затраты и трудоемкость операций, относящихся к стадиям предэскизного проектирования, а также обеспечить их выполнение на современном инженерно-техническом уровне.

Ключевые слова. САПР, Aveva Marine Initial Design, танкер, предэскизное проектирование судна.

У процесі дипломного проектування виконано створення тривимірної моделі нафтоналивного судна, а також розрахунок його параметрів за допомогою спеціалізованих автоматизованих систем. Показано доцільність використання сучасних комп'ютерних технологій, що дозволяють зменшити витрати часу та трудомісткість операцій, які відносяться до стадій передескізного проектування, а також забезпечити їх виконання на сучасному інженерно-технічному рівні.

Ключові слова. САПР, Aveva Marine Initial Design, танкер, передескізне проектування судна.

The three-dimensional model of tanker was created and its characteristics was calculated by the specialized automated systems applying during process of diploma project. The expediency of modern computer technologies applying is shown. The technologies are allow to reduce the working time and laboriousness of conceptual design stages and ensure modern engineering and technical level of their implementation.

Keywords. CAD system, Aveva Marine Initial Design, oil tanker, conceptual ship design.

Введение. Разработка проекта судна, выполняемая в рамках дипломной работы, является переходом между процессом обучения и будущей профессиональной деятельностью студента, поэтому уровень его подготовки должен максимально соответствовать условиям реальной работы, что подразумевает наличие практических навыков использования современных инструментов проектирования. В качестве примера таких инструментов можно привести такие автоматизированные системы про-

ектирования как *Rhiniceros*, *Aveva Marine*, *PropCad*, которые могут быть использованы студентами при выполнении дипломного проекта

Важность и эффективность автоматизации процесса проектирования нашли отражение в статье [1]. При проектировании судов широкое применение получила система *Aveva Marine*, позволяющая упростить создание, настройку и управление проектом и его данными [2, 3].

Цель статьи состоит в обосновании необходимости использования современных CAD систем в процессе дипломного проектирования.

Задание на дипломный проект для получения степени бакалавр по специальности Корабли и океанотехника базируется на стадиях предэскизного и эскизного проектирования судна. Исходными данными для этого задания являются тип и количество груза, эксплуатационная скорость и дальность плавания. В состав проекта входят разделы, содержащие методики, связанные с теорией корабля, основами проектирования судна и судовых устройств, расчетами корпусных конструкций и их прочности, разработкой технологической документации.

Для уменьшения трудоемкости описываемого процесса и приведения его к современному уровню, кафедрами кораблестроительного института Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова широко используются различные системы автоматизированного проектирования (САПР). Одной из наиболее мощных CAD-систем, обеспечивающей решение проблемы сквозного проектирования судна является *Aveva Marine*. Одной из базовых частей рассматриваемого программного комплекса является *Aveva Marine Initial Design*, впервые примененная при работе над дипломным проектом судна, которая позволяет выполнить все задачи, связанные с этапом предэскизного проектирования.

Рассмотрим в качестве примера проектирование в среде *Aveva Marine* танкера грузоподъемностью 66600 т.

Судно предназначено для транспортировки нефти и нефтепродуктов, однопалубное, с кормовым расположением машинного отделения, с 11-ю поперечными водонепроницаемыми переборками, с 8-ю грузовыми танками и отстойной танком, с бульбообразным форштевнем и транцевой кормой открытого типа, с топливными и балластными цистернами, расположенными под 2-м дном и двойных бортах, с избыточными надводным бортом и верхней палубой переборок. Основные характеристики проектируемого судна приведены в таблице 1.

После расчёта водоизмещения и главных размерений методом пересчёта с прототипа были использованы программы LS19 и LS1, разработанные на кафедре ТПС. LS19 – для генерации ординат теоретического чертежа (ГЧ), LS1 – для расчета мощности главного двигателя и характеристик гребного винта в первом приближении.

Таблиця 1

Основные характеристики проектируемого судна

ДААННЫЕ ПО СУДНУ	ПАРАМЕТР
Тип судна	Танкер
Удельный вес груза, т / м ³	0,93
Грузоподъемность, т	66600
Мощность главного двигателя, кВт	13200
Тип судовой энергетической установки	MOD
Эксплуатационная скорость хода, уз.	14,2
Дальность плавания, мили	19000
Длина между перпендикулярами, м	231,21
Ширина, м	32,2
Высота борта, м	19,2
Осадка, м	13,92
Коэффициент общей полноты	0,833
Коэффициент продольной полноты	0,840
Коэффициент полноты грузовой ватерлинии	0,900
Коэффициент полноты мидель-шпангоута	0,992
Число Фруда	0,1533
Водоизмещение, т	89344

Затем с помощью программы VSC v.1.4b, созданной на этой же кафедре, данные из LS19 были преобразованы в специализированный файл с расширением *.brf для последующей загрузки в *Lines* – модуль *Aveva Marine*, предназначенный для создания объёмной поверхности корпуса судна. Этот модуль имеет удобный интерфейс и в то же время даёт широкие возможности для редактирования, согласования и анализа создаваемых и редактируемых кривых и поверхностей. Это обстоятельство дало возможность при построении поверхности учесть рекомендации по длине цилиндрической вставки и параметрам носового бульба [4].

После указанных операций в *Lines* на основании 3-мерной модели судовой поверхности автоматически был сгенерирован ТЧ с заданным количеством шпангоутов, батоксов и ватерлиний. Качество ТЧ выполненного в *Aveva Marine* объективно выше традиционно выполняемого в *AutoCAD* поскольку при выполнении условия автоматического согласования проекций обеспечена возможность генерации линий в любом сечении и практически в неограниченном количестве.

Созданная в модуле *Lines* судовая поверхность, была передана в модуль *Surface&Compartments* для дальнейшей детализации (рис. 1). В указанном модуле была выполнена расстановка переборок, платформ, двойного дна и бортов.

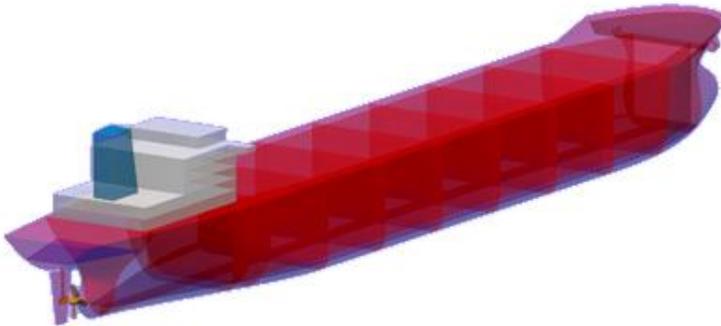


Рис. 1. Модель проектуемого судна

Особенностью *Aveva Marine* является наличие инструментов для импорта геометрии (как основной поверхности, так и различных деталей) из других CAD систем. Учитывая это обстоятельство, построение надстройки, пера руля и выступающих якорных клюзов было осуществлено в *Rhinoceros*, а модель гребного винта в *PropCAD*, который в свою очередь помимо 3-мерного изображения позволяет выполнить соответствующие расчеты и генерацию теоретического чертежа движителя (рис. 2).

Одним из неоспоримых преимуществ *Surface* является возможность точного определения объёма и положения центра тяжести жидкости с учётом наполненности цистерны и посадки судна. Эти данные были доступны сразу после расстановки переборок и назначения отсеков. С помощью же традиционных вычислений с помощью двумерного теоретического чертежа определение вместимости грузовых, балластных и топливных помещений, не говоря уже о координатах их центров тяжести, определяется весьма приближённо и достаточно трудоёмко.

После окончания процесса моделирования данные передаются в расчетный модуль *Hydrostatic&Hydrodynamic*, где были выполнены такие расчеты теории корабля:

- расчет объемов и центров тяжести помещений;
- удифферентовка судна (рис. 3) в четырех состояниях нагрузки;
- расчет элементов плавучести и начальной остойчивости;
- расчет диаграмм статической и динамической остойчивости, критерия погоды;
- проверены требования правил Регистра к диаграмме статической остойчивости судна;
- рассчитан индекс деления на отсеки в соответствии с правилами Регистра;
- построены кривые сопротивления воды движению судна и мощности главного двигателя.

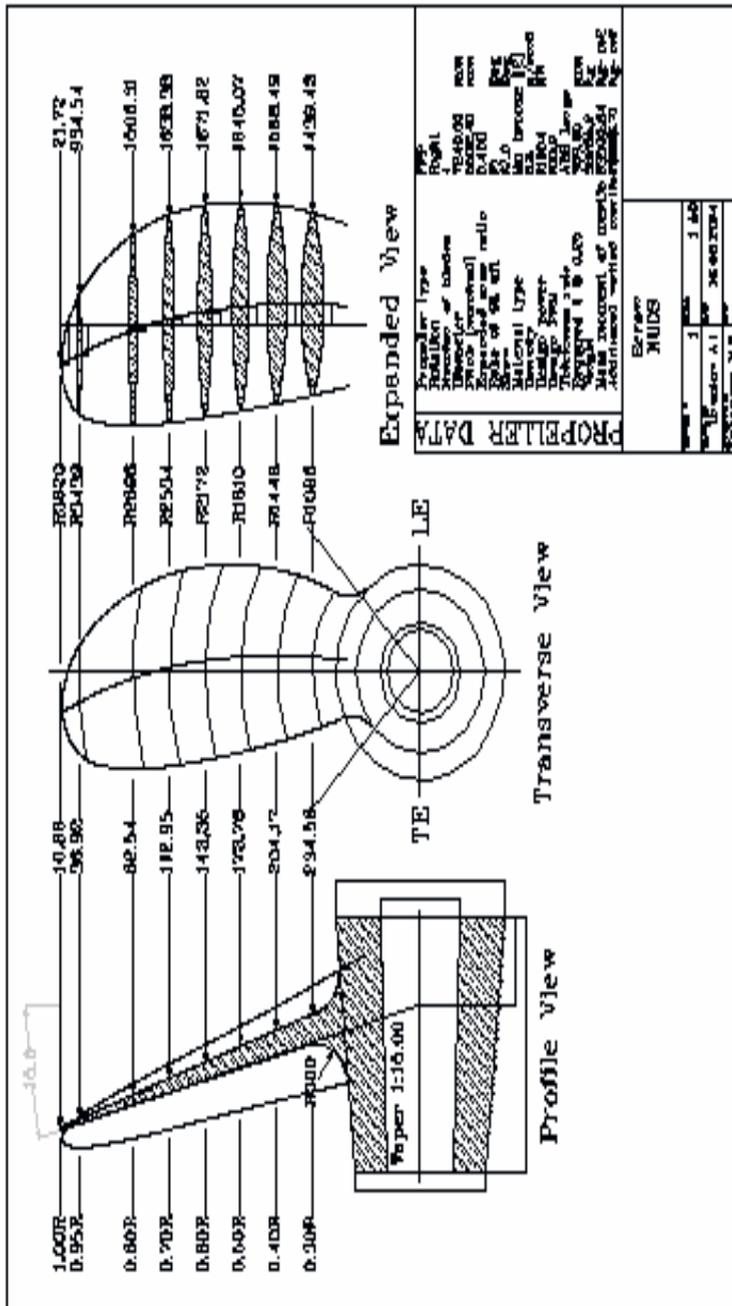


Рис. 2. Проект гребного винта

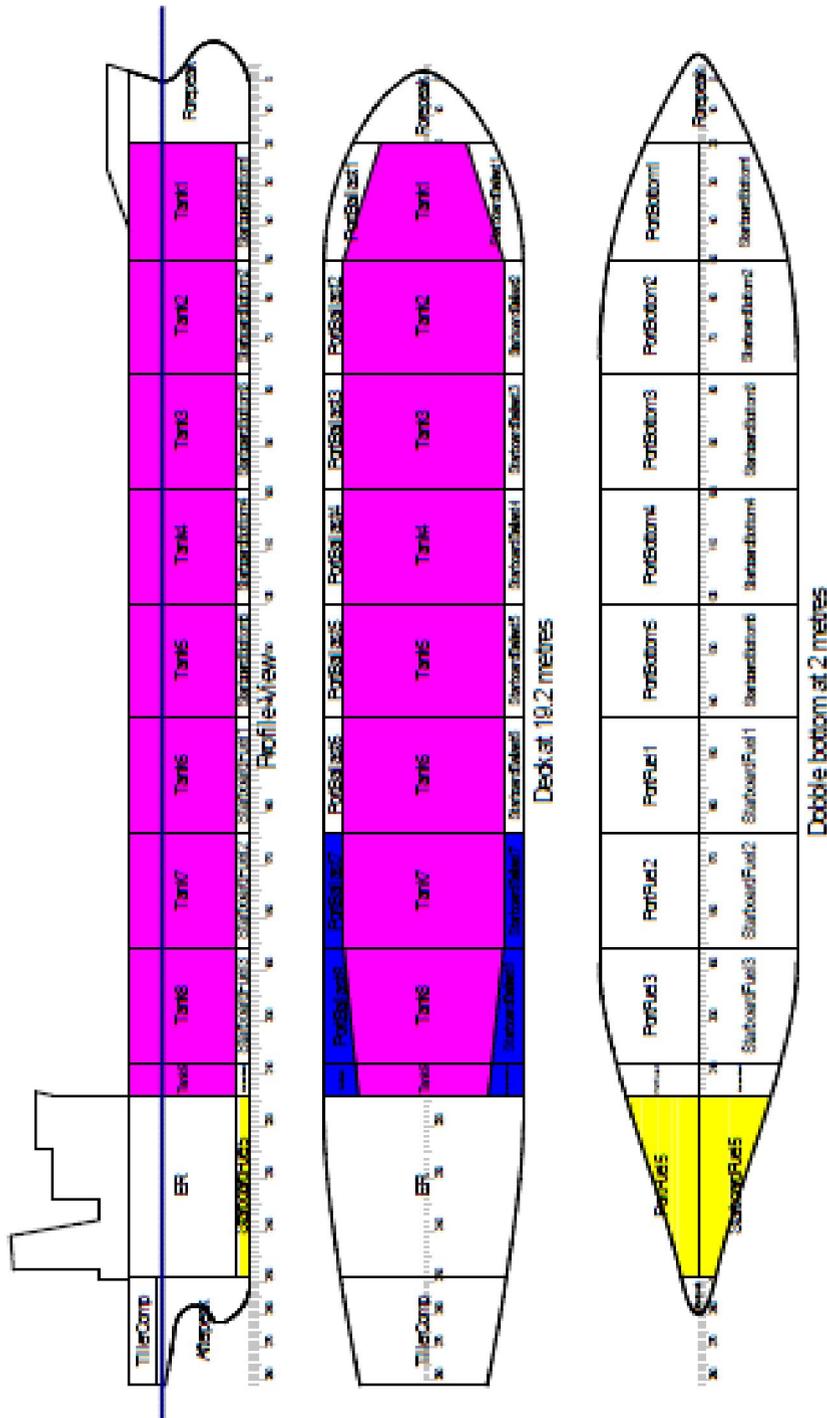


Рис. 3. План уніфікованого диферентівки

Одним из наиболее важных расчетов по теории корабля является удифферентовка судна при различной степени его загрузки. Модуль *Hydrostatic&Hydrodynamic* для каждого из расчётных состояний позволяет выполнить расчёт посадки, параметров диаграммы статической остойчивости с учётом свободной поверхности жидкости (груз, топливо, балласт), прочности, а также выполнить проверку на удовлетворение характеристик проекта требованиям правил выбранного классификационного общества. Результаты расчётов сопровождаются наглядным изображением судна в заданных сечениях с указанием наполненности танков и цистерн, положением грузовой ватерлинии, таблицей нагрузки и характеристиками посадки судна. Для каждого расчётного состояния автоматически проверяется условие 100 % погружения винта в соответствии с его положением, которое задается в настройках.

Современные Правила классификационных обществ предъявляют требования к непотопляемости судна на основании расчета вероятностного индекса деления на отсеки [5]. Данный расчет достаточно трудоёмок, однако его выполнение в среде *Aveva Marine* значительно снижает временные затраты, в связи с чем он успешно может быть реализован в дипломном проектировании судна.

Без использования такого рода программных продуктов студенты могли бы лишь в теории познакомиться с методикой расчёта.

Выводы

1. Применение CAD/CAE систем в процессе дипломного проектирования позволяет значительно уменьшить временные затраты студентов, как правило направленные на механическую, а не аналитическую работу.

2. Использование современных инструментов инженера-проектировщика обеспечивает расширение знаний и умений по своей специальности, что дает увеличение конкурентоспособности соискателя на рынке труда.

3. Темой дальнейшей работы в рассмотренном направлении станет применение модуля *Dabacon* для работы над эскизным, техническим и рабочим проектированием, что обеспечит возможность создания комплексной модели судна и знакомства студентов с процессом работы реального конструкторского бюро.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лапшин И.А. Применение информационных технологий в технической подготовке производства судов / И.А. Лапшин, Е.Е. Ковшов // САПР и графика. – 2009. – № 3. – С. 98-100.
2. Технологии Aveva Marine помогают выполнять сложные проекты строительства морских сооружений // Автоматизация проектирования. – 2014. – № 3. – С. 62-65.

3. *Инновация в судостроении: компания Arctech спускает на воду асимметричный ледокол «Балтика» // CAD/ CAM/CAE Observer. – 2014. – № 3 (87). – С. 70-72.*
4. *Заострение оконечностей. Протяженность цилиндрической вставки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.intotransport.ru/gors-557-1.html>. – Назва з екрана.*
5. *Правила класифікації та побудови морських суден. Регістр судноплавства України. – К., 2002. – Т. 1-4.*

Стаття надійшла до редакції 21.05.2015

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

УДК 629.5 Е30

В.А. Нильва

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА
СМЕШАННОГО И ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

В работе изложен аналитический метод определения геометрических характеристик поперечного сечения поврежденного корпуса сухогрузного судна смешанного плавания, обоснована возможность его применения для судов смешанного и внутреннего плавания.

Ключевые слова: сухогрузное судно смешанного река-море плавания, геометрические характеристики поперечного сечения, аналитический метод, модель повреждения.

В роботі викладено аналітичний метод визначення геометричних характеристик поперекового перетину пошкодженого корпусу суховантажного судна змішаного плавання, обґрунтована можливість його застосування для суден змішаного та внутрішнього плавання.

Ключові слова: суховантажне судно змішаного плавання, геометричні характеристики поперекового перетину, аналітичний метод, модель пошкодження.

Analytic method of transverse section geometric characteristics definition for damaged dry-cargo vessel is considered in the following report, and possibility of its usage for river-sea going vessels' calculation is proved.

Keywords: dry-cargo river-sea going vessel, transverse section geometric characteristics, analytic method, damage model.

Постановка задачи. Для судна, получившего повреждение корпуса, необходимо оценить аварийную прочность. Для такой оценки общей продольной прочности из схемы эквивалентного бруса исключается группа продольных связей, размеры и локализация которой зависит от характера повреждений. В публикациях [1-2] рассматривался упрощенный метод учета потери части продольных связей при повреждении судна смешанного и внутреннего плавания. Сам метод был разработан для морских судов в рамках комплексного подхода к оценке живучести поврежденного судна, предложенный Г.В. Егоровым [3-8].

Методика подразумевала определение геометрических характеристик неповрежденного судна, поврежденного судна и непосредственно самого повреждения с помощью программного комплекса ЭльБрус МИБ. Использование такого подхода объясняется тем, что аналитические методы давали большую погрешность из-за значительных размеров повреждений, принятых для морских судов.

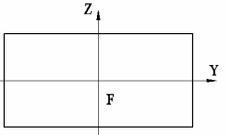
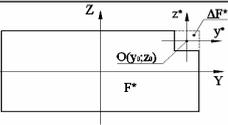
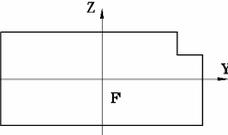
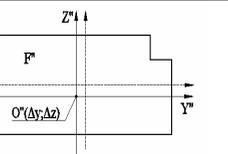
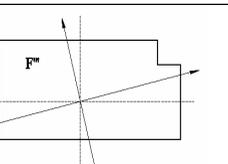
Целью статьи является рассмотрение аналитического метода определения геометрических характеристик поврежденного сухогрузного судна и обоснование возможности его применения для судов аналогичного типа смешанного и внутреннего плавания.

Изложение основного материала. Определим геометрические характеристики для произвольного тела, из которого изъяли часть площади. Известна площадь изъятой части и координаты ее центра тяжести. Задача: определить положение центра тяжести и центральных осей поврежденной фигуры.

Стадии процесса определения геометрических характеристик представлены в таблице 1.

Таблица 1

Стадии процесса определения геометрических характеристик

Стадия	Состояние объекта	Описание
«0»		Исходное состояние объекта, его площадь обозначим F
«1*»		Изъятие площади ΔF . Координатные оси неизменны
«1»		Объект с изъятой площадью ΔF в прежних координатных осях, площадь объекта обозначим F'
«2»		Объект с изъятой площадью в новых координатных осях, перенесенных в точку O'' , площадь объекта обозначим F''
«3»		Объект с изъятой площадью в новых координатных осях, повернутых на угол α , площадь объекта обозначим F'''

Стадия «0». Пусть существует произвольная фигура, расположенная в координатных осях Oy (горизонтальная) и Oz (вертикальная). Центр тяжести фигуры расположен в точке O . Статические моменты относительно осей Oy и Oz равны нулю.

Стадия «1». Новая фигура имеет площадь F' , $F' = F - \Delta F$. Для нее можем посчитать статические моменты относительно осей Oy и Oz соответственно $S'_y = S_y - S_y^\Delta$, $S'_z = S_z - S_z^\Delta$,

где $S_y = S_z = 0$;

S_y^Δ, S_z^Δ – статический момент повреждения в терминах исходных координатных осей. Поскольку $S'_y \neq 0$, $S'_z \neq 0$, то центр тяжести поврежденной фигуры сместился относительно точки O .

Стадия «2». При переносе осей в точку $O''(\Delta y; \Delta z)$ – центр тяжести новой «поврежденной» фигуры – фактически происходит замена переменных

$$\left[\begin{array}{l} z'' = z - \Delta z; y'' = y - \Delta y \\ F' \rightarrow F'', dF' \rightarrow dF'', J = 1 \end{array} \right]$$

При этом

$$\begin{aligned} S''_y = 0 &\Leftrightarrow \iint_{F''} z'' dF'' = 0 \Leftrightarrow \text{Обратная замена переменных} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} z = z'' + \Delta z; y = y'' + \Delta y \\ F'' \rightarrow F', dF'' \rightarrow dF', J = 1 \end{array} \right] \Leftrightarrow \iint_{F'} (z - \Delta z) dF' = 0 \end{aligned}$$

Приходим к выражению $\iint_{F'} z dF' = \Delta z \iint_{F'} dF'$, где интеграл $\iint_{F'} z dF'$ – это статические моменты относительно оси Oy – S'_y , а интеграл $\iint_{F'} dF'$ – площадь фигуры «1» – F' . Путем прямых вычислений получим

$$S_y - S_y^\Delta = \Delta z (F - \Delta F) \Rightarrow \Delta z = \frac{0 - S_y^\Delta}{F - \Delta F} = \frac{-Z_D \Delta F}{F - \Delta F}.$$

Аналогичным образом находим выражение для Δy .

$$\Delta y = \frac{-Y_D \Delta F}{F - \Delta F}.$$

Используя выражения для статических моментов, были получены зависимости для определения смещения центра тяжести поврежденной фигуры в первоначальной системе координат.

Для того, чтобы в итоге рассуждений вычислить геометрические характеристики поврежденной фигуры и привести соответствующие формулы, необходимо провести ряд промежуточных вычислений, которые заключаются в нахождении на каждом этапе рассуждений моментов инерции поврежденной фигуры.

Начнем с исходных показателей.

Для стадии «1» справедливо равенство $I'_y = I_y^{ucx} - I_y^{noep}$,

где I'_y – момент инерции новой фигуры в терминах исходных осей

I_y^{ucx} – момент инерции исходной фигуры

I_y^{noep} – момент инерции изъятой площади в терминах исходных осей

$$\iint_{F'} z^2 dF' = \iint_F z^2 dF - \iint_{\Delta F} z^2 d\Delta F.$$

Рассмотрим стадию «1*» для вычисления I_y^{noep} .

Собственные оси поврежденной площади ΔF обозначим O^*z^* , O^*y^* , ее центр тяжести находится в точке $O^*(YD, ZD)$. Воспользуемся заменой переменных, перейдя в собственную систему координат повреждения.

$$\begin{aligned} I_y^{noep} &= \iint_{\Delta F} z^2 d\Delta F = \left[\begin{array}{l} z^* = z - Z_D; y^* = y - Y_D \\ z^2 = (z^*)^2 + 2Z_D z^* + Z_D^2 \\ J = 1 \end{array} \right] = \\ &= \iint_{\Delta F^*} (z^*)^2 d\Delta F^* + 2Z_D \iint_{\Delta F^*} z^* d\Delta F^* + Z_D^2 \iint_{\Delta F^*} d\Delta F^* = \\ &= i_{cob.} + S_y^* + Z_D^2 \Delta F = i_{cob.} + 0 + Z_D^2 \Delta F. \end{aligned}$$

Возвращаясь к выражению для I'_y получим

$$I'_y = I_y - i_y^{cob} - Z_D^2 \Delta F.$$

Аналогично получим выражение для $I'_z = I_z - i_z^{cob} - Y_D^2 \Delta F$.

Таким образом, найдены моменты поврежденной фигуры в терминах исходных осей.

Для стадии «2» оси перенесены параллельно в центр тяжести поврежденной фигуры, найденный ранее. Относительно исходного центра тяжести он перемещен на величины Δz и Δy соответственно. Момент инерции поврежденной фигуры в терминах новой системы координат

$$I_y^{II} = \iint_{F^{II}} z^{II2} dF^{II}.$$

Сделаем обратную замену переменных, получим

$$\begin{aligned}
 I_y'' &= \iint_{F''} z''^2 dF'' = \left[\begin{array}{l} z = z'' + \Delta z; y = y'' + \Delta y \\ F'' \rightarrow F' \\ z''^2 = z^2 - 2\Delta z \cdot z + \Delta z^2; J = 1 \end{array} \right] = \\
 &= \iint_{F'} (z^2 - 2\Delta z \cdot z + \Delta z^2) dF' = \iint_{F'} z^2 dF' - 2\Delta z \iint_{F'} z dF' + \Delta z^2 \iint_{F'} dF' = \\
 &= I_y' - 2\Delta z \cdot S_y' + \Delta z^2 (F - \Delta F) = \\
 &= I_y' - 2\Delta z \cdot \Delta z (F - \Delta F) + \Delta z^2 (F - \Delta F) = I_y' - \Delta z^2 (F - \Delta F).
 \end{aligned}$$

Аналогично получим выражение для $I_z'' = I_z' - \Delta y^2 (F - \Delta F)$.

Перейдем к стадии «3». Координатные оси повернули на угол $\alpha \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$. Допустим, что новые оси координат – главные центральные оси для поврежденной фигуры. Тогда $I_{yz}''' = 0$ в терминах этих осей. Выразим $I_{yz}''' = 0$ через уже известные нам величины. Для этого нужно будет вернуться в оси координат стадии «2», и повернуть систему координат на угол $\beta = -\alpha$.

Снова прибегнув к замене координат, получим

$$\begin{aligned}
 I_{yz}''' &= \iint_{F'''} z''' y''' dF''' = \\
 &= \left[\begin{array}{l} \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} y''' \\ z''' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y'' \\ z'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y'' \\ z'' \end{pmatrix}; \\ J = 1; y''' \cdot z''' = -\frac{1}{2} \sin 2\alpha (y''^2 - z''^2) + \cos 2\alpha y'' z''; \end{array} \right] = \\
 &= \iint_{F''} \left(-\frac{1}{2} \sin 2\alpha \cdot y''^2 \right) dF'' + \iint_{F''} \left(\frac{1}{2} \sin 2\alpha \cdot z''^2 \right) dF'' + \\
 &+ \iint_{F''} \cos 2\alpha y'' z'' dF'' = -\frac{1}{2} I_z'' \sin 2\alpha + \frac{1}{2} I_y'' \sin 2\alpha + \cos 2\alpha I_{yz}''; \\
 I_{yz}''' &= \frac{1}{2} \sin 2\alpha (I_y'' - I_z'') + \cos 2\alpha I_{yz}''.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{yz}''' = 0 &\Leftrightarrow \frac{1}{2} \sin 2\alpha (I_y'' - I_z'') + \cos 2\alpha I_{yz}'' = 0 \Leftrightarrow \sin 2\alpha (I_y'' - I_z'') = \\
 &= -2 \cos 2\alpha I_{yz}'' \Leftrightarrow \frac{\sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} = -\frac{2 I_{yz}''}{I_y'' - I_z''} = \frac{2 I_{yz}''}{I_z'' - I_y''}; \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow \alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{2 I_{yz}''}{I_z'' - I_y''}.
 \end{aligned}$$

Таким образом, найден угол поворота центральных осей.

Зная угол поворота главных центральных осей, найдем главные моменты инерции поврежденной фигуры

$$\begin{aligned}
 I_{yz}''' &= I_{yz}'' = I_y'' \cos^2 \alpha + I_z'' \sin^2 \alpha - I_{yz}'' \sin 2\alpha \\
 I_{zz}''' &= I_{zz}'' = I_z'' \cos^2 \alpha + I_y'' \sin^2 \alpha + I_{yz}'' \sin 2\alpha
 \end{aligned}$$

Подставив соответствующие значения для I_y'', I_z'', I_{yz}'' , получим

$$\begin{aligned}
 I_{yz}''' &= [I_y - i_y^{cob} - Z_D^2 \Delta F - \Delta z^2 (F - \Delta F)] \cos^2 \alpha + \\
 &+ [I_z - i_z^{cob} - Y_D^2 \Delta F - \Delta y^2 (F - \Delta F)] \sin^2 \alpha - \\
 &- [0 - i_{yz}^{cob} - Z_D Y_D \Delta F - \Delta z \cdot \Delta y (F - \Delta F)] \sin 2\alpha; \\
 I_{zz}''' &= [I_z - i_z^{cob} - Y_D^2 \Delta F - \Delta y^2 (F - \Delta F)] \cos^2 \alpha + \\
 &+ [I_y - i_y^{cob} - Z_D^2 \Delta F - \Delta z^2 (F - \Delta F)] \sin^2 \alpha + \\
 &+ [0 - i_{yz}^{cob} - Z_D Y_D \Delta F - \Delta z \cdot \Delta y (F - \Delta F)] \sin 2\alpha.
 \end{aligned}$$

В результате мы определили положение главных центральных осей поврежденной фигуры, а также выражения для основных геометрических характеристик.

При анализе поврежденного состояния судна внутреннего или смешанного плавания его геометрические характеристики можно определить аналитическим путем, рассмотренным выше (конечные результаты метода совпадают с результатами, изложенными в [1]). Вывод о состоянии поврежденного судна можно сделать по тому, насколько повреждение ослабило поперечное сечение корпуса и, соответственно, во сколько раз в этом сечении возросли нормальные напряжения от продольного изгиба в крайних связях корпуса.

Необходимые для этого исходные данные приведены ниже.

Площадь поперечного сечения неповрежденного судна F , его моменты инерции I_y, I_z , площадь повреждения ΔF , собственные моменты инерции повреждения i_y^{cob}, i_z^{cob} , координаты центра тяжести поврежде-

ния Z_D, Y_D . Перечисленные параметры определяются с помощью программного комплекса ЭльБрус.

Полученные значения главных центральных моментов инерции подставляем в выражение

$$K_{\Delta} = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_0} = \frac{Z_A}{Z_{A1}} \frac{I_y}{I_{y2}} \beta ,$$

где $\beta = \cos \alpha \left(1 + \frac{Y_A}{Z_A} \frac{I_{y2}}{I_{z2}} \operatorname{tg} \alpha \right)$ [3].

K_{Δ} – коэффициент, показывающий, во сколько максимальные нормальные напряжения σ_{max} , возникающие в конструкциях поврежденного судна, больше, чем исходные σ_0 .

Y_A, Z_A, m – координаты наиболее удаленной точки (поврежденное судно), определяются графически.

Y_{A1}, Z_{A1}, m – координаты наиболее удаленной точки (исходное судно).

Сравнение геометрических характеристик, в частности главных моментов инерции, полученных аналитическим путем с выходными данными программного комплекса ЭльБрус представлено в таблице 2. При этом не для всех моделей повреждения необходимо задавать собственный момент инерции поврежденной (исключаемой) конструкции. Прочерк в таблице означает не отсутствие данной характеристики у конструкции, а возможность не учитывать ее для определения главных моментов инерции поврежденного судна.

В качестве объекта исследования было выбрано суда проекта RSD44 [1] и 507Б.

Геометрические характеристики поперечных сечений поврежденного судна, в частности его главные моменты инерции, полученные аналитическим путем, сравниваются с выходными данными программного комплекса ЭльБрус МИБ. При этом расхождение конечных результатов составляет менее 1 %.

Полученные результаты подтверждают возможность использования аналитического метода определения геометрических характеристик поврежденного судна.

Обозначения, принятые в таблице:

1. Столкновение, глубина 0,9 м;
2. Столкновение, глубина $B/5$;
3. Столкновение, глубина 0,59 м;
4. Посадка на камень в районе ДП, глубина 0,8 м, ширина 1,65 м;
5. Посадка на камень в районе ДП, глубина $B/15$, ширина $B/6$;
6. Посадка на камень в районе ДП, глубина 0,49 м, ширина 3,0 м;

7. Посадка на камень в районе скулы, глубина 0,8 м, ширина 1,65 м;
8. Посадка на камень в районе скулы, глубина $B/15$, ширина $B/6$;
9. Посадка на камень в районе скулы, глубина 0,49 м, ширина 3,0 м;
10. Посадка на мель, глубина $B/15$.
11. Трещина в комингсе.

Выводы. Рассмотренный аналитический метод используется для учета потери части продольных связей при повреждении сухогрузного судна смешанного и внутреннего плавания, что подробно было изложено в [1]. Сам метод был разработан Г.В. Егоровым [3], но в условиях задачи комплексного подхода к оценке живучести поврежденного морского судна не использовался из-за большой погрешности.

Проведенный анализ доказал возможность использования такого аналитического подхода для определения геометрических характеристик поврежденного корпуса судов смешанного и внутреннего плавания. Для ряда повреждений (посадка на камень в районе ДП, в районе скулы) нет необходимости задавать в исходных данных собственные моменты инерции повреждения.

Таблица 2

Сравнение геометрических характеристик

Номер	Собственные моменты инерции			Расчетный метод		ЭльБрус		Погрешность	
	$i_y, \text{м}^4$	$i_z, \text{м}^4$	$i_{yz}, \text{м}^4$	$I_{y2}, \text{м}^4$	$I_{z2}, \text{м}^4$	$I_{y2}, \text{м}^4$	$I_{z2}, \text{м}^4$	$\delta_y, \%$	$\delta_z, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RSD 44, мидель									
1	0,224	–	–	4,818	23,211	4,818	23,210	0,01	0,00
2	1,669	0,184	0,037	1,757	9,642	1,758	9,642	-0,04	0,00
3	0,185	–	–	4,857	23,638	4,857	23,640	0,00	-0,01
4	–	–	–	4,857	28,625	4,855	28,620	0,04	0,02
5	–	–	–	4,652	28,509	4,637	28,460	0,31	0,17
6	–	–	–	4,771	28,572	4,770	28,540	0,03	0,11
7	–	–	–	4,861	27,105	4,859	27,100	0,03	0,02
8	–	–	–	4,677	25,698	4,666	25,660	0,24	0,15
9	–	–	–	4,769	26,911	4,769	26,890	0,01	0,08
10	0,080	8,236	0,000	1,313	20,404	1,311	20,410	0,12	-0,03
11	0,038	0,003	0,006	3,276	24,461	3,273	24,470	0,08	-0,04

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RSD 44,38 шп.,									
1	0,218	–	–	1,908	14,351	1,908	14,350	0,00	0,00
2	0,640	0,166	-0,017	0,985	7,339	0,986	7,346	-0,07	-0,09
3	0,178	–	–	1,960	14,830	1,960	14,830	-0,02	0,00
4	–	–	–	2,113	19,930	2,112	19,930	0,06	0,00
5	–	–	–	2,016	19,809	2,003	19,760	0,66	0,25
6	–	–	–	2,049	19,871	2,048	19,840	0,04	0,16
7	–	–	–	2,114	18,518	2,112	18,510	0,10	0,04
8	–	–	–	2,058	17,748	2,053	17,730	0,22	0,10
9	–	–	–	2,072	18,433	2,071	18,420	0,04	0,07
10	0,056	6,001	0,000	0,459	13,939	0,458	13,940	0,24	-0,01
507Б, мидель									
1	0,271	–	–	2,792	16,348	2,793	16,340	-0,03	0,05
2	1,045	0,176	0,103	1,118	7,840	1,119	7,841	-0,12	-0,01
3	0,210	–	–	2,87	16,937	2,870	16,940	0,00	-0,02
4	–	–	–	3,062	21,691	3,061	21,680	0,04	0,05
5	–	–	–	2,938	21,579	2,926	21,530	0,41	0,23
6	–	–	–	3,000	21,637	3,000	21,610	0,01	0,12
7	–	–	–	3,072	20,497	3,071	20,490	0,03	0,03
8	–	–	–	2,965	19,365	2,957	19,320	0,26	0,23
9	–	–	–	2,997	20,159	2,996	20,130	0,03	0,14
10	0,0625	6,850	0,000	0,735	14,850	0,734	14,850	0,10	0,00
11	–	–	–	2,675	20,456	2,673	20,460	0,08	-0,02
507Б, 183 шп.,									
1	0,246	–	–	2,017	11,797	2,019	11,79	-0,08	0,06
2	0,745	0,178	0,026	0,865	6,461	0,867	6,466	-0,25	-0,08
3	0,195	–	–	2,099	12,337	2,100	12,34	-0,06	-0,02
4	–	–	–	2,325	17,275	2,324	17,27	0,03	0,03
5	–	–	–	2,228	17,194	2,219	17,16	0,40	0,20
6	–	–	–	2,279	17,237	2,279	17,22	-0,02	0,10
7	–	–	–	2,333	16,363	2,332	16,36	0,03	0,02
8	–	–	–	2,248	15,478	2,243	15,45	0,22	0,18
9	–	–	–	2,272	16,113	2,273	16,11	-0,03	0,02
10	0,051	5,467	0,000	0,411	11,813	0,410	11,82	0,38	-0,06

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нильва В.А. Оценка несущей способности корпуса сухогрузного судна смешанного плавания при потере части продольных связей // Вісник ОНМУ. – Одеса: ОНМУ, 2013. – Вип. 39. – С. 96-108.
2. Нильва В.А. Оценка несущей способности корпуса нефтеналивного судна смешанного плавания при потере части продольных связей // Вісник ОНМУ. – Одеса: ОНМУ, 2014. – Вип. 40. – С. 72-82.
3. Егоров Г.В. Разработка методов оптимизации прочностных решений при эксплуатации судов: Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Одесса: ОИИМФ, 1993. – 43 с.
4. Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. Определения и накопленный опыт // Вісник ОНМУ. – Одеса: ОНМУ, 2005. – Вип. 18. – С. 57-72.
5. Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. Размеры повреждений и условия аварий // Проблеми техніки. – 2006. – № 1. – С. 3-23.
6. Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. Критерии и примеры // Вісник ОНМУ. – Одеса: ОНМУ, 2006. – Вип. 19. – С. 49-63.
7. Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечении борьбы за живучесть. (Учет стесненного кручения и крена) // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2006. – № 2. – С. 39-48.
8. Егоров Г.В. Остаточная прочность корпуса в расчетах непотопляемости и обеспечения борьбы за живучесть. (Учет потери части продольных связей) // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2007. – №3. – С. 38-50.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015

Рецензенти:

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

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

УДК 627.51

С.И. Рогачко, И.Н. Панова

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

В настоящей статье изложены результаты экспериментальных исследований волновой нагрузки на модели верхнего строения морских гидротехнических сооружений.

Ключевые слова. *Вертикальная составляющая волновой нагрузки. Верхнее строение. Период, длина и высота волны.*

У статті наведені результати експериментальних досліджень хвильового навантаження на моделі верхньої будівлі морських гідротехнічних споруд.

Ключові слова. *Вертикальна складова хвильового навантаження. Верхня будівля. Період, довжина та висота хвилі.*

In this paper presented the results of the experimental researches of the wave loads on the model of the upper part maritime hydro technical building.

Keywords. *Vertical component of the wave loads. Overhead structure. Wave period, wave length, wave height.*

Введение. В настоящее время в нормативных документах отсутствуют рекомендации по определению волновой нагрузки на верхнее строение морских гидротехнических сооружений [1]. К таким сооружениям, как известно, относятся причалы эстакадного типа, в том числе рейдовые, морские нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения (МНГС) сквозного типа (рис 1), а также морские эстакады. Ввиду недостаточной изученности воздействия волн на верхнее строение, отметка линии кордона рейдовых причалов назначается конструктивно, а отметка низа палубы МНГС и нижней части конструкций пролетных строений морских эстакад принимается с большим запасом, что экономически не всегда целесообразно [2]. В ведомственном нормативном документе ВСН 41.88[3] указывается, что при наивысшем годовом уровне моря 1 % обеспеченности в районе будущего строительства максимальное возвышение гребня волны 0,1 % обеспеченности в системе расчетного шторма с конструктивным зазором 0,1h не должно касаться нижней части конструкции палубы проектируемого сооружения. В районе строительства, находящегося в открытом море на значительном удалении от материков и островов, колебания уровня моря и штормы являются чаще всего независимыми событиями. В этом случае назначение расчетного уровня один раз в 100 лет и расчетного шторма один раз 100 лет приведет к определе-

нию отметки низа верхнего строения обеспеченностью один раз в 10 000 лет (0,01 %). Таким образом, использование рекомендаций [3] ведет к неоправданному завышению клиренса (Δ) верхнего строения МНГС (рис. 1) и морских эстакад.

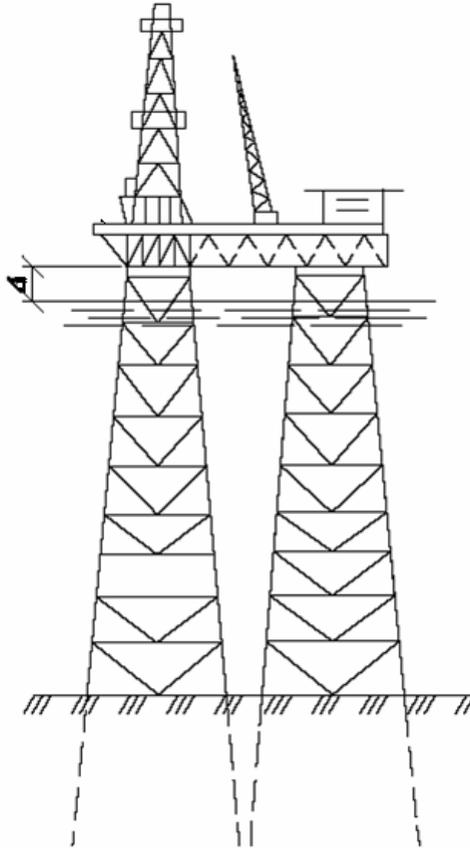


Рис. 1. Морское нефтегазопромысловое гидротехническое сооружение сквозного типа

Постановка задачи. Целью экспериментальных исследований являлось получение расчетных зависимостей для определения вертикальной составляющей волновой нагрузки, действующей на верхнее строение гидротехнических сооружений.

Изложение основного материала. Программа исследований предусматривала проведение методических и основной серии опытов с различными параметрами регулярных волн и расстояниями от спокойного уровня до низа горизонтальной пластины (клиренса Δ).

Разработанная экспериментальная установка (рис. 1) в настоящее время защищена патентами на полезную модель [4] и изобретение [5]. Главным конструктивным элементом установки является модель верхнего строения в виде горизонтальной жесткой пластины, которая с помощью вертикальных стоек жестко соединена с опорной рамой, снабженной юстировочным приспособлением, позволяющим устанавливать необходимый клиренс – расстояние между нижней плоскостью модели и свободной поверхностью воды. На модели были установлены датчики динамического давления, показания которых с помощью аналогово-цифрового преобразователя LCARD L 14-140 и компьютерной программы LGraph2 записывались в файл на диске ПЭВМ во времени в виде процесса.

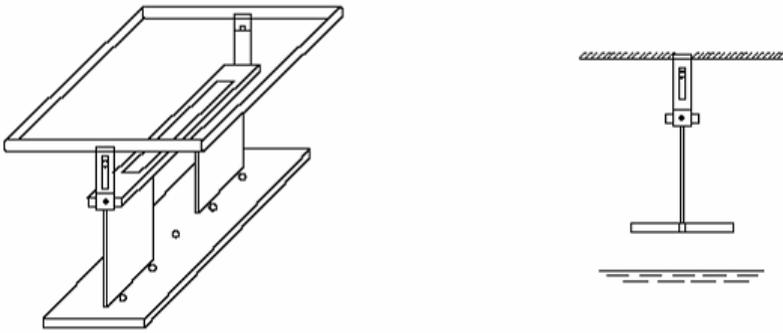


Рис. 1. Общий вид и вид сбоку экспериментальной установки

В июне-августе 2014 года в опытовом бассейне Одесского национального морского университета были проведены методические опыты, а в апреле 2015 года – основная серия испытаний. Методика исследования заключалась в следующем: в бассейне с помощью волнопродуктора (2) задавался необходимый волновой режим – длина, высота и период волны. Модель (4) закреплялась над поверхностью воды на заданном клиренсе. Рядом с волнопродуктором и в створе модели устанавливались волнографы (5, 6) (рис. 2).

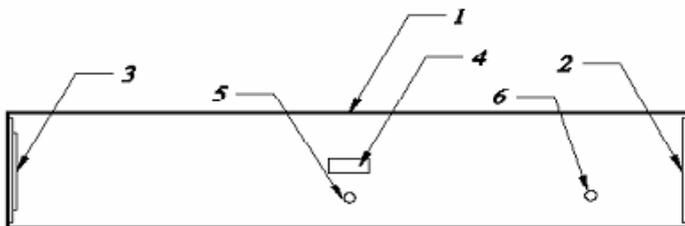


Рис. 2. Схема расположения волнографов на плане опытового бассейна ОНМУ:

*1 – бассейн; 2 – щит волнопродуктора; 3 – волногаситель;
4 – модель верхнего строения; 5 – первый волнограф в створе модели;
6 – второй волнограф*

При проходженні гребня волни под моделью верхнього строення датчики тавлення точечно реєстрували волнове тавлення во времени, а волнографы – параметры волн. Согласно программе экспериментальных исследований было проведено 60 методических опытов при разных длинах волн – от 2,3 до 4 м, различных клиренсах – от 40 до 70 мм, при высотах волн – от 65 до 170 мм. Основная серия испытаний включала 13 опытов при длинах волн – 2,36 м; 2,64 м; 3,1 м и высотах волн – от 80 мм до 130 мм.

На основании полученных экспериментальных данных были построены эпюры волнового тавлення на модель верхнего строения при различных волновых режимах и определены равнодействующие максимальной вертикальной составляющей волновой нагрузки. Сравнительный анализ величины равнодействующей вертикальной составляющей волновой нагрузки показал линейную зависимость ее от высоты волни (рис. 3) и логарифмическую – от разности между амплитудой и клиренсом (рис. 4). С помощью метода наименьших квадратов были получены аппроксимирующие линейные уравнения для различных периодов волни (1) и логарифмическое уравнение зависимости равнодействующей от разности между амплитудой и клиренсом (2)

$$\begin{aligned} T = 1,23c & \quad y = 0,8 - 0,76x \\ T = 1,3c & \quad y = 0,9 - 0,84x' \end{aligned} \quad (1)$$

где $y = P$ (кН) – максимальная вертикальная составляющая волновой нагрузки;

Δ (м) – клиренс;
(м) – амплитуда волни;
 T (с) – период волни;
 $x = \Delta / a$.

$$y = -0,04 + 0,12 \ln x, \quad (2)$$

где $y = P$ (кН) – максимальная вертикальная составляющая волновой нагрузки;

$x = \Delta - a$.

Кроме того, была получена расчетная экспоненциальная зависимость между безразмерными величинами, зависящими от параметров волни и клиренса (3)

$$y = e^{3,9-249x}, \quad (3)$$

где $y = \frac{P^1 T^2}{10^3 \rho h^4}$, $P^1 = Pb$; $x = \Delta / \lambda$.

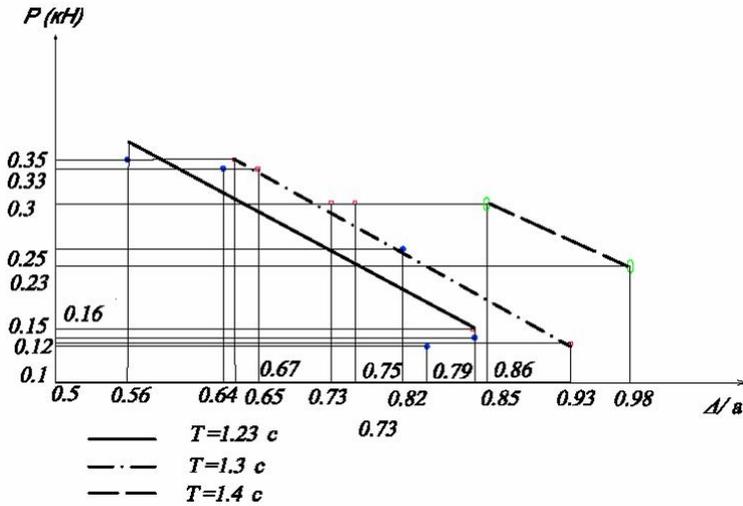


Рис. 3. Графіки залежності максимальної рівнодіючої вертикальної складової хвальної навантаження (P , кН) від відносної амплітуди хвилі

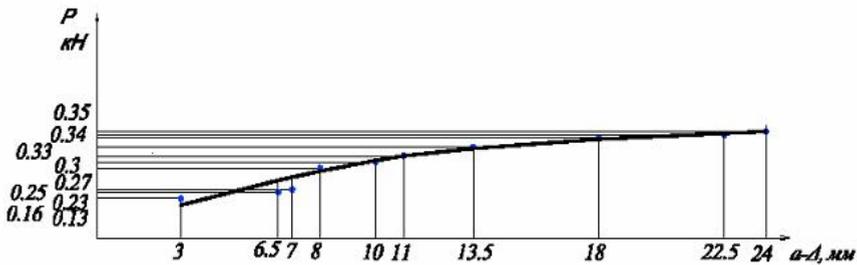


Рис. 4. Графік залежності вертикальної складової хвальної навантаження (P , кН) від перевищення амплітуди хвилі над клиренсом

Графічна інтерпретація залежності (3) представлена на рисунку 5. Исходя из уравнения (3), была получена эмпирическая зависимость (4) для определения вертикальной составляющей волновой нагрузки в пределах параметров волн, исследованных в эксперименте

$$P = \frac{10^3 \rho h^4 e^{3,9-249\Delta/\lambda}}{bT^2}, \quad (4)$$

где h (м) – высота волны;
 Δ (м) – клиренс;
 T (с) – период волны;
 b (м) – размер верхнего строения, перпендикулярный направлению волны.

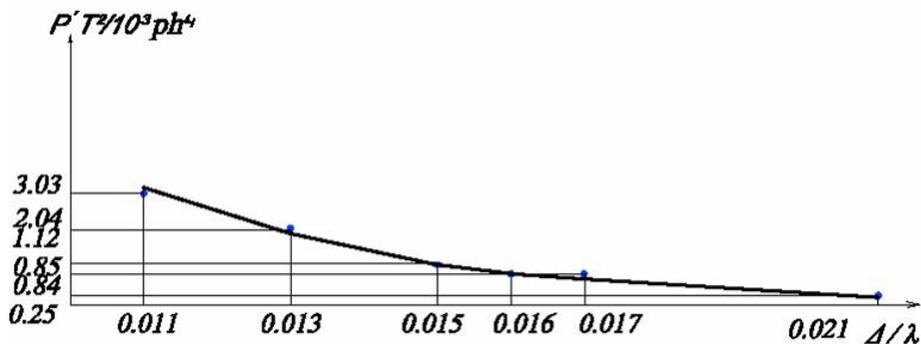


Рис.5. Графік залежності між безрозмерними величинами

Вывод. Величина вертикальної складової хвальної навантаження, діючої на модель верхнього строення гідротехнічних споруджень, прямо пропорційна висоті хвиля, обернено пропорційна відношенню кліренса к довжині і висоті хвиля, періоду хвиля і лінійно-му розміру верхнього строення, перпендикулярному напрямленню хвиля. Результати експериментальних досліджень, изложенные в статье, в дальнейшем могут стать основой для разработки рекомендаций по расчету хвальных навантажень на верхнее строение глубоководных рейдовых причалов сквозного типа, возводимых при обустройстве морских месторождений углеводородов. Такие рекомендации могут быть использованы также при проектировании причалов эстакадного типа на не достаточно защищенных акваториях существующих и строящихся портов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.06.04-82*. *Навантаження і впливи на гідротехнічні спорудження (хвальные, льодові і от судів)*. Актуалізована редакція. – М., 2012.
2. *Определение отметки низа верхнего строения морских нефтегазопромысловых гидротехнических сооружений* / С.И. Рогачко // *Гидротехническое строительство*. – 2005. – № 7. – С.15.
3. ВСН 41.88. *Проектирование ледостойких стационарных платформ*. – М.: Миннефтепром, 1988.
4. Рогачко С.И., Панова И.Н. *Экспериментальная установка для измерения вертикальной составляющей хвальной нагрузки и хвального давления на модели верхнего строения гидротехнических сооружений*. Патент на полезную модель № 92419. – К., 2014.

5. *Рогачко С.И., Панова И.Н. Экспериментальная установка для измерения вертикальной составляющей волновой нагрузки и волнового давления на модели верхнего строения гидротехнических сооружений. Патент на изобретение № 108448. – К., 2015.*
6. *Панова И.Н. Экспериментальные исследования волновой загрузки на верхнее строение гидротехнических сооружений // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 56. – С. 260.*
7. *Халфин И.Ш. Воздействие волн на морские нефтегазопромысловые сооружения. – М.: Недра, 1990. – 312 с.*

Стаття надійшла до редакції 03.09.2015

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Енергетичного та водногосподарчого будівництва Одеської державної академії будівництва та архітектури **К.В. Єгупов**

доктор технічних наук, професор, провідний науковий співпрацівник Інституту гідромеханіки Національної академії наук України **В.В. Яковлев**

УДК 620:178.3

А.В. Коноплёв

**АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ТОЧНОСТЬ
МЕТОДА УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ**

Проведено исследование одного из методов ускоренного определения предела выносливости, основанного на изменении дисперсии разрушающего напряжения.

Показано, что максимальную скорость испытания объектов можно определить с учётом принятой модели кривой усталости и закона накопления повреждений. Установлен основной фактор, влияющий на точность оценки предела выносливости.

Ключевые слова: дисперсия, предел выносливости, скорость проведения испытаний, модель кривой усталости.

Проведено дослідження одного з методів прискореного визначення границі витривалості, заснованого на зміні дисперсії руйнівного напруження.

Показано, що максимальну швидкість випробування об'єктів можна визначити з урахуванням прийнятої моделі кривої втоми і закону накопичення пошкоджень. Встановлений основний чинник, що впливає на точність оцінки границі витривалості.

Ключові слова: дисперсія, границя витривалості, швидкість проведення випробувань, модель кривої втоми.

The investigation of a method of determining the accelerated endurance limit, based on the change in dispersion destructive tension.

It is shown that the maximum speed of the test object can be determined taking into account the accepted model of the curve of fatigue damage accumulation and the law. The basic factor that affects the accuracy of the limits of endurance.

Keywords: dispersion, the limit of endurance, speed test, model of the curve of fatigue.

Постановка проблемы. При проведении испытаний на сопротивление усталости всегда имеет место естественное рассеяние прочностных свойств объектов. Учитывая, что распределения характеристик рассеяния достаточно точно описываются статистическими законами, их можно использовать для создания новых, в том числе ускоренных, методов определения характеристик сопротивления усталости.

На таком подходе разработан метод, в основу которого положена зависимость рассеяния разрушающего напряжения от уровня начальной нагрузки при испытании объектов с возрастающей амплитудой напряжений, в частности, зависимость дисперсии разрушающего напряжения от уровня начальной нагрузки $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$. Он представляет собой модернизацию метода, основанного на использовании зависимости разрушающего напряжения от уровня начальной нагрузки $\sigma_p(\sigma_1)$ [1]. Точность и производительность этого метода зависит от ряда факторов, исследованию которых посвящена статья.

Целью работы является решение задачи выбора максимальной скорости нагружения объектов при их ускоренных испытаниях, а также проведение анализа точности ускоренного метода в зависимости от выбора математической модели аппроксимирующей функции $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$.

Изложение основного материала. Согласно методу, при линейно возрастающей нагрузке необходимо испытать партию объектов (минимум шесть). Для получения минимально устойчивой зависимости $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$ испытывают объекты при 4-5 значениях σ_1 по 4-5 штук на каждом из них (рис. 1).

На схеме приняты следующие обозначения: $\sigma_{11}-\sigma_{15}$ – уровни начальных напряжений; $\bar{\sigma}_{p1,5}$ – среднее разрушающее напряжение, соответствующее 1-му и 5-му уровням начального напряжения; $\bar{\sigma}_{p2}-\bar{\sigma}_{p4}$ – средние значения разрушающих напряжений, соответствующие начальным напряжениям $\sigma_{12}-\sigma_{14}$; $\alpha_1-\alpha_5$ – скорости увеличения амплитуды напряжений.

Начальное напряжение первого объекта при испытаниях σ_{11} принимают таким, чтобы оно заведомо не превышало предел выносливости, а для начальных уровней напряжений $\sigma_{12} \dots \sigma_{15}$ – было выше его. Для достижения высокой производительности испытаний скорость увеличения нагрузки первого объекта σ_{11} принимают такой, чтобы его разрушение произошло при напряжениях σ_{p1} , близких к верхней границе многоциклового области. Скорости увеличения нагрузки $\alpha_2 - \alpha_5$ назначают одинаковыми, и в тоже время такими, чтобы максимальное из разрушающих напряжений (в данном случае σ_{p5}) не превышало напряжение σ_{p1} . При такой схеме испытаний достигается максимальная производительность.

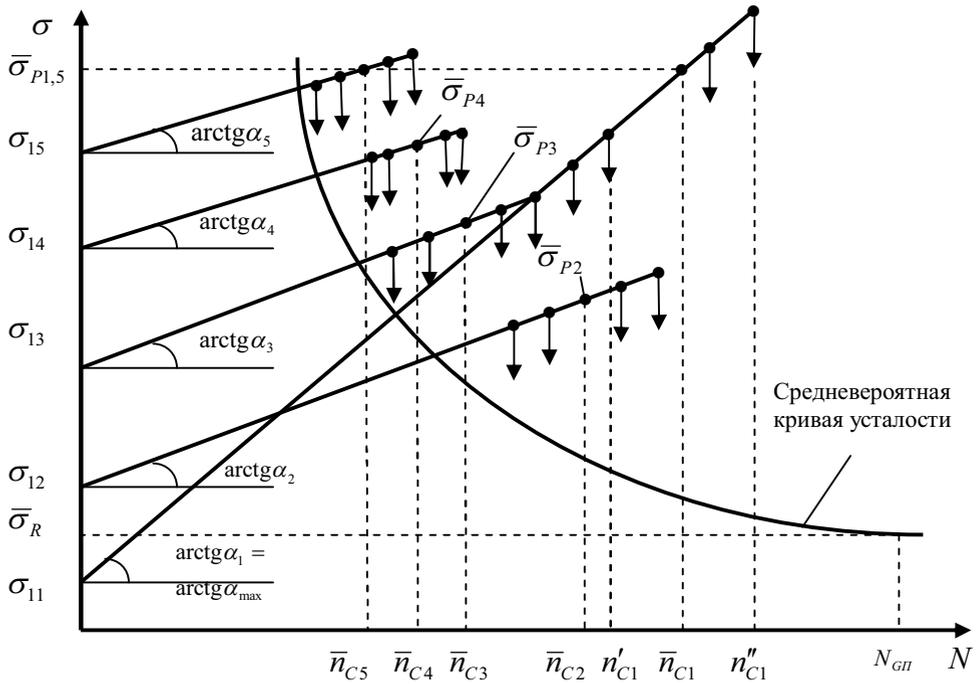


Рис. 1. Схема нагружения объектов

Максимальные скорости α_1 и α_5 можно определить с учётом принятой модели кривой усталости и закона накопления повреждений. Так, если в качестве математической модели кривой усталости принять уравнение Вейбулла, а в качестве закона накопления усталостных повреждений – линейную гипотезу, то максимальное значение скорости увеличения нагрузки для объектов, испытанных при начальных напряжениях $\sigma_{12} - \sigma_{15}$, составит

$$\alpha_{\max} = \frac{(\sigma_{P_i} - \sigma_R)^{m_w+1} - (\sigma_{L_i} - \sigma_R)^{m_w+1}}{(m_w + 1)10^{c_w}}, \quad (1)$$

где i – порядковый номер уровня напряжений.

Принимая во внимание, что $(\sigma_P - \sigma_R) = (10^{C_w} / N)^{1/m_w}$, а также то, что на границе мало и многоциклового усталости долговечность по кривой усталости $N = N_{B.G.}$, запишем уравнение (1) в виде

$$\alpha_{\max} = \frac{(10^{C_w} / N_{B.G.})^{m_w+1} - (\sigma_{15} - \sigma_R)^{m_w+1}}{(m_w + 1)10^{c_w}}. \quad (2)$$

Согласно статистическим данным величина $N_{B.G.}$ находится в диапазоне значений $5 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^5$ циклов [2, 3].

Поскольку предельная скорость α_{\max} определяется до проведения испытаний, то величинами m_W , C_W и σ_R необходимо предварительно задаваться, используя результаты испытаний аналогичных объектов, либо определять их расчётным путём, основываясь на их корреляционно-статистических взаимосвязях [4], либо их можно принять равными параметрам унифицированной кривой усталости ($m_W = 1,0$; $C_W = 7,0$) [5]. Что же касается объектов, испытанных при напряжениях $\sigma_{1i} \leq \sigma_R$, то для них максимальная скорость может быть определена по тем же формулам, при условии, что $\sigma_{11} = \sigma_R$

$$\alpha_{\max} = \frac{(\sigma_P - \sigma_R)^{m_w + 1}}{(m_W + 1)10^{C_w}} \quad (3)$$

или

$$\alpha_{\max} = \frac{(10^{C_w} / N_{B.G.})^{m_w + 1}}{(m_W + 1)10^{C_w}} \quad (4)$$

По аналогии с формулами (2) и (4) запишем зависимости для определения α_{\max} для случая, когда в качестве уравнения кривой усталости принята степенная модель

$$\alpha_{\max} = \frac{(10^C / N_{B.G.})^{m_c + 1} - \sigma_1^{m_c + 1}}{(m_C + 1)10^{C_c}} \quad (5)$$

$$\alpha_{\max} = \frac{(10^C / N_{B.G.})^{m_c + 1} - \sigma_R^{m_c + 1}}{(m_C + 1)10^C} \quad (6)$$

Основная идея метода заключается в фиксации напряжения, разделяющего области накопления и ненакопления повреждений. Эта граница и является пределом выносливости. Определить её можно с помощью зависимости $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$, которая может быть получена при реализации схемы нагружения объектов, представленной на рис. 1. Кроме того, экспериментально доказано [1], что эта функция индифферентна по отношению к скорости увеличения нагрузки при начальных напряжениях, не превышающих предел выносливости, и ошутимо реагирует на изменение начального напряжения, когда они превысят указанный предел (рис. 2).

Этот вывод для рассматриваемого метода является ключевым, поэтому обоснуем его логически.

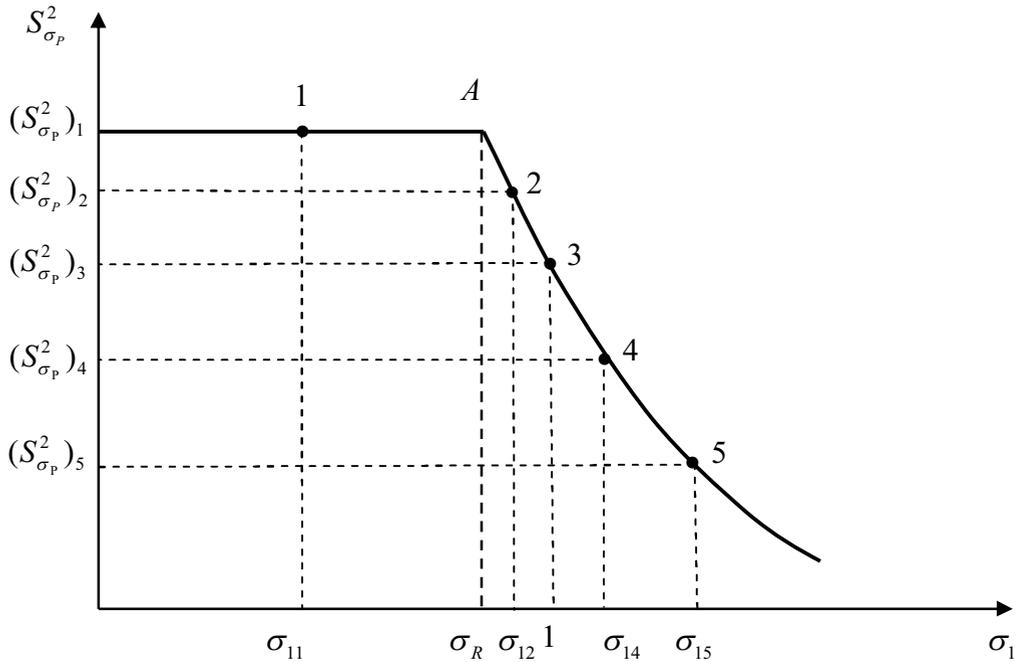


Рис. 2. Графік залежності $S_{\sigma_p}^2$ від σ_1

Запишемо вираження для величини руйнувального напруження, використовуючи в якості кривої усталості рівняння Вейбулла і лінійну гіпотезу суммування пошкоджень

$$\sigma_p = \sigma_R + \left[a \cdot \alpha (m_w + 1) 10^{C_w} \right]^{\frac{1}{m_w + 1}}. \quad (7)$$

Запишемо це условие для двох об'єктів, маючих різні предели виносливости σ_{R1} і σ_{R2} , і испытанных при одной и той же скорости α_1 , в виде

$$\sigma_{P1} - \sigma_{R1} = \sigma_{P2} - \sigma_{R2} = \left[a \cdot \alpha_1 (m_w + 1) 10^{C_w} \right]^{\frac{1}{m_w + 1}},$$

откуда

$$\sigma_{R2} - \sigma_{R1} = \sigma_{P2} - \sigma_{P1}. \quad (8)$$

С другой стороны, для тех же об'єктів, испытанных при любой другой скорости α_2 , по аналогии с (8) получим

$$\sigma_{P3} - \sigma_{R1} = \sigma_{P4} - \sigma_{R2} = \left[a \cdot \alpha_2 (m_w + 1) 10^{C_w} \right]^{\frac{1}{m_w + 1}}$$

или

$$\sigma_{R2} - \sigma_{R1} = \sigma_{P4} - \sigma_{P3}. \quad (9)$$

Сопоставляя зависимости (8) и (9), получим

$$\sigma_{P_2} - \sigma_{P_1} = \sigma_{P_4} - \sigma_{P_3}. \quad (10)$$

Поскольку равны разности $\sigma_{P_2} - \sigma_{P_1}$ и $\sigma_{P_4} - \sigma_{P_3}$, то равны и дисперсии разрушающих напряжений. Таким образом, для объектов, испытанных от начальных напряжений $\sigma_{li} \leq \sigma_R$, разрушающее напряжение не будет зависеть от скорости увеличения нагрузки, и в этом случае максимальная скорость испытаний α_{\max} может быть определена по формуле (4).

В тоже время при значениях начальных напряжений $\sigma_1 > \sigma_R$ величина $S_{\sigma_p}^2$ зависит от скорости увеличения напряжений α и достаточно чувствительна к изменению начального напряжения σ_1 . Вид этой зависимости установим с помощью расчёта значений $S_{\sigma_p}^2$ на основе корреляционных зависимостей между параметрами этих кривых и пределом выносливости.

Расчёт проведём на основе унифицированного уравнения Вейбулла с фиксированными параметрами $m_w = 1,0$ и $C = 10^7$, а также на основе степенного уравнения кривой усталости. При этом зададимся конкретным значением предела выносливости, поскольку, в отличие от уравнения Вейбулла, степенная модель предполагает связь между положением наклонного участка и пределом выносливости. Примем $\sigma_R = 200$ МПа, поскольку это значение предела выносливости позволит воспользоваться связями между параметрами кривых усталости и пределом выносливости, обеспечивая максимальное их соответствие.

С целью подбора функции $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$ проведём расчёт величин $S_{\sigma_p}^2$ для принятых исходных данных. Максимально допустимые скорости увеличения нагрузки α_{\max} при начальных напряжениях σ_{11} и σ_{15} определим по зависимостям (2) и (4). Крайние значения величин пределов выносливости, соответствующие каждому из начальных уровней напряжений, примем в обычно наблюдаемом диапазоне их рассеяния $\sigma_R \pm 10$ МПа (табл. 1).

Величины $S_{\sigma_p}^2$ в обоих случаях определим по формуле [2]

$$S_{\sigma_p}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\sigma_{P_i} - \bar{\sigma}_P)^2, \quad (11)$$

где n – количество испытанных объектов.

Таблиця 1

Расчётные значения $S_{\sigma_p}^2$ и $\lg S_{\sigma_p}^2$, соответствующие принятым начальным напряжениям σ_1

σ_1 , МПа	$\lg \sigma_1$	σ_R , МПа	α , Па/цикл	Уравнение Вейбулла			Степенное уравнение		
				σ_p , МПа	$S_{\sigma_p}^2$, МПа ²	$\lg S_{\sigma_p}^2$	σ_p , МПа	$S_{\sigma_p}^2$, МПа ²	$\lg S_{\sigma_p}^2$
σ_R	2,30	190	500	290,0	112,8	2,05	304,0	161,0	2,21
		200		316,0					
		210		327,9					
220	2,34	190	180	257,1	53,1	1,73	272,4	106,2	2,03
		200		281,8					
		210		291,8					
240	2,38	190	180	268,1	22,9	1,36	278,6	79,7	1,90
		200		286,6					
		210		295,4					
260	2,41	190	180	282,2	9,8	0,99	287,5	53,0	1,72
		200		293,9					
		210		301,2					
280	2,45	190	180	298,2	4,5	0,65	299,2	33,0	1,49
		200		304,0					
		210		310,0					

Результаты расчёта, приведенного в табл. 1, показывают, что, во-первых, дисперсия разрушающего напряжения ощутимо изменяется в зависимости от принятого начального уровня нагрузки, и, во-вторых, на неё заметно влияет модель кривой усталости.

Используя данные табл. 1, представим графики зависимости $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$ для обеих моделей кривой усталости в обычных координатах и проанализируем возможность её аппроксимации линейной функцией, определив соответствующие коэффициенты корреляции (рис. 3).

Для определения погрешности, обусловленной аппроксимацией функции $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$ прямой линией, определим пределы выносимости, подставляя $S_{\sigma_p}^2$ в соответствующие уравнения, приведенные на рис. 3:

– для уравнения Вейбулла

$$S_{\sigma_p}^2 = 352,5 - 1,3\sigma_1 = 112,8,$$

откуда

$$\sigma_1 = \sigma_R = \frac{352,5 - 112,8}{1,3} = 184,5 \text{ МПа}.$$

– для степенного уравнения

$$S_{\sigma_p}^2 = 475,6 - 1,6\sigma_1 = 167,9,$$

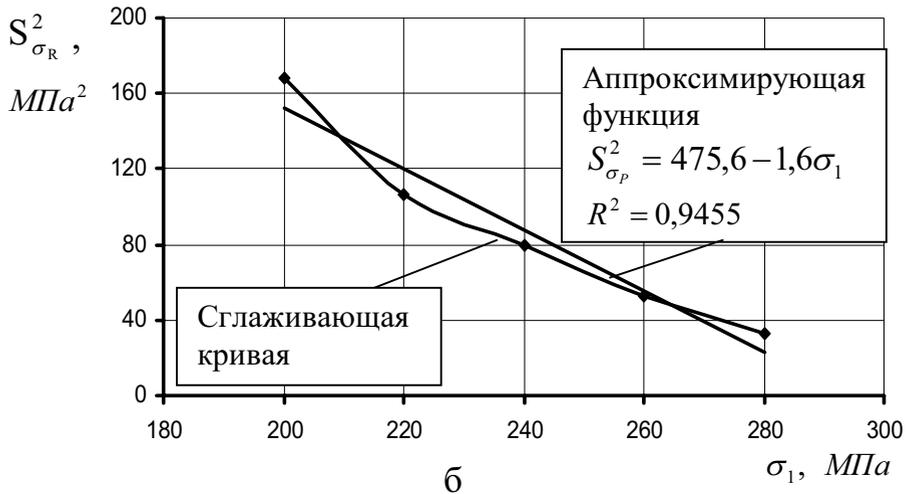
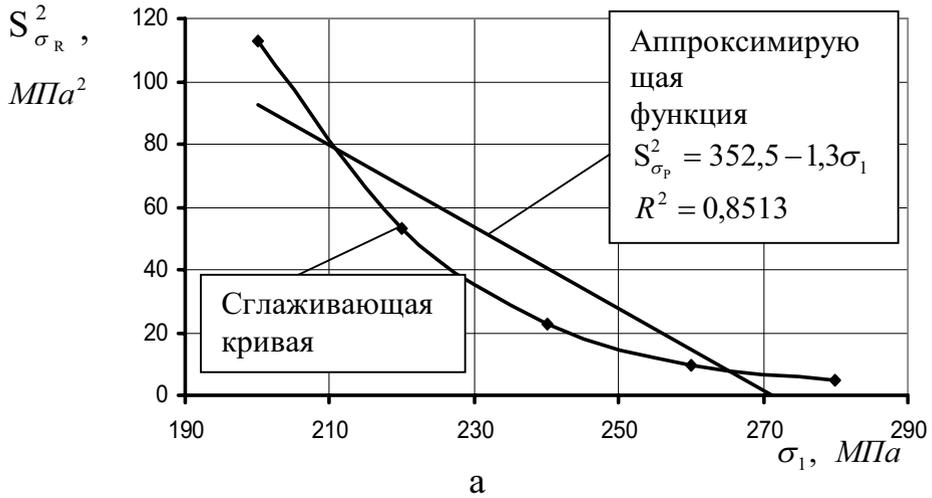


Рис. 3. График зависимости $S^2_{\sigma_p}$ от σ_1

(с учётом напряжений $\sigma_1 \leq \sigma_R$), полученный
на основе уравнения Вейбулла (а) и степенного уравнения (б)
откуда

$$\sigma_1 = \sigma_R \frac{475,5 - 167,9}{1,6} = 190,5 \text{ МПа} \cdot$$

Таким образом, погрешности оценки предела выносливости соответственно составили - 7,8 % и - 4,3 %.

Приведенный расчёт выполнен в предположении, что начальное напряжение σ_1 совпадало с искомым значением σ_R , чего реально достичь невозможно, поскольку σ_R – искомая величина. Но даже в этом случае погрешности оказались достаточно большими.

Оценим, в какой мере изменятся погрешности в реальном случае, при $\sigma_1 < \sigma_R$. Для этого построим графики $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$ без учёта значений $S_{\sigma_p}^2$, соответствующих пределу выносливости σ_R .

В соответствии с расчётом, аналогичным предыдущему, пределы выносливости для уравнения Вейбулла и степенного уравнения соответственно составили 136,4 МПа и 168,9 МПа, а их погрешности соответственно -31,8 % и -15,6 %.

Выводы

1. Используя математическую модель кривой усталости Вейбулла или степенную модель кривой усталости можно определить максимальную скорость нагружения объектов на основе линейной гипотезы накопления усталостных повреждений.

2. В рассмотренном методе линейная аппроксимация зависимости $S_{\sigma_p}^2(\sigma_1)$ является грубой и может приводить к погрешностям оценки предела выносливости, превышающим допустимые.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Олейник Н.В., Коноплёв А.В., Кобаков А.Г. Методы ускоренного определения характеристик сопротивления усталости в практических приложениях. – Одесса: Астропринт, 2000. – 138 с.
2. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
3. Троценко В.Т. Деформационные критерии усталостного разрушения металлов // Прочность материалов и конструкций. – К.: Наук. думка, 1975. – С. 42-55.
4. Олейник В.Н. Определение характеристик усталости деталей машин расчётным путём // Детали машин: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1986. – Вып. 43. – С. 100-106.
5. Олейник Н.В. Высокопроизводительные испытания на усталость и оценка индивидуальных характеристик сопротивления. – Одесса: Астропринт, 1999. – 182 с.

Стаття надійшла до редакції 21.09.2015

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Прикладна механіка» Одеського національного політехнічного університету
С.В. Бершак

УДК 620:178.3

А.В. Коноплѐв

**АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОДНОГО МЕТОДА
УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ**

Проведен анализ одного из методов ускоренного определения предела выносливости, основанного на испытании объектов с возрастающей и убывающей скоростью нагружения.

Показано, что суммарная точность этого метода формируется за счёт систематической и случайной погрешностей, причём систематическая погрешность носит противоречивый характер.

Ключевые слова: ускоренные испытания, предел выносливости, кривая усталости.

Проведено аналіз одного з методів прискореного визначення границі витривалості, заснованого на випробуванні об'єктів із зростаючою і збуваючою швидкістю навантаження.

Показано, що сумарна точність цього методу формується за рахунок систематичної і випадкової погрешностей, причому систематична погрешність носить суперечливий характер.

Ключові слова: прискорені випробування, межа витривалості, крива втоми.

Conducted one analysis of methods of speed-up determination of limit of endurance, based on probation of objects with increasing and decreasing speed of lading.

It is rotined that total exactness of this method is formed due to systematic and casual errors, thus a systematic error carries contradictory character.

Keywords: speed-up tests, limit of endurance, curve of fatigue.

Постановка проблемы. Среди методов, основанных на испытаниях двух объектов, метод О.Н. Пелюхно является единственным методом, позволяющим определять предел выносливости только на основе опытной информации [1]. С этой точки зрения он уникален и представляет наибольший интерес при анализе методов данной группы.

Целью работы является проведение анализа точности метода О.Н. Пелюхно с точки зрения его систематической и случайной погрешностей.

Изложение основного материала. Согласно методу первый объект испытывают от начального напряжения σ_{11} при линейно возрастающей нагрузке со скоростью α и фиксируют напряжение, при

котором произошло разрушение – σ_{P1} (рис. 1). Испытание второго объекта проводят при непрерывно убывающей нагрузке с той же скоростью α от начального напряжения, равного разрушающему напряжению первого объекта. Если пренебречь рассеянием свойств объектов и явлением тренировки металла, то второй объект, теоретически, согласно линейной гипотезе накопления повреждений, разрушится при напряжении равном пределу выносливости первого.

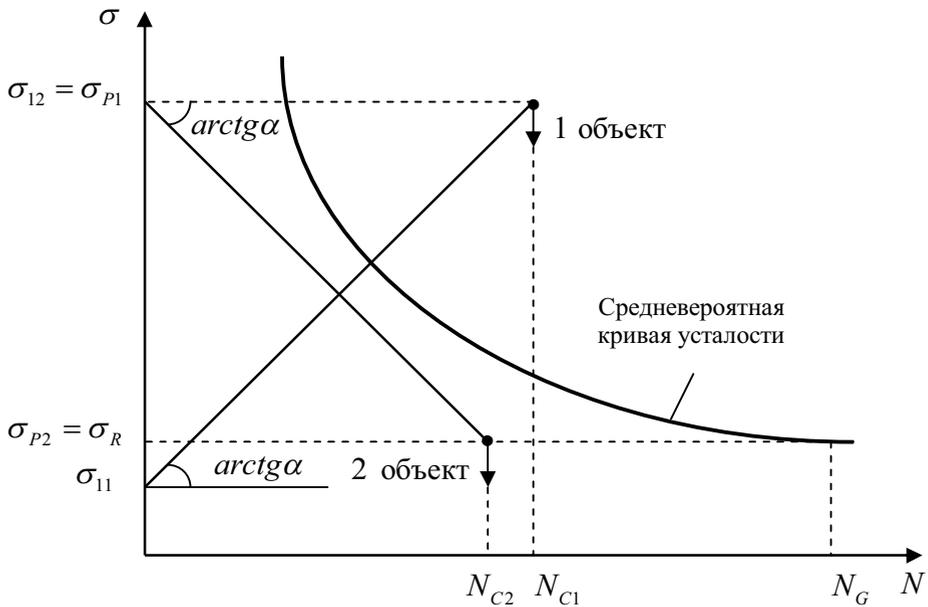


Рис. 1. Схема испытаний объектов при возрастающей и убывающей нагрузке

На схеме приняты следующие обозначения: σ_R – предел выносливости; σ_{P2} – напряжение разрушения второго объекта; N_{C1} и N_{C2} – суммарная долговечность до разрушения соответственно для первого и второго объектов; N_G – долговечность, соответствующая пределу выносливости.

Реально, с учётом рассеяния прочностных свойств объектов, возможны только два варианта: если $\sigma_{R1} > \sigma_{R2}$, то второй объект разрушится при напряжении, превышающем σ_{R1} ; если же окажется, что $\sigma_{R1} < \sigma_{R2}$, этот объект не разрушится. Чтобы результат не был потерян, проводят повторные испытания неразрушившегося объекта, причём при возрастающей нагрузке с той же скоростью α (рис. 2).

Расчетная часть метода основана на использовании линейной гипотезы накопления повреждений и уравнении Вейбулла. Условия разрушения первого и второго объектов имеют вид

$$(\sigma_{P1} - \sigma_R)^{m_w + 1} = \alpha(m_w + 1) \cdot 10^{C_w}; \quad (1)$$

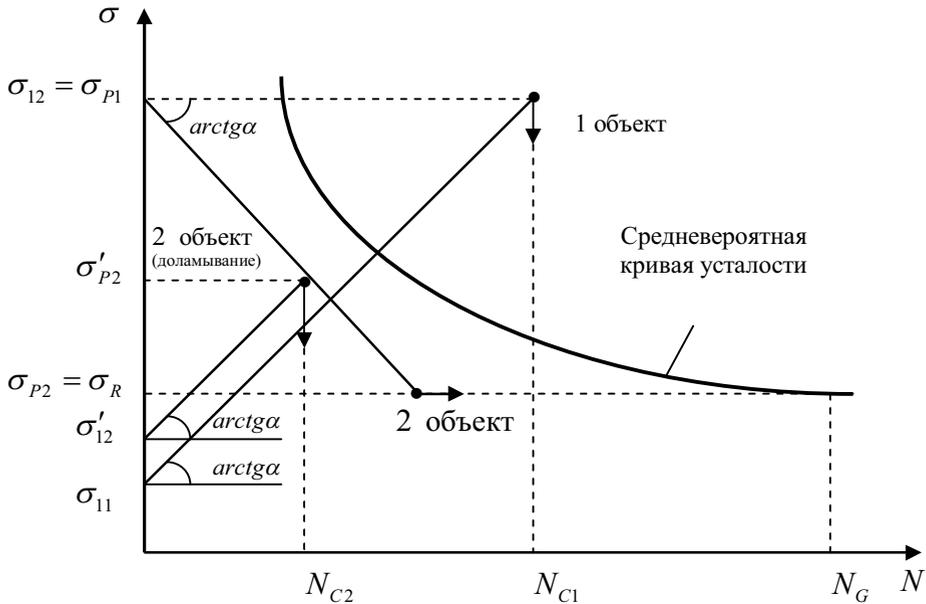


Рис. 2. Схема испытаний с доламыванием второго объекта

$$(\sigma_{P1} - \sigma_R)^{m_w + 1} + (\sigma'_{P2} - \sigma_R)^{m_w + 1} = \alpha(m_w + 1) \cdot 10^{C_w}. \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2), получим

$$(\sigma'_{P2} - \sigma_R)^{m_w + 1} = 0. \quad (3)$$

Откуда $\sigma_R = \sigma'_{P2}$.

Выводы. Методу присущи два существенных недостатка. Во-первых, суммы накопленных усталостных повреждений при возрастающей и убывающей нагрузке могут существенно отличаться [2], и, во-вторых, предел выносливости определяется с систематической ошибкой, заложенной в самой схеме испытаний. Действительно, испытав менее прочный объект при убывающей нагрузке от начальных напряжений, при которых разрушился более прочный объект, получим результат,

превышающий предел выносливости более прочного объекта, что противоречит реальности. Для подтверждения этого логического вывода рассмотрим пример, основанный на виртуальном эксперименте. Пусть пределы выносливости двух объектов составляют 200 МПа и 190 МПа. Принимая в уравнениях (1) и (2) $m_w = 1,0$; $C_w = 7,0$ (унифицированная кривая усталости) и $\alpha = 100$ Па/цикл, получим

$$\begin{aligned}\sigma_{12} &= \sigma_{R2} + \sqrt{(\sigma_{P1} - \sigma_{R2})^2 - \alpha(m_w + 1)10^{C_w}} = \\ &= 190 + \sqrt{(244,7 - 190)^2 100 \cdot 10^{-6} (1 + 1) 10^7} = 221,5 \text{ МПа}\end{aligned}$$

Таким образом, относительная ошибка для принятых исходных данных составила 16,6 %, что подтверждает сделанный выше логический вывод.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пелюхно О.Н., Коноплёв А.В., Греченко П.И. Оценка циклической прочности конструктивных материалов и деталей на основе ускоренных испытаний // Роль молодых конструкторов и исследователей химического машиностроения в реализации целевых комплексных программ, направленных на ускорение научно-технического прогресса в отрасли: Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых исследователей. – Ленинград, 1988. – С. 77-78.
2. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ. Предсказание. Предотвращение. – М.: Мир, 1984. – 624 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2015

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Машинознавство і деталі машин» Одеського національного політехнічного університету **В.В. Іванов**

УДК 627.51

Д.И. Великий, С.В. Дмитриев

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
УСТОЙЧИВОСТИ И ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРОВ ОПАСНЫХ КРИВЫХ
СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ РАСЧЕТАХ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН**

В статье рассмотрены существующие методы расчета устойчивости грунтовых плотин путем определения областей опасных кривых скольжения и предложен новый метод нахождения критических центров кривых обрушений с учетом сейсмических воздействий.

Ключевые слова: *грунтовая плотина, устойчивость, коэффициент запаса, откос, сейсмические воздействия.*

У статті розглянуто існуючі методи розрахунку стійкості ґрунтових гребель шляхом визначення областей небезпечних кривих ковзання і запропоновано новий метод знаходження критичних центрів кривих обвалень з урахуванням сейсмічних впливів.

Ключові слова: *ґрунтова гребля, стійкість, коефіцієнт запасу, укіс, сейсмічні впливи.*

The article considers the existing methods of calculation of stability of earth dams by identifying areas dangerous curves-slip and a new method of finding critical centers curves collapse with consideration of seismic effects.

Keywords: *earth dam stability, safety factor, slope, seismic effects.*

Актуальность. Использование в инженерной практике большого числа расчетных методов для оценки устойчивости грунтовых массивов свидетельствует о сложности задачи и незавершенности процесса поиска ее решения, которое удовлетворяло бы исследователей. Во многих из них даже интегрально не соблюдаются условия равновесия, а граничные условия по напряжениям и углам наклона площадок сдвигов игнорируются. Несмотря на очевидные несовершенства этих методов, они остаются популярными среди инженеров. Это объясняется относительной их простотой и во многих случаях скрытыми запасами устойчивости, обусловленными несовершенством расчетных предпосылок этих методов.

Многообразие трактовок коэффициента запаса свидетельствует о том, что коэффициент запаса дает, по существу, лишь относительную оценку устойчивости, выявляя меру запаса в рамках расчетных предпосылок применяемого метода, поэтому разработка универсального метода для количественной оценки меры запаса устойчивости остается пока не решенной проблемой.

Поиск наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности сдвигов, путем сканирования выделенной области, не гарантирует нахождение минимума коэффициента запаса устойчивости. Потому необходимость внедрения в инженерную практику расчетных методов, соответствующих законам механики, в которых выполняются условия равновесия гипотетического тела обрушения грунтового массива и граничные условия является актуальной задачей.

Развитие вычислительной техники позволяет сегодня качественно улучшить оценку устойчивости грунтовых массивов за счет внедрения более совершенных расчетных методов.

Целью работы является определение значения коэффициента устойчивости и области положения центра кривых обрушения по существующей методике; разработка методики по определению области расположения возможных опасных центров кривых обрушений с учетом сейсмических воздействий, где соблюдаются законы механики грунтов при оценке устойчивости грунтовых откосов гидротехнических сооружений и доведении этой разработки до практического применения; разработка алгоритма применения вариационного метода к оценке устойчивости откосов грунтовых плотин с учетом сейсмических воздействий; определение границы применимости разработанной методики.

Научная новизна работы заключается в разработке методики по определению области расположения возможных центров кривых обрушений с учетом сейсмических воздействий для уменьшения трудоемкости при определении минимального значения коэффициента устойчивости.

Изложение основного материала. При расчетах устойчивости эксплуатируемых грунтовых плотин было обнаружено, что центры кривых обрушений минимальных значений коэффициента устойчивости не лежат в области, определение которой описано в существующей литературе [1, 2].

В работе были рассмотрены более 200 расчетных схем однородных грунтовых плотин высотой от 8 м до 25 м с различными значениями коэффициентов заложения верхового и низового откосов [4, 5], физико-механических характеристик грунтов тела плотины и основания, с учетом и без учета сейсмических воздействий. Анализируя результаты расчетов, было определено: площадь положения критических центров кривых обрушения изменялась от 50,67 м² до 671,90 м²; полученные центры кривых обрушений с наименьшими коэффициентами устойчивости не лежат в области, которые определяются известными методами. Сопоставление полученных результатов расчетов показало необходимость разработки новой методики определения положения и уменьшения области нахождения центров кривых обрушения с учетом сейсмических воздействий [3].

Под известными методами, применяемыми в практике расчетов устойчивости грунтовых подпорных сооружений, рассматривались:

– способ последовательного приближения (рис. 1, 2);

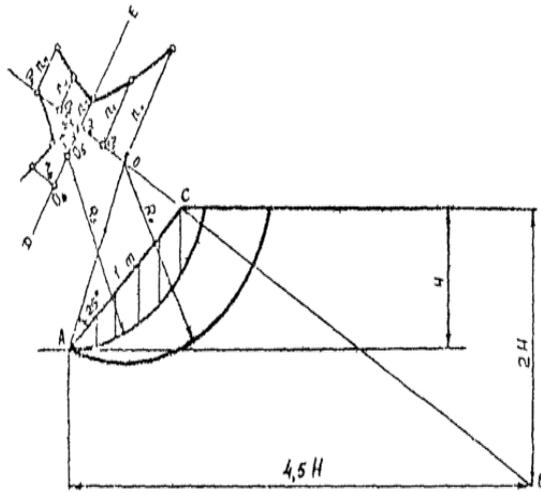


Рис. 1. Нахождение центра критической поверхности скольжения, проходящей через подошву откоса, способом последовательного приближения

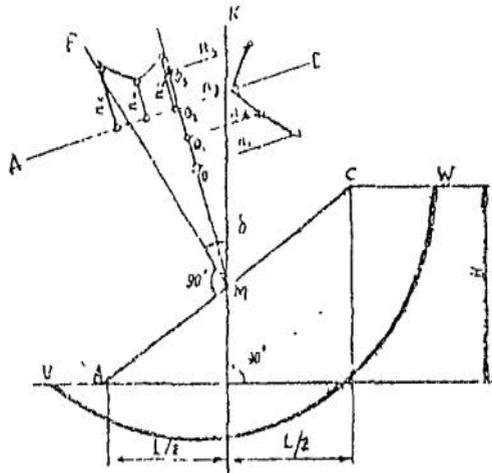


Рис. 2. Нахождение центра критической поверхности скольжения, проходящей через основание откоса, способом последовательного приближения

– определение центра критической кривой скольжения с помощью графика Ямбу, который может быть применен для ненагруженного однородного по высоте откоса, а также для откоса, сложенного различными грунтами (рис. 3);

– расчет по графику Д. Тейлора (рис. 4);

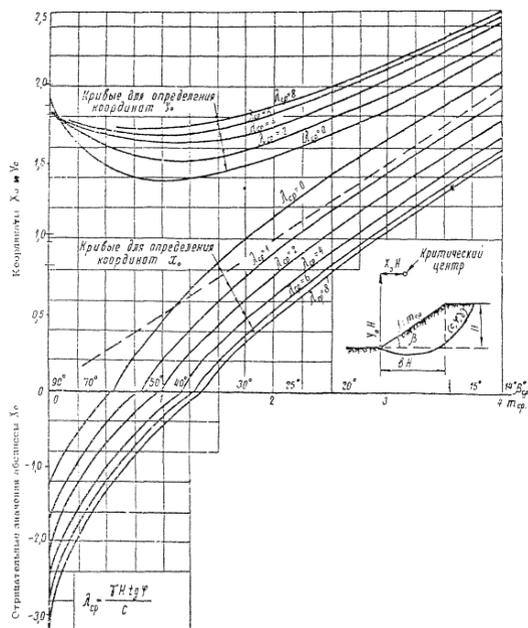


Рис. 3. График Ямбу для установления координат центра наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения

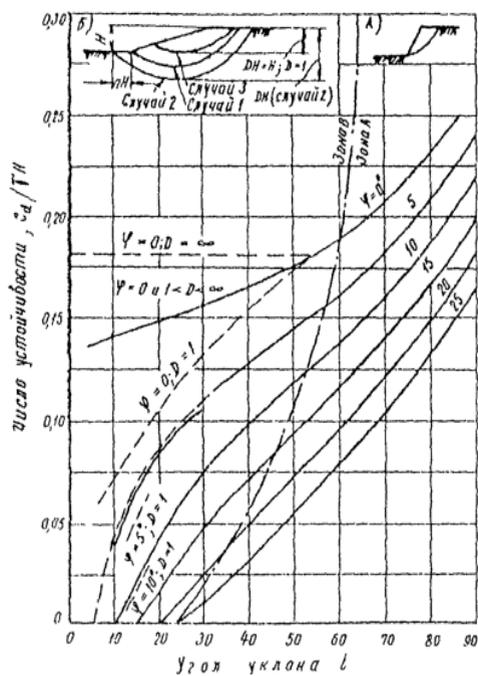


Рис. 4. График числа устойчивости

– таблицы М.Н. Гольдштейна, которые могут быть использованы при выполнении предварительных расчетов устойчивости откосов, сложенных однородными грунтами, для определения коэффициентов устойчивости откосов различной крутизны и для установления предельной высоты откосов при заданном значении коэффициента устойчивости, составленные на основании ранее выполненных расчетов по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения;

– нахождение области положения критических центров кривых скольжения по рекомендациям В.В. Аристовского.

Далее, для полученных критических центров были разработаны новые методики определения области для плотин высотой от 8 м до 10 м включительно, где площадь изменяется от 33,30 м² до 73,80 м² (рис. 5, табл. 1), а также высотой от 10 м до 25 м включительно, где площадь изменяется от 51,07 м² до 106,33 м² (рис. 6, табл. 2).

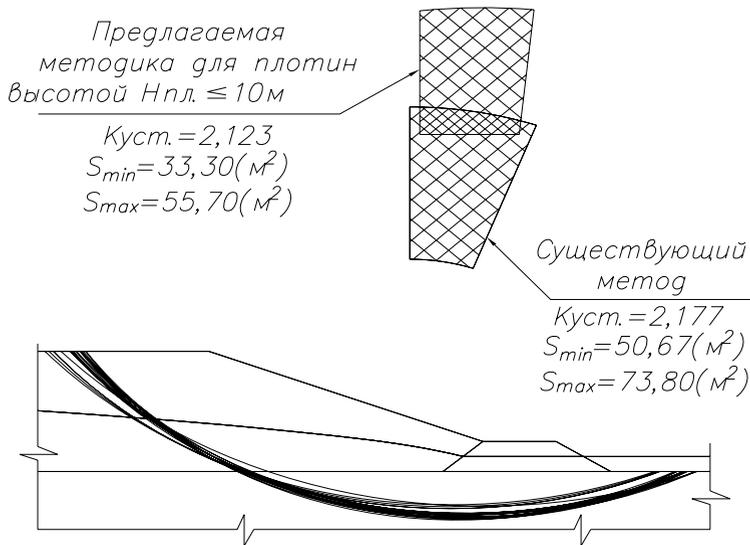


Рис. 5. Область расположения кривых обрушения с минимальным

Выводы

1. Разработанная методика поиска области положения центров кривых обрушения определяется графо-аналитически, на основании требуемых высоты и угла заложения грунтового откоса.

2. Предлагаемая методика расчета значительно уменьшает трудоемкость по определению минимального значения коэффициента устойчивости.

Таблиця 1

Сравнение результатов расчета устойчивости плотин высотой 8-10 м

Методы	Площадь, м ²		Коэффициент устойчивости
	min	max	
Существующий метод	50,67	73,80	2,177
Предлагаемый метод для плотин высотой до 10 м включительно	33,30	55,70	2,123
Отклонение, %	52,16	32,50	2,54

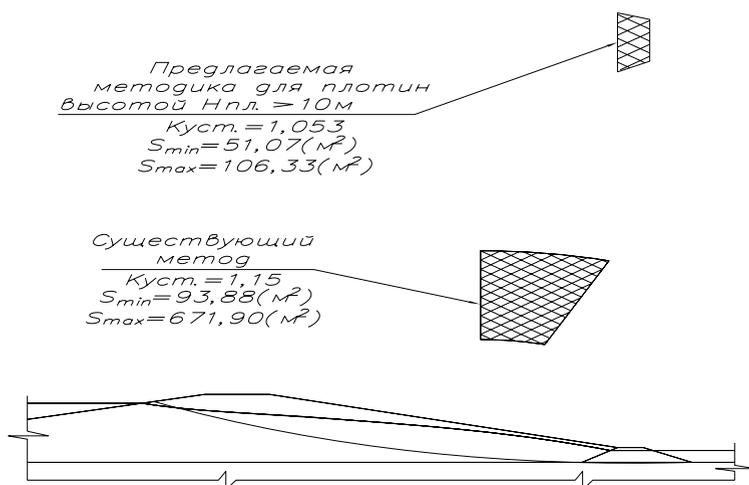


Рис. 6. Область расположения кривых обрушений с минимальным коэффициентом устойчивости.
Предлагаемая методика и существующий метод для плотин высотой 10-25 м

Таблиця 2

Сравнение результатов расчета устойчивости плотин высотой 10-25 м

Методы	Площадь, м ²		Коэффициент устойчивости
	min	max	
Существующий метод	93,88	671,90	1,15
Предлагаемый метод для плотин высотой от 10 до 25 м включительно	51,07	106,33	1,053
Отклонение, %	83,83	531,90	9,21

3. Предложенная методика уменьшает площади областей поиска положения центра кривой обрушения с минимальным значением коэффициента устойчивости в среднем на 42,33 % для плотин высотой $8 \text{ м} \leq H_{\text{пл}} \leq 10 \text{ м}$, а для плотин высотой $10 \text{ м} < H_{\text{пл}} \leq 25 \text{ м}$ – на 307,87 %.

4. Значения коэффициентов устойчивости определенных по существующей методике дают завышенные значения в среднем на 2,5 % – для плотин высотой $8 \text{ м} \leq H_{\text{пл}} \leq 10 \text{ м}$ и на 9,2 % – для плотин высотой $10 \text{ м} < H_{\text{пл}} \leq 25 \text{ м}$, что может привести к нарушению целостности водонапорного сооружения и катастрофическим последствиям.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СП 22.13330.2011. *Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83**. – М., 2011.
2. ДБН В.2.4-3:2010. *Гидротехнические сооружения. Основные положения*.
3. ДБН В.1.1-12:2014 *Будівництво у сейсмічних районах України*. – К.: Мінрегіон України, 2014.
4. Чугаев Р.Р. *Земляные гидротехнические сооружения*. – Л.: Энергия, 1967. – 460 с.
5. Иванов А.И. *Расчет устойчивости откосов плотин насыпей и выемок // Нижне-Волгопроект*. – 1936. – Вып. VI. – ОНТИ.

Стаття надійшла до редакції 30.09.2015

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Енергетичного та водногосподарчого будівництва Одеської державної академії будівництва та архітектури **В.С. Осадчий**

доктор технічних наук, професор кафедри «Інженерні конструкції та водні дослідження» Одеського національного морського університету **К.В. Єгупов**

УДК 65.018

В.В. Вычужанин, С.Д. Коновалов, Н.О. Шibaева

**ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИКИ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В статье приведены результаты анализа проблем дистанционного мониторинга, диагностики и прогнозирования состояния судовых технических систем. Изложены рекомендации по возможному решению изученных проблем.

Ключевые слова: судовые технические системы, мониторинг, диагностика, моделирование, прогнозирование.

У статті наведено результати аналізу проблем дистанційного моніторингу, діагностики та прогнозування стану судових технічних систем. Вкладено рекомендації по можливому вирішенню вивчених проблем.

Ключові слова: судові технічні системи, моніторинг, діагностика, моделювання, прогнозування.

The results of the analysis of the problems of remote monitoring, diagnostics and prognosis of ship engineering systems. The recommendations on possible resolution of the problems studied.

Keywords: ship engineering systems, monitoring, diagnostics, modeling, prognosis.

Введение. Анализ опыта эксплуатации судовых технических систем (ТС) свидетельствует о том, что одной из основных причин нештатных ситуаций, аварий при эксплуатации ТС являются неправильные или не своевременные решения принятые обслуживающим персоналом в таких ситуациях, т.е. «человеческий фактор». Для принятия эффективных решений, связанных с управлением судовыми ТС, необходимо обеспечение лиц, задействованных на разных уровнях управления системами полной, достоверной и качественной информацией о текущем состоянии элементов и всех систем в целом, а также прогнозирование их технического состояния [1, 2]. Такой подход нуждается в обработке значительного объема информации, поступающей от систем контроля ТС, оценке ситуации и принятию решения в условиях дефицита времени.

Актуальность. Главная проблема обеспечения надежного функционирования судовых ТС – это сложность систем, недостаточная изученность протекающих в них и окружающей среде процессов. Кроме того ограничена возможность проведения активных экспериментов, сложность и нескоординированность процесса сбора исходных данных, их

неполная доступность. Использование автоматизированных компьютеризированных систем для непрерывного или периодического исследования состояния судовых ТС, осуществляющих дистанционный мониторинг, диагностику и прогнозирование ТС, установленных на судах, позволяет эффективно и надежно решать задачи управления такими системами.

Целью работы является анализ базовых положений технической диагностики, определение возможных путей решения проблем, возникающих при мониторинге, диагностике и прогнозировании состояния судовых технических систем.

Изложение основного материала. Сложности построения систем дистанционного мониторинга, диагностики и прогнозирования (СМДП) судовых ТС определяются сложностью их структур, многоуровневостью, комплексностью, отсутствием проектов реализации на всех уровнях жизненного цикла СМДП.

При всем многообразии СМДП они характеризуются единой типовой структурой (рис. 1) и общими специфическими свойствами, к которым относятся [3-5]:

- удаленность объектов контроля от центров анализа информации и управления;
- разветвленная сеть устройств контроля и наблюдения ТС;
- разнообразие систем передачи и приема информации;
- сложность системы анализа и диагностики информации;
- необходимость системы прогнозирования и принятия решения.

При дистанционном мониторинге (ДМ) возникает ряд проблем, связанных с:

- многочисленными программно-аппаратными средствами, являющимися источниками информации;
- разнообразием информации по физической природе объектов мониторинга;
- оперативным непрерывным контролем, сбором и обработкой данных в реальном времени;
- достоверностью контролируемых параметров и потоков обрабатываемой информации при ДМ ТС;
- оптимизацией мест контроля параметров ТС, количества и типов используемых датчиков;
- обеспечением результирующего последующего анализа ДМ ТС;
- поддержанием работоспособности системы ДМ в условиях чрезвычайной ситуации.

Современные теоретические исследования технической диагностики по используемому математическому аппарату делятся на несколько не взаимосвязанных теорий диагностирования: диагностика аналоговых или дискретных объектов, статистическая диагностика, функциональная диагностика, разрушающий контроль и др.



Рис. 1. Типовая структура СМДП

Каждая из них служит методологической основой лишь определенного направления. Поэтому актуальна проблема выявления базовых положений, способствующая интеграции перечисленных диагностических направлений.

При диагностике судовых ТС применяются различные методы неразрушающего контроля, которые успешно могут быть использованы в СМДП [6-9]. Для некоторых элементов судовых ТС (например, высокооборотные дизели) спектральный анализ виброакустических полей при диагностике технического состояния обладает рядом преимуществ перед традиционными методами диагностики. Основные преимущества метода – это относительная низкая стоимость и простой способ установки виброакустических датчиков. Метод может быть использован в составе дублирующих систем непрерывного мониторинга и диагностики. Для своевременного обнаружения изменений технического состояния каждого агрегата с определением вида дефекта на ранней стадии его развития известно применение системы вибромониторинга и диагностирования «САДКО». Результаты такого диагностирования используются для

оптимизации режимов эксплуатации, определения сроков и объемов ремонтов оборудования [10]. Широко известный метод диагностики судовых ТС количественной термографии электрооборудования. Он эффективен при дистанционном оперативном контроле технического состояния электрооборудования непосредственно под нагрузкой на основе оценок тепловых полей электрических сетей, приборов, агрегатов, электродвигателей и т.п. Однако опыт эксплуатации энергетического оборудования показывает, что тепловизионная диагностика позволяет получить хорошие и плодотворные результаты только в результате внедрения системы мониторинга, диагностирования и прогнозирования для этого оборудования.

Известен метод диагностирования ТС с использованием параметров технологического контроля [11], включающий этапы:

- формирование нормального состояния (рис. 2);
- формирование матрицы диагностических признаков;
- поиск неисправностей (аномалий).

Основные допущения:

- рассматривается стационарное состояние объекта;
- перечень (словарь) состояний считается конечным и уже сформированным.

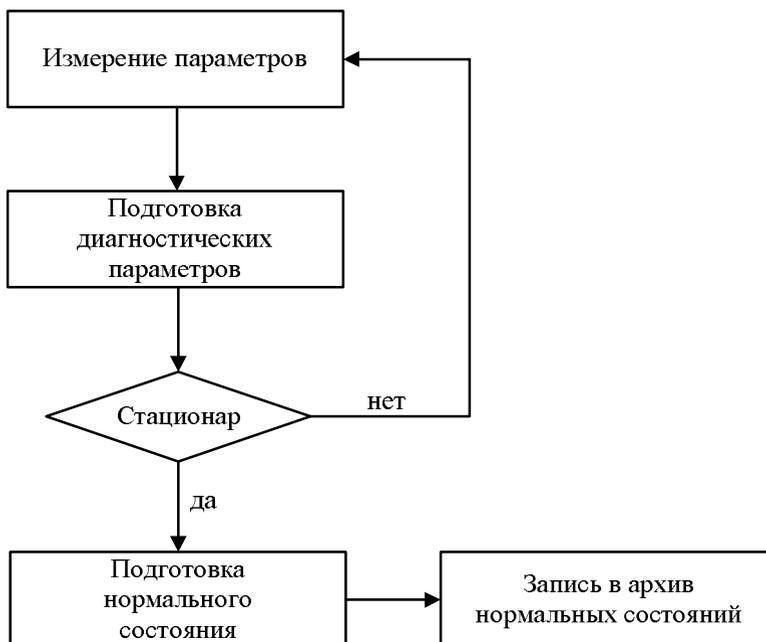


Рис. 2. Блок-схема подготовки нормального состояния

При формировании матрицы диагностических признаков (аномалий) диагностическим признаком является выход любого из диагностических параметров за границу нормального состояния. Определение этих признаков происходит в каждом цикле измерений после определения нормального состояния. Поиск причин появления диагностических признаков осуществляется на основе сравнения матрицы признаков с имеющимся в памяти словарем, в котором каждому состоянию поставлена в соответствие совокупность диагностических признаков, т.е. своя матрица. При этом необходимо учитывать следующие факторы: неисправности измерительных каналов; изменение режима работы объекта.

Известно применение метода группировки контролируемых параметров по принципу близости их физико-химической природы либо их принадлежности к определенному узлу или агрегату (например, дизеля), что систематизирует подход к диагностике, упрощая итоговые функциональные зависимости. Помимо этого метод учитывает влияние отдельных групп параметров, выделяя ту, которая оказывает наибольшее воздействие.

Применение диагностической системы, основанной на принципе скановой съемки наблюдаемых объектов и совместного анализа изображений, получаемых в видимом и тепловом спектральных диапазонах позволяет эффективно решать задачи контроля объектов электроэнергетики и обеспечения безаварийной работы транспорта.

Перспективным направлением при диагностике ТС является использование экспертных систем. В частности интеллектуализация экспертно-диагностического процесса на основе нейросетевого моделирования и нечеткой логики [12-14]. Такого рода системы достаточно давно применяются на практике, однако в большинстве случаев они не обладают необходимой гибкостью и являются изолированными, функционируя в рамках замкнутого вычислительного комплекса и/или используя узкоспециальные алгоритмы.

Последующим этапом после дистанционной диагностики ТС является прогнозирование их технического состояния. Необходимо отметить, что прогноз состояния ТС необходим на всех этапах управления надежностью – от проектирования до эксплуатации систем. При прогнозировании состояния ТС необходимо учитывать:

- для крупных систем, обладающих большой инерционностью развития, прогноз по основным тенденциям изменения временного ряда за прошедшее время, как правило, возможен и реален;
- если параметры тренда ненадежны, ненадежен и прогноз;
- период прогнозирования (срок удаления прогнозируемого уровня во времени от конца базы расчета тренда), должен быть не более трети, в крайнем случае, половины длительности базы.

Решение перечисленных задач позволяет осуществить переход от «реактивного» подхода, т.е. исправление различных неполадок тогда, когда они уже привели к негативным последствиям, к «превентивному»

подходу – устранения неполадок до появления негативных последствий от них на основе прогнозирования состояния объекта или системы. При реализации «превентивного» подхода по предупреждению всевозможных неблагоприятных явлений важно быстрое получение точной и качественной информации по состоянию ТС в целях обладания большим временем на реализацию «превентивных» мероприятий.

Существенной проблемой при прогнозировании состояния ТС становится несоблюдение при разработке подобных систем коррелирующих факторов. Для решения проблемы используется модель авторегрессии, в которой временные ряды анализируются независимо, несмотря на то, что исследуемые характеристики могут коррелироваться. Однако при этом часто не проверяется соблюдение основных предположений регрессионного анализа, а также не используются соответствующие методы адаптации к их нарушениям. Все это в конечном итоге, приводит к погрешностям при прогнозировании ТС.

Кроме того, основные трудности при разработке систем прогнозирования и управления надежностью ТС связаны с тем, что для большинства таких систем исходная информация о закономерностях изменения их параметров чрезвычайно мала. Решение этой проблемы часто находят в использовании классической математической статистики, а также теории случайных функций для закономерностей хорошо изученных и описанных. Однако если объектом прогнозирования является сложная судовая ТС, то установить основную тенденцию изменения временного ряда (тренд) для такой системы за короткий срок практически невозможно.

Для прикладных исследований, например применяется адаптивный алгоритм прогнозирования развития СТ (рис. 3), основанный на междисциплинарном подходе классической теории надежности, а также использовании логико-вероятностных методов. Такой подход позволяет получить реальную методику определения наилучшего значения периода дальнейшей эксплуатации системы, используемого в качестве исходного для принятия решений.

Для прогнозирования ТС известно применение модели «Miracle» (рис. 4), основанной на идеях объектно-ориентированного моделирования, таких как классы объектов, наследование свойств, и др. При этом используются правила-продукции, которые ассоциируются с каждым типом объектов (принцип инкапсуляции в объектно-ориентированной парадигме). Система «Miracle» строит сложноструктурированные модели большой степени сложности с возможностью задания собственной модели поведения для каждого отдельного компонента модели.

Предметная область модели «Miracle» описывается множествами объектов различного типа, каждый из которых соответствует некоторому понятию предметной области с заданием множества правил, отражающих динамику поведения объекта.



Рис. 3. Схема алгоритма прогнозирования состояния ТС

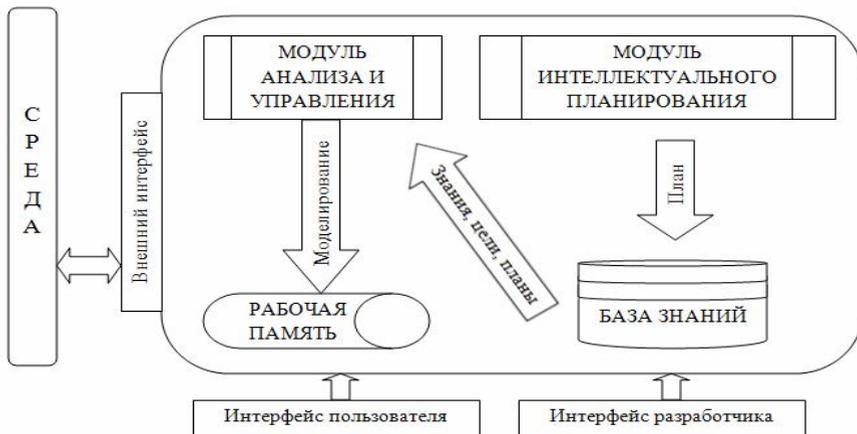


Рис. 4. Архитектура модели «Miracle»

Такой подход позволяет осуществлять построение моделей по принципу «от общего – к частному» – вначале строится общая модель системы, а потом детализируются модели входящих в нее компонент, и «от частного – к общему» – вначале разрабатываются модели элементов системы, а потом на их основе строится общая модель.

Известен метод индивидуального гарантированного прогнозирования, основывающийся на свойствах экстремальных полиномов Карлина и идеях минимального оценивания. Данный метод позволяет получить точные оценки состояния системы и ее отдельных элементов без информации о модели случайных процессов измерения параметров и стохастических свойствах ошибок измерений.

При прогнозировании находят применение методы, основанные на стохастическом моделировании на базе традиционных методов, представляющих собой математическую формализацию и уточнение некоторых концепций технического и фундаментального анализа. Широко используется в настоящее время также метод стабильного индивидуального прогнозирования состояния, основанный на байесовом подходе и робастной статистике. Перспективным методом прогнозирования является симптоматическое прогнозирование, основанное на выявлении причин будущих изменений в ТС. Одним из новых подходов в прогнозировании состояния ТС является нормативное прогнозирование, имеющее целью учет будущих потребностей в технических новшествах для ТС.

Анализ литературных источников показал, что одной из основных проблем при разработке систем ДМ является оценивание показателей качества таких систем. Это актуально для составляющих элементов СМДП – информационных систем, используемых в системах контроля и управления технологическими процессами, функционирующих в режиме реального времени, а также в системах управления различным встраиваемым оборудованием. При этом необходим учет специфики СМДП, качества функционирования информационных систем: время (среднее, максимальное, минимальное) формирования управляющего сигнала после поступления некоторой исходной информации, объем (средний, максимальный, минимальный) используемой памяти при проведении вычислений, достоверность и надежность формируемых решений (управляющих команд).

Информационные технологии мониторинга технического состояния имеют ряд причин, по которым не могут быть совершенными. К некоторым из причин относятся:

- разобщенность баз данных испытаний, контроля и диагностики, отсутствие интеллектуальных компонент, позволяющих качественно и эффективно осуществлять поддержку принятия ответственных решений и, как следствие, сокращать общее время, затрачиваемое на обслуживание;

- нестационарность физических процессов во многих судовых ТС, сложность их математического описания, зависимость технических характеристик от внешних условий работы, ограниченный состав контролируемых параметров систем, их технологический разброс и т.д.

Выводы. Для определения возможных путей решения проблем, возникающих при мониторинге, диагностике и прогнозировании состояния судовых ТС необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать методологию построения СМДП состояний ТС;
2. Выполнить оптимизацию параметров мониторинга и синтез параметров настройки моделей СТ;
3. Разработать математические модели функционирования СТ в штатных и нештатных режимах работы;
4. Разработать структуру экспертной системы СМДП состояний ТС;
5. Разработать программное обеспечение экспертной системы СМДП состояний СТ;
6. Оценить эффективность, разработанной экспертной системы СМДП состояний СТ при ее работе в различных эксплуатационных условиях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кончаков Е.И. *Техническая диагностика судовых энергетических установок: Учебн. пособие/ Е.И. Кончаков.* – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 112 с.
2. Богомолов А.М. *Диагностика сложных систем / А.М. Богомолов, В.А. Твердохлебов.* – К.: Наукова думка, 1974. – 128 с.
3. Ковалев А.О. *Разработка и реализация концепции построения систем дистанционной диагностики транспортно-энергетических объектов: дис. канд. техн. наук: 05.13.01 / А.О. Ковалев.* – Рязань, 2005. – 132 с.
4. Деркач І.І. *Стан та проблеми розвитку автоматизованих систем контролю технічного стану складних технічних систем // Військово-технічний збірник.* – 2013. – С. 20-23.
5. Байхельт Ф. *Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхельт, П. Франкен.* – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.
6. Andersen B.A *Diagnostic System for Remote Real-Time Monitoring of Marine Diesel-Electric Propulsion Systems / Andersen Björn.* – Leipzig, 2011. – 45 p.
7. Krarowski R. *Diagnosis modern systems of marine diesel engine / Rafal Krarowski // Journal of KONES Powertrain and Transport.* – 2014. – P. 191-198.
8. Sørensen A. *Marine Control Systems Propulsion and Motion Control of Ships and Ocean Structures / Asgeir J. Sørensen.* – 2013. – 526 p.

9. *Sekacheva N. Upgrading of the third generation of the Remote Diagnostic Systems for ABB Marine Propulsion Systems / Sekacheva Natalia. – Lappeenranta, 2007. – 77 p.*
10. *Мынцов А.А. Стационарная система автоматического диагностирования и контроля оборудования «САДКО» / А.А. Мынцов, О.В. Мынцова, М.В. Кочнев. – <http://www.promservis.ru/paper10.html>.*
11. *Кувайскова Ю.Е. Прогнозирование состояния технического объекта на основе мониторинга его параметров / Ю.Е. Кувайскова, В.Н. Клячкин, Д.С. Бубырь // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – 2014. – С. 7616-7626.*
12. *Баридорф Д. Нейронные сети и нечеткая логика. Новые концепции для технической диагностики неисправностей // Приборы и системы управления. 1996. – № 2. – С. 48-53.*
13. *Башлыков А.А. Проблемно-независимая диагностическая экспертная система, учитывающая возможность маскирования симптомов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1988. – № 2. – С. 145-150.*
14. *Гаскаров Д.В. Системы прогноза на экспертной основе / Д.В. Гаскаров, В.И. Строганов, В.И. Францев. – СПб.: Энергоатомиздат, 2002. – 218 с.*

Стаття надійшла до редакції 16.06. 2015

Рецензенти:

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

доктор технічних наук, професор кафедри математичного
забезпечення Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова
Ю.А. Гунченко

УДК 662.758.2+62.843.6

А.Г. Гирин, С.В. Руденко

**О МЕХАНИЗМЕ ВТОРИЧНОГО ДРОБЛЕНИЯ ЭМУЛЬГИРОВАННОГО
ТОПЛИВА В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Построена модель глобулы эмульгированного топлива, содержащей пузырек перегретого водяного пара, ограниченный сферическим топливным слоем (СТС). С использованием интеграла Коши-Лагранжа выведено дифференциальное уравнение ее радиального движения. Найдено, что в камере сгорания дизельного двигателя топливная глобула совершает затухающие колебания, причем их период практически не зависит от поверхностного натяжения, а определен давлением в камере сгорания и начальным давлением пара в пузырьке. Найдены приближенные формулы, позволяющие оценить значения параметров в характерных положениях СТС. Из полученных оценок следует, что СТС подвергается действию огромных сил инерции, вызванных его ускорением, достигающих 10^9H на 1 кг массы топлива. Это позволило выдвинуть гипотезу о возможном разрушении СТС механизмом гидродинамической неустойчивости типа Релея-Тейлора. Это даст возможность найти размеры и количество капелек, характеризующих процесс вторичного (окончательного) дробления эмульгированного топлива в дизельных двигателях.

Ключевые слова: эмульгированное топливо, водяной пар, глобула, камера сгорания.

Побудована модель глобули емульгованого палива, що містить бульбашку перегрітої водяної пари, яка обмежена сферичним паливним шаром (СПШ). З використанням інтегралу Коші-Лагранжа виведено диференціальне рівняння її радіального руху. Знайдено, що в камері згорання дизельного двигуна паливна глобула здійснює коливання, що затухають, причому їхній період практично не залежить від поверхневого натягу, натомість він визначений тиском у камері згорання та початковим тиском пари у бульбашці. Знайдені наближені формули, що дозволяють оцінити значення параметрів у характерних положеннях СПШ. Із знайдених оцінок випливає, що СПШ зазнає дії величезних сил інерції, що спричинені його прискоренням, яке досягає 10^9H на 1 кг маси палива. Це дозволило висунути гіпотезу про можливе руйнування СПШ механізмом гідродинамічної нестійкості типу Релея-Тейлора. Це дасть можливість знайти розміри і кількість крапельок, що характеризують процес вторинного (кінцевого) подрібнення емульгованого палива у дизельних двигунах.

Ключові слова: емульговане паливо, водяний пар, глобула, камера згорання.

Model of the emulsified fuel globule is built; the latter containing a bubble of overheated water vapor, which is confined by spherical fuel layer (SFL). With the use of Cauchy-Lagrange integral the differential equation of the globule radial motion is derived. It is found that the fuel globule makes attenuated oscillations in the combustor chamber of a diesel engine, their period being not depended on the surface tension; instead, it is determined by the pressure in combustor chamber and initial vapor pressure in the bubble. The approximate relations are found which permit to estimate the values of parameters in the characteristic locations of SFL. It follows from obtained estimations that SFL undergoes action of the huge inertia forces, which are caused by its acceleration of order of $10^9 H$ per 1 кг of fuel mass. This allows getting forward the hypothesis concerning possible disruption of SFL by the mechanism of hydrodynamic instability of Rayleigh-Taylor type. The latter will get the opportunity to find out the sizes and quantity of droplets, which are the characteristic values in the process of secondary (final) atomization of the emulsified fuel in diesel engines.

Keywords: *emulsified fuel, water vapor, globule, combustor chamber.*

Введение. Дизельные двигатели применяются в качестве основного источника движущих мощностей как для наземных, так и для морских перевозок, прежде всего благодаря их простой, надежной конструкции и высокой топливной экономичности [1]. Однако выбросы дизельных двигателей, в частности окислы азота (NO_x) и твердые частички (PM), которые вредны для живых существ и экологической среды, были признаны главными загрязнителями атмосферного воздуха. Они убивают втрое больше людей, чем ВИЧ, малярия и туберкулез вместе взятые [2]. Известно, что основными причинами формирования NO_x являются высокая температура и обилие кислорода в камере сгорания двигателя [3]. Эта ситуация привлекла большой интерес исследователей, и в последние три десятилетия повышение эффективности работы двигателей и уменьшение выбросов в их выхлопах стали основными требованиями при разработке новых двигателей. В частности, было обнаружено, что присутствие паров воды в области пламени оказывает влияние на физику и химическую кинетику горения; пары воды имеют также полезное воздействие на скорость выделения энергии и на загрязняющие выбросы [4]. В последовавших экспериментальных работах [5-8] было показано, что при использовании эмульгированных топлив (ЭТ) выбросы NO_x могут быть уменьшены на 30-40 %, HC – на 60-80 %, а PM – на 60-90 %, в зависимости от объемного содержания воды в ЭТ и режима работы двигателя. При этом выигрыш наиболее заметен при работе двигателя на больших оборотах, а использование ЭТ не требует изменения форсунки либо других частей двигателя. В некоторых экспериментах было обнаружено уменьшение потребления горючего при использовании ЭТ до 10-15 %, по сравнению с дизтопливом [5], [9]. Кроме того, по сравнению с их прототипами ЭТ значительно более безопасны в эксплуатации, а также в аварийных ситуаци-

ях, как в авиации, так и в морском флоте [10]. Более подробные сведения об экспериментальных и теоретических исследованиях работы дизельных двигателей на ЭТ можно найти в обзоре [3].

Эффект эмульгированного топлива связывают с улучшением качества смесеобразования. Действительно, после впрыска струи ЭТ в камеру сгорания дизельного двигателя и ее разрушения плотным сжатым воздухом на отдельные капли (*первичное дробление топлива*) происходит быстрое нагревание последних. Так как температура кипения воды заметно ниже таковой для тяжелых топлив (дизтоплива, нефти, флотского мазута), то содержащиеся в этих каплях маленькие частички воды быстро превращаются в пар и, мгновенно расширяясь, разрывают окружающее их топливо на мельчайшие капельки (*микровзрыв, или вторичное дробление*). Вторичное дробление уменьшает размеры капелек горючего, сильно уменьшая тем самым время их полного испарения и способствуя образованию гомогенной горючей смеси. Кроме этого, образовавшиеся в результате микровзрыва пары воды уменьшают температуру пламени в камере сгорания, изменяют химический состав реагентов, что разбавляет зоны с богатым содержанием горючего и ведет к более высокой концентрации радикала *ОН*, контролирующего скорость формирования *NO* и образование сажи. Таким образом, микровзрыв капли ЭТ является ключевым процессом и выступает как вторичное дробление топлива, запускающее важные и полезные механизмы улучшения смесеобразования в камере сгорания двигателя [3].

В связи с этим важно изучить физические основы явления микровзрыва, а также те свойства ЭТ, которые влияют на него, с целью управления кинетикой вторичного дробления. Микровзрыв зависит от давления и температуры в камере сгорания, содержания воды, легучести топлива, вида эмульсии, размера капель. Соответственно, преимущества ЭТ реализуются только в дизельных двигателях, где температура сжатого воздуха высока и вызывает мощный поток тепла внутрь капель ЭТ [11, 12]. Невыполнение этих необходимых условий в камере сгорания ведет к отсутствию микровзрывов, что нивелирует преимущества ЭТ: имеются сведения, что ЭТ эффективны для определенного диапазона температур в камере сгорания: $450^{\circ}\text{C} < T_3 < 550^{\circ}\text{C}$ [13]. При меньших температурах водная фаза не способна быстро прогреться, а при больших – наряду с прогревом воды происходит интенсивный прогрев и испарение топливной фазы. В обоих случаях микровзрывы отсутствуют, и вторичного дробления топлива нет. Имеются попытки использовать благоприятное влияние паров воды в зоне пламени, которые заключаются в применении иных способов подачи воды в камеру сгорания: непосредственный впрыск, а также подача воды совместно с впрыскиваемым воздухом. Однако посредством ЭТ подача воды осуществляется наиболее эффективно, т.е. прямо в зону пламени, где непосредственно производятся окислы азота [14].

Эмульгированные топлива представляют собой по существу двухфазную систему и для описания своего поведения требуют применения концепций и математического аппарата термомеханики гетерогенных сред. Различают *макроэмульсии* (или одинарные ЭТ) с начальным радиусом капель воды $a_0 > 1\mu\text{м}$ и *микроэмульсии* (или мелкодисперсные ЭТ), $a_0 < 1\mu\text{м}$, которые отличаются размерами капелек воды. В свою очередь, внутренняя структура ЭТ может состоять из капелек воды (дисперсная фаза), взвешенных в топливе (несущая фаза), либо наоборот, несущей фазой может выступать вода, а дисперсной – топливо. В последние несколько лет интенсивно разрабатываются и исследуются так называемые *трехфазные* ЭТ, в которых капли дисперсной фазы в свою очередь содержат более мелкие капли, состоящие из вещества несущей фазы (например, *дизтопливо-в воде-в дизтопливе*, либо *вода-в дизтопливе-в воде*). Трехфазные ЭТ обладают дополнительными преимуществами, однако сложны в производстве и хранении. К эксплуатационным недостаткам ЭТ относится их неустойчивость, т.к. с течением времени дисперсная фаза имеет тенденцию к коагуляции (слипанию капель), которая преодолевается с помощью добавления поверхностно-активных веществ [3]. Динамика каждого из видов ЭТ имеет свои особенности и должна быть рассмотрена отдельно, т.к. различия в плотности упаковки капелек дисперсной фазы в различных типах ЭТ могут влиять на закономерности дробления топливной фазы. Механика ЭТ первого типа представляется более простой, поэтому с нее мы и начнем наше рассмотрение.

Одинарные эмульгированные топлива (макроэмульсии). Капля одинарного ЭТ, образовавшаяся в результате первичного дробления струи после ее впрыска в камеру сгорания, может содержать одну, две и более капли воды; их размер и количество в единице объема ЭТ зависит также и от процесса эмульгирования топлива. Сосредотачиваясь на исследовании механизма микровзрыва, рассмотрим наиболее простой случай одной капельки воды внутри капли топлива.

Процесс образования парового пузырька зависит от теплофизики прогрева капли топлива, образовавшейся в результате первичного дробления струи после ее впрыска в камеру сгорания, и определяются, прежде всего, значениями температуры T_3 сжатого в камере сгорания горячего воздуха и тепловых потоков от него к слою топлива и капельке воды. Анализ поведения капли воды внутри капли ЭТ говорит о том, что изменение ее термодинамического состояния происходит иначе, чем в свободной капле воды. Достигнув при давлении в камере сгорания $p_3 = 0,5\text{МПа}$ температуры кипения $T_s = 263,9^\circ\text{C} \approx 0,83T_{cr}$ (рис. 1), состояние воды не может изменяться далее изобарически, т.к. это потребовало бы увеличения удельного объема воды в ≈ 30 раз до состояния сухого пара и соответствующего расширения капли топлива.

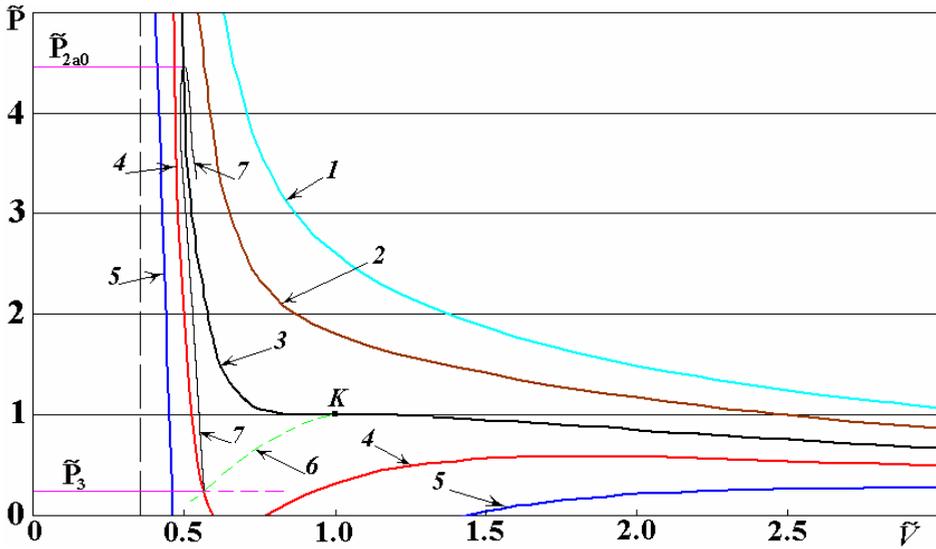


Рис. 1. Изотермы воды и водяного пара:

- 1 – $\tilde{T}=1,4$; 2 – $\tilde{T}=1,2$; 3 – $\tilde{T}=1,0$; 4 – $\tilde{T}=0,83$; 5 – $\tilde{T}=0,6$;
6 – кривая кипения $p = f(T_S)$; 7 – действительное развитие процесса;
 $\tilde{V} = V/V_{cr}$, $\tilde{P} = p/p_{cr}$, $\tilde{T} = T/T_{cr}$

Масса топлива, окружающего обладает значительной механической инерцией, что не позволяет даже очень малого мгновенного расширения паров воды. Вместо этого продолжающийся интенсивный поток тепла повышает давление и температуру при практически постоянном объеме, поэтому далее процесс развивается близко к изохорическому вдоль кривой 7, между изотермой 4 и кривой кипения 6 (рис. 1). При достижении критической изотермы 3 в некоторой точке p_{2a0} вода становится перегретой жидкостью, а продолжающийся мощный поток тепла ($374^\circ C = T_{cr} < T_3 \approx 500^\circ C$) переводит ее в состояние перегретого водяного пара при $T > T_{cr}$. Диаграмма показывает, что максимальное давление в перегретом паре p_{2a0} может в 4-5 раз превышать критическое значение $p_{cr} = 221,29 \text{ МПа}$. Действительное, очень сложное, развитие процесса мы далее аппроксимируем идеализированным, при котором вода мгновенно достигает перегретого состояния при $T = T_{cr}$, $p = p_{2a0}$, а затем происходит адиабатическое расширение ее пара, хотя в действительности эти процессы, скорее всего, не разделены резко.

В результате капля макроэмульсии содержит сферический объем перегретого водяного пара (*паровой пузырек*, рис. 2), ограниченный *сферическим топливным слоем* (СТС). Поведение этой системы, которую мы будем называть *топливной глобулой*, очевидно, отличается как от поведения капли жидкости, так и от поведения газового пузырька, и требует отдельного рассмотрения ее термомеханических свойств. С другой стороны, толщина СТС значительно уменьшается в результате сильного расширения пара, поэтому поведение топливной глобулы отличается и от поведения тонкостенного (мыльного) пузырька, и от поведения газового (парового) пузырька в безграничной жидкости, когда его динамика описывается известным уравнением Релея-Ламба [15]. В связи с этим для количественного описания динамики топливной глобулы ниже выводится дифференциальное уравнение ее радиального движения.

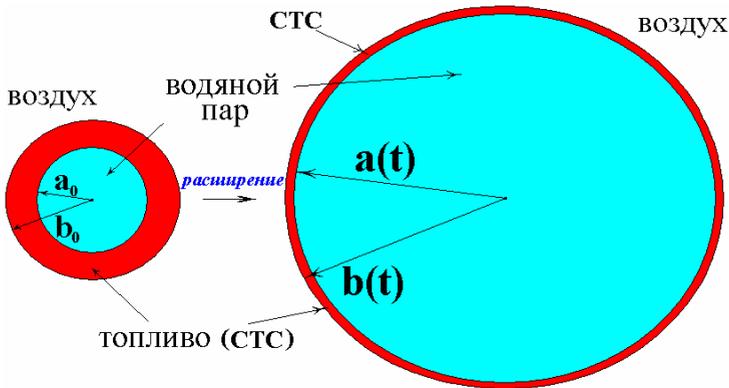


Рис. 2. Топливная глобула одинарного ЭТ (вода в топливе), до и после расширения

Наибольший практический интерес представляют ЭТ с объемным содержанием воды порядка $\alpha_{20} = (0,05 - 0,30)$. При $\alpha_{20} = 0,10$ в каждой топливной глобуле радиуса b_0 , образовавшейся при первичном дроблении топливной струи, находится в среднем капля воды радиусом $a_0 \approx 0,46b_0$. Начальные значения радиусов a_0, b_0 , наряду со значениями давлений в камере сгорания $p_3 = const$ и внутри пузырька $p_{2,a0}$ являются определяющими параметрами для динамики топливной глобулы. На последнюю действуют также силы поверхностного натяжения на внешней и на внутренней поверхностях СТС. Критерий подобия $\Pi_a = a_0 / b_0 = \alpha_{20}^{1/3}$ может быть подобран так, чтобы разрушение топливной глобулы произошло быстрее и на более мелкие капельки. Общеизвестно, что величины размера вторичной дисперсии и периода вторичного дробления определяют качество сгорания. Размер b_0 , в свою очередь,

определен кинетикой первичного дробления топливной струи, и им также можно управлять для создания оптимального отношения a_0 / b_0 . Конечная цель, которую ставят перед собой авторы, заключается в *нахождении основных закономерностей дробления топливной глобулы и их использовании для возможности эффективно влиять на процесс окончательной дисперсии топлива в камере сгорания и тем самым на качество распыла горючего и его сгорания в двигателе, путем вариации управляющих параметров системы.*

Уравнение сферически-симметричных радиальных колебаний топливной глобулы. Для вывода уравнений одномерного радиального движения топливной глобулы воспользуемся подходом, применявшимся при выводе уравнения Релея-Ламба колебаний пузырька в безграничной жидкости [15]. Важное отличие рассматриваемого здесь случая заключается в том, что в начале процесса топливная глобула является толстостенной, но по мере расширения толщина ее стенок сильно уменьшается и условия на внешней поверхности СТС существенно влияют на ее движение на стадии сильного расширения. Расчеты показали существенное отличие полученного в настоящей работе решения от соответствующего уравнению Релея-Ламба. Ниже интеграл Коши-Лагранжа применяется нами к движению жидкости внутри СТС (рис. 2), а граничные условия ставятся на обеих, внутренней $R = a(t)$ и внешней $R = b(t)$, его поверхностях. Динамические условия заключаются в равенстве нормальных напряжений со стороны водяного пара и жидкого топлива при $R = a(t)$, а также со стороны воздуха и топлива при $R = b(t)$. Кинематические условия на границах слоя состоят в равенстве нормальных составляющих векторов скорости жидкости и пара (либо воздуха). В сферической системе координат (R, θ, ε) , с учетом сферической симметрии рассматриваемого радиального движения ($\partial / \partial \theta = \partial / \partial \varepsilon = 0$), они записываются так:

$$\begin{aligned} \text{при } R = a(t): \sigma_{2a}^{RR} - \sigma_{1a}^{RR} &= -2\Sigma_a / a; \dot{a} = w_{1a}, \dot{a} = w_{2a}; \\ \text{при } R = b(t): \sigma_{3b}^{RR} - \sigma_{1b}^{RR} &= -2\Sigma_b / b; \dot{b} = w_{1b}, \dot{b} = w_{3b}, \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} \sigma_{1a}^{RR} &= -p_{1a} + 2\mu_1 (\partial w_1 / \partial R) \Big|_{R=a}; \sigma_{2a}^{RR} = -p_{2a}; \\ \sigma_{1b}^{RR} &= -p_{1b} + 2\mu_1 (\partial w_1 / \partial R) \Big|_{R=b}; \sigma_{3b}^{RR} = -p_3. \end{aligned}$$

Здесь σ^{kl} – компоненты тензора напряжений; p – давление; μ – динамический коэффициент вязкости; w – скорость среды; \dot{a} , \dot{b} – скорости внутренней и внешней стенок топливного слоя; ρ – плотность; Σ – коэффициент поверхностного натяжения; индекс «1» относится к жидкому топливу, «2» – парам воды внутри пузырька; «3» – к воздуху в

камере сгорания (вне глобулы); « a » либо « b » – значения взяты на внутренней $R = a(t)$, либо внешней, $R = b(t)$, поверхности слоя топлива. Мы пренебрегаем вязкостью газовой фазы по сравнению с вязкостью жидкости, $\mu_2 \ll \mu_1$, $\mu_3 \ll \mu_1$. Точка сверху означает дифференцирование по времени.

Предполагая потенциальность течения в СТС [15], запишем выражения для потенциала скорости $\varphi = -w_{1a}a^2 / R$, и для распределения скоростей в СТС $w_1 = w_{1a}a^2 / R^2$. Тогда при $R = b$ имеем $w_{1b} = w_{1a}a^2 / R^2$. Используем интеграл Коши-Лагранжа $\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{w_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho_1} = F(t)$ и вычислим его слагаемые на границах сферического слоя топлива:

$$\text{при } R = a(t): \frac{\partial \varphi}{\partial t} = -a\dot{w}_{1a} - 2\dot{a}w_{1a}; \quad w_1 = w_{1a}; \quad p_1 = p_{1a}; \quad \frac{\partial w_1}{\partial R} = -2\frac{w_{1a}}{a};$$

$$\text{при } R = b(t): \frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\frac{a^2}{b}\dot{w}_{1a} - 2\frac{a}{b}\dot{a}w_{1a}; \quad w_1 = w_{1a}\frac{a^2}{b^2}; \quad p_1 = p_{1b}; \quad \frac{\partial w_1}{\partial R} = -2w_{1a}\frac{a^2}{b^3}.$$

Исключая постоянную $F(t)$, получим систему относительно внутреннего радиуса СТС a и его скорости \dot{a}

$$\begin{cases} a\dot{w}_{1a} + 2w_{1a}^2 - \left(1 + \frac{a}{b}\right)\left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)\frac{w_{1a}^2}{2} = \\ = -\frac{1}{\rho_1}\left[4w_{1a}\frac{\mu_1}{a}\left(1 + \frac{a}{b} + \frac{a^2}{b^2}\right) + \frac{2b}{b-a}\left(\frac{\Sigma_a}{a} + \frac{\Sigma_b}{b}\right) + \frac{b}{b-a}(p_3 - p_{2a})\right], \\ \dot{a} = w_{1a}. \end{cases} \quad (2)$$

Внешний радиус b определяется из условия сохранения массы топлива в СТС

$$b^3(t) = a^3(t) + b_0^3 - a_0^3. \quad (3)$$

Состояние пара в расширяющемся адиабатически пузырьке можно считать гомобарическим, т.е. постоянным в каждый момент времени [15], поэтому оно определено только степенью расширения парового пузырька

$$\frac{p_{2a}(t)}{p_{2a0}} = \left(\frac{a_0}{a(t)}\right)^{3\gamma_v}, \quad (4)$$

где γ_v – показатель адиабаты перегретого водяного пара. Исключая из системы (2) скорость w_{1a} , получим *обыкновенное дифференциальное уравнение движения сферического парового пузырька топливной глобулы:*

$$\begin{aligned}
 a\ddot{a} = \dot{a}^2 & \left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{a}{b} \right) \left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right) - 2 \right] - 4 \frac{\mu_1}{\rho_1} \frac{\dot{a}}{a} \left(1 + \frac{a}{b} + \frac{a^2}{b^2} \right) \\
 & + \left[2 \left(\frac{\Sigma_a}{a} + \frac{\Sigma_b}{b} \right) + p_3 - p_{2a} \right] \frac{b}{(b-a)\rho_1}
 \end{aligned} \quad (5)$$

При $b \rightarrow \infty$ это уравнение переходит в классическое уравнение Релея-Ламба для радиального движения пузырька в безграничной вязкой несжимаемой жидкости [15]. Нелинейные соотношения (3)-(5) решаются численно.

Приближенные соотношения. Найдем приближенные соотношения, важные для качественного анализа рассматриваемого движения и определения механизма разрушения СТС. Приводя уравнение (5) к безразмерному виду с помощью характерного времени $t_x \approx \sqrt{a_0(b_0 - a_0)\rho_1 / p_3}$, найдем существование следующих критериев подобия, управляющих процессом расширения топливной глобулы:

$$\begin{aligned}
 \Pi_p &= p_{2a0} / p_3, \quad \Pi_\Sigma = \Sigma_b / a_0 p_3, \\
 \Pi_\mu &= \sqrt{\mu_1^2 / a_0^2 \rho_1 p_3}, \quad \Pi_a = a_0 / b_0 = \alpha_{20}^{1/3}, \quad \Pi_v = \gamma_v.
 \end{aligned}$$

Для характерных значений давлений в дизельных двигателях

$$\begin{aligned}
 p_3 &= (3-10) \text{ МПа}, \quad p_{2a0} = (50-100) \text{ МПа}, \\
 \Sigma_b &= 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}, \quad b_0 = (30-50) \text{ мкм}
 \end{aligned}$$

эти критерии имеют следующие значения:

$$\begin{aligned}
 \Pi_p &= (10-30), \quad \Pi_\Sigma = (10^{-4} - 10^{-3}), \quad \Pi_\mu = (3 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-1}), \\
 \Pi_a &= (0,37 - 0,67), \quad \Pi_v = 1,3.
 \end{aligned}$$

Большой либо малый порядок этих величин делает возможным упрощение некоторых из полученных выше соотношений. Можно отметить, например, что для условий в камере сгорания дизельного двигателя *поверхностное натяжение оказывает слабое влияние на поведение капель ЭТ*, особенно если учесть, что в результате прогрева топливной глобулы коэффициент поверхностного натяжения значительно уменьшается.

Определим значения параметров в характерных положениях СТС – в состоянии равновесия и в положении максимального расширения. В состоянии равновесия имеем $\dot{a}_e = 0, \ddot{a}_e = 0$; тогда из (5) следует *условие равновесия сил* в положении равновесия СТС

$$2 \left(\frac{\Sigma_a}{a_e} + \frac{\Sigma_b}{b_e} \right) = p_{2ae} - p_3,$$

или
$$2\left(\frac{a_0 \Sigma_a}{a_e \Sigma_b} + \frac{a_0}{b_e}\right) \Pi_\Sigma = \Pi_p \left(\frac{a_0}{a_e}\right)^{3\gamma_v} - 1. \quad (6)$$

Из (6) следует $p_{2ae} \approx p_3$, т.е. в положении равновесия давления в паровом пузырьке и камере сгорания приблизительно уравниваются друг друга. Отсюда, с учетом (4)

$$a_e \approx a_0 \Pi_p^{1/3\gamma_v}. \quad (7)$$

При $\Pi_p = 10, 20, 30$ и $\gamma_v = 1,3$ (для перегретого пара [16]) имеем $a_e = 1,8a_0, 2,2a_0, 2,4a_0$, соответственно. Таким образом, топливная глобула интенсивно расширена уже в положении равновесия, а ее максимальное расширение, найденное ниже, заметно больше. Внешний радиус СТС в положении равновесия, b_e , может быть вычислен с помощью формулы (3).

Линеаризуем уравнение (5) около положения равновесия. Положим $a(t) = a_e + a'(t)$, $b(t) = b_e + b'(t)$, $p(t) = p_3 + p'(t)$, $\dot{a} = \dot{a}'$, $\ddot{a} = \ddot{a}'$, где $a' \ll a_e$, $b' \ll b_e$ – малые отклонения от положения равновесия. Отбросив члены порядка выше первого, получим уравнение малых колебаний парового пузырька топливной глобулы около положения равновесия

$$a_e^2 \ddot{a}' = -\frac{4\mu_1}{\rho_1} \left(1 + \frac{a_e}{b_e} + \frac{a_e^2}{b_e^2}\right) \dot{a}' - \left[\frac{3\gamma_v b_e p_3}{(b_e - a_e) \rho_1} \left(\frac{a_0}{a_e}\right)^{3\gamma_v} + \frac{2}{(b_e - a_e) \rho_1} \left(\Sigma_b + \frac{a_e^2}{b_e^2} \Sigma_a\right) \right] a'. \quad (8)$$

Здесь учтено $p'_{2a} = -p_{2a0} (a_0 / a_e)^{3\gamma_v} 3\gamma_v a' / a_e$. Анализ дифференциального уравнения (8) (см. [17]) показывает, что при большом влиянии вязкости

$$4\mu_1^2 \left(1 + \frac{a_e}{b_e} + \frac{a_e^2}{b_e^2}\right)^2 > \frac{a_e^2 \rho_1}{(b_e - a_e)} \left[3\gamma_v b_e p_3 \left(\frac{a_0}{a_e}\right)^{3\gamma_v} + 2 \left(\Sigma_b + \frac{a_e^2}{b_e^2} \Sigma_a\right) \right],$$

движение имеет аperiодический затухающий характер. При выполнении противоположного неравенства СТС совершает затухающие колебания с периодом

$$\tau = \frac{2\pi a_e^2 \rho_1 \sqrt{b_e - a_e}}{\sqrt{a_e^2 \rho_1 \left[3\gamma_v b_e p_3 + 2 \left(\Sigma_b + \frac{a_e^2}{b_e^2} \Sigma_a\right) \right] - 4\mu_1^2 (b_e - a_e) \left(1 + \frac{a_e}{b_e} + \frac{a_e^2}{b_e^2}\right)^2}} \quad (9)$$

и логарифмическим декрементом затухания

$$D = 2\mu_1 \left(1 + a_e / b_e + a_e^2 / b_e^2\right) / a_e^2 \rho_1.$$

Таким образом, характерное значение времени движения СТС (9) существенно отличается от периода колебаний обычного тонкостенного (мыльного) пузырька $\sqrt{a_e^3 \rho_1 / \Sigma}$ [15]. Для значений параметров, характерных для дизельных двигателей, вкладом вязкости и поверхностного натяжения можно пренебречь

$$\tau \approx 2\pi a_e \sqrt{\frac{(b_e - a_e) \rho_1}{3\gamma_v b_e p_3}}.$$

Эта формула дает возможность оценить время расширения топливной глобулы $\tau \approx (10^{-7} - 10^{-6}) \text{сек}$. Отметим, что период колебаний топливной глобулы практически не зависит от коэффициента поверхностного натяжения, а определен давлением в камере сгорания p_3 и начальным давлением пара в пузырьке p_{2a0} .

Найдем параметры топливной глобулы в положении максимального расширения пузырька. Применим к СТС *теорему об изменении кинетической энергии механической системы* [17]. Примем в качестве начального момент времени $t = 0$, а в качестве конечного – момент максимального расширения топливной глобулы t_m . Оба положения характерны состояниями покоя СТС, в котором его кинетическая энергия равна нулю. Поэтому упомянутая теорема может быть записана так:

$$K_m - K_0 = 0 = A_{p_3} + A_{p_{2a}} + A_{\Sigma_a} + A_{\Sigma_b},$$

где K – кинетическая энергия СТС;

$$A_{p_3} = -4\pi p_3 (b_m^3 - b_0^3) / 3;$$

$$A_{p_{2a}} = 4\pi p_{2a0} a_0^3 \left[\left(a_m / a_0 \right)^{3(1-\gamma_v)} - 1 \right] / 3(1-\gamma_v);$$

$$A_{\Sigma_a} = -4\pi \Sigma_a (a_m^2 - a_0^2), \quad A_{\Sigma_b} = -4\pi \Sigma_b (b_m^2 - b_0^2) - \text{работа сил давления в}$$

камере сгорания, внутри парового пузырька, а также сил поверхностного натяжения на перемещениях внутренней и внешней поверхностей СТС, соответственно. В результате получим

$$\frac{p_{2a0} a_0^3}{1-\gamma_v} \left[\left(\frac{a_m}{a_0} \right)^{3(1-\gamma_v)} - 1 \right] = p_3 (b_m^3 - b_0^3) + 3\Sigma_b (b_m^2 - b_0^2) + 3\Sigma_a (a_m^2 - a_0^2). \quad (10)$$

Для характерных значений параметров глобулы ЭТ в камере сгорания дизельного двигателя двумя последними слагаемыми (а также a_0^3 в уравнении $b_m^3 = a_m^3 + b_0^3 - a_0^3$) можно пренебречь и получить уравнение для определения максимального радиуса a_m

$$\left(a_m / a_0 \right)^{3(1-\gamma_v)} = 1 + (1-\gamma_v) (a_m / a_0)^3 / \Pi_p.$$

Приведа это трансцендентное уравнение к виду

$$S_m^{\gamma_v-1} = 1 + (\gamma_v - 1) S_m^{\gamma_v} / \Pi_p,$$

где $S_m = (a_m / a_0)^3$ – максимальная степень объемного расширения пузырька, и используя метод асимптотического разложения по малому параметру $(\gamma_v - 1) / P_p$, получим приближенное решение в виде

$$S_m \approx \left[\frac{\gamma_v - 1}{P_p} \left(1 + (\gamma_v - 1) \left(\frac{\gamma_v - 1}{P_p} \right)^{\gamma_v - 1} \right)^{1/(\gamma_v - 1)} \right]^{-1}. \quad (11)$$

Таким образом, учитывая, что $\gamma_v = const$, степень максимального расширения топливной глобулы определена только отношением P_p начального давления в паровом пузырьке к давлению в камере сгорания. При $\gamma_v = 1,3$ уравнение (11) имеет следующие значения корня: $S_m = 23,91$ ($a_m = 2,88a_0$) – при $P_p = 10$; $S_m = 50,78$ ($a_m = 3,70a_0$) – при $P_p = 20$; $S_m = 78,49$ ($a_m = 4,28a_0$) – при $P_p = 30$. Погрешность формулы (11) увеличивается с уменьшением P_p от 2,2 % при $P_p = 30$ до 4,5 % при $P_p = 10$.

Характерные начальные значения толщины СТС для макро-ЭТ находятся в пределах от нескольких до нескольких десятков микрон и за время колебания уменьшаются в несколько раз. Например, при $\alpha_{20} = 0,008$, $a_0 = 10 \mu\text{м}$, $b_0 - a_0 = 40 \mu\text{м}$ максимальное расширение $b_m - a_m = 19,5 \mu\text{м}$, а при $\alpha_{20} = 0,512$, $a_0 = 40 \mu\text{м}$, $b_0 - a_0 = 10 \mu\text{м}$ имеем $b_m - a_m = 0,98 \mu\text{м}$.

О механизме разрушения топливной глобулы. Из полученных оценок следует, что сферический топливный слой, ограничивающий паровой пузырек, подвергается действию огромных сил инерции, вызванных его ускорением и торможением. Действительно, период свободных колебаний топливной глобулы в условиях камеры сгорания составляет $\tau \approx (10^{-7} - 10^{-6}) \text{сек}$. Тогда среднее значение скорости СТС имеет порядок $\langle w \rangle = 6 \cdot 10^{-5} \text{м} / 3 \cdot 10^{-7} \text{сек} = 200 \text{м/сек}$, а среднее ускорение $\langle g \rangle = 200 (\text{м/сек}) / 10^{-7} \text{сек} = 2 \cdot 10^9 \text{м/сек}^2$. Эти ускорения почти в миллиард раз превосходят ускорение силы тяжести, а соответствующие силы инерции – силу земного притяжения. При таком ускорении на 1 кг массы топлива действует сила инерции, равная $3 \cdot 10^8 \text{Н/кг}$. При появлении малых возмущений на поверхности топливной глобулы эта сила способна мгновенно разорвать жидкую пленку.

Это ставит вопрос о гидродинамической неустойчивости стенок топливной глобулы по отношению к аperiодическим возмущениям (типа Релея-Гейлора), и позволяет сформулировать гипотезу о возможном их разрушении этим механизмом. Действительно, в работах [18-19] показано, что при ускоренном движении деформированной капли

$\langle g \rangle = (10^4 - 10^5) \text{ м/сек}^2$), моделюємою тонким жидким слоем, сили инерции являются основной причиной разрушения слоя. Очевидно, можно предположить, что при ускорениях СТС порядка $\langle g \rangle = (10^8 - 10^{10}) \text{ м/сек}^2$ его неустойчивость должна развиваться интенсивно и образовывать в результате разрушения большое количество мельчайших капелек. В этом случае сформулированная гипотеза даст возможность найти величину основных параметров, характеризующих процесс вторичного (окончательного) дробления эмульгированного топлива в дизельных двигателях – размер, количество и момент образования вторичных капелек. Однако для строгого обоснования реализации механизма гидродинамической неустойчивости необходим анализ выполнимости необходимых условий «срабатывания» доминантного неустойчивого возмущения [19] на основе кинетических зависимостей параметров процесса, которые могут быть получены путем численного расчета найденных в настоящей работе уравнений движения СТС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Arai M. *Physics behind diesel sprays / Proceedings of 12th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems. – Heidelberg, Germany, Sept. 2-6, 2012. Book of Abstracts* – http://www.gdlp.de/new/spotlight_pollution (сайт організації Global Alliance on Health and Pollution).
2. Khan M.Y., Abdul-Karim Z.A., Hagos F.Y., Aziz A.R.A., Tan I.M. *Current trends in water-in-diesel emulsion as a fuel // The Scientific World Journal. – 2014. – Vol. 2014. – P. 1-15.*
3. Samec N., Kegl B., Dibble R. *Numerical and experimental study of water/air emulsified fuel combustion in a diesel engines // Fuel. – 2002. – Vol. 81. – P. 2035-2044.*
4. Abu-Zaid M. *Performance of single cylinder-direct injection diesel engine using water fuel emulsions // Energy conversion and Management. – 2004. – Vol. 45. – № 5. – P. 697-705.*
5. Lif A., Holmberg K. *Water-in-diesel emulsions and related systems // Advances in Colloid and Interface Science. – 2006. – V. 123-126. – P. 231-239.*
6. Kannan T. K., Gounder M. R. *Thevetia Peruviana biodiesel emulsion used as a fuel in a single cylinder diesel engine reduces Nox and smoke // Thermal Science. – 2011. – Vol. 15. – № 4. – P. 1185-1191.*
7. Singh N.K. *Experimental investigations of diesel emulsions as fuel in small direct injection compression ignition engines // Int. Journal of Mechanical Engineering. – 2012. – Vol. 2. – № 1. – P. 39-44.*

9. Kannan T. K., Udayakumar M. *NOx and HC emission control using water emulsified diesel in single cylinder diesel engine // Journ. Engineering and Applied Sciences.* – 2009. – Vol. 4. – № 8. – P. 59-62.
10. Lissant K.J. *Activities of Petrolite Corporation in the emulsified fuels program / Summary of Proceedings of Emulsified Fuels Program Review Meeting.* – Holiday Inn, Hampton, Va, 20 March, 1968. – P. 22-23.
11. Law C. K. *A model for the combustion of water/oil emulsion droplets // Comb. Sci. and Technol.* – 1977. – Vol. 17. – № 2. – P. 29-38.
12. Bedford F., Rutland C., Dittrich A., Raab A., Wirbeleit F. *Effect of direct water injection on DI diesel engine // SAE Paper.* – 2000. – № 2000-01-2938.
13. Zhou P.L. *An investigation into the atomization of emulsified fuels: PhD Thesis / University of Newcastle upon Tyne.* – Newcastle, 1992.
14. Velji A., Rimmels W., Schmidt R. M. *Water to reduce NOx emissions in diesel engines, a basic study / CIMAC.* – Interlaken, 1995.
15. Зматулин Р.И. *Динамика многофазных систем.* Ч. 1, 2. – М.: Наука, 1987.
16. Беляев Н.М. *Термодинамика.* – К.: Выща школа, 1987.
17. Тарг С.М. *Краткий курс теоретической механики.* – М.: Наука, 1967.
18. Girin A.G. *On the mechanism of inviscid drop breakup at relatively small Weber numbers // Atomization and Sprays.* – 2012. – Vol. 22. – № 11. – P. 921-934.
19. Girin A.G. *Drop deformation and acceleration: effects of inertia in fragmentation // Atomization and Sprays.* – 2014. – Vol. 24. – № 4. – P. 349-366.

Стаття надійшла до редакції 08.09.2015

Рецензент – доктор технічних наук, професор, проректор з НР Національного університету «Одеська морська академія» **В.А. Голіков**

УДК 662.758.2-3

А.Г. Данилян, В.И. Чимшир, А.И. Найденов

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕВОДА СУДОВ РЕЧНОГО ФЛОТА
НА ВОДОТОПЛИВНУЮ ЭМУЛЬСИЮ**

Проведен анализ использования различных видов топлив на речных судах. Показана перспектива использования водотопливной эмульсии на речных судах. Раскрыт процесс сгорания водотопливной эмульсии в среднеоборотном судовом двигателе. Предложена принципиальная схема подготовки водотопливной эмульсии в судовых условиях. Произведен расчет эффективности использования водотопливной эмульсии на примере перевозки железорудного концентрата из порта Измаил до порта Линц.

Ключевые слова: водотопливная эмульсия, речные суда, топливо-подготовка, гомогенизатор, тяжелое топливо.

Проведено аналіз використання різних видів палива на річкових суднах. Показана перспектива використання водопаливної емульсії на річкових суднах. Розкрито процес згоряння водопаливної емульсії в середньооборотному судовому двигуні. Запропоновано принципову схему підготовки водопаливної емульсії в судових умовах. Зроблено розрахунок ефективності використання водопаливної емульсії на прикладі перевезення залізорудного концентрату з порту Ізмаїл до порту Лінц.

Ключові слова: водопаливна емульсія, річкові судна, паливopідготовка, гомогенізатор, важке паливо.

The analysis of various aspects fuels usage on river boats is carried out. Usage prospect of fuel-water emulsion is shown on river boats. The combustion process of a water-fuel emulsion in medium-reverse marine engine is uncovered. The schematic diagram of a water-fuel emulsion preparation in ship conditions is offered. Calculation of efficiency of a water-fuel emulsion usage in terms of transportation iron-ore concentrate from port Izmail to port Linz is effected.

Keywords: a water fuel emulsion, river boats, fuel preparation, the homogenizer, heavy fuel.

Введение. Использование природного газа и водотопливной эмульсии (ВТЭ) на речных судах значительно может снизить бункеровочную составляющую в чартере перевозок. Двигателя, использующие природный газ (DualFuel), находят свое применение на различных флотах. Одними из первых природный газ, в качестве топлива для речных судов, стали использовать китайские судовладельцы. До 2015 года они расширили сферу использования, создав ряд морских буксиров с двигателями Wartsila 34DF для прибрежного морского плавания с составами до 20-25 тыс. тонн.

Хороших практических результатов по использованию ВТЭ на морских судах достигли европейские судоходные компании. Эти результаты с успехом могут быть использованы на речных судах и судах смешанного плавания Украинских судоходных компаний, где в качестве основного топлива, на сегодняшний день, используется легкое или так называемое светлое топливо (ДЛ).

В последнее время, намечена тенденция удорожания перевозок, в связи с планомерным ростом цен на бункерное топливо, которое достигло на начало 2015 год следующей цены:

- ДЛ - 1000 -1050 \$;
- IFO180 – 680 – 700 \$;
- IFO 380 – 620 – 640 \$.

На данный момент цены на топливо резко упали по бункерным плацам мира, но этот факт не может быть принят в расчет, так как мир столкнулся с конкурентной борьбой принципов стран ОПЕК против США и РФ. По прогнозам экспертов цены в ближайшее время вернуться на прежний уровень, а в дальнейшем значительно его превзойдут.

Речной флот Украины работает на ДЛ, которое при составлении чартер-партии составляет 70 % и более ее конечной цены. Над вопросом снижения бункеровочной составляющей как основной статьи расхода при транспортировке груза занимается большое количество специалистов в ведущих отечественных и зарубежных институтах и лабораториях.

После анализа ряда опубликованных работ, можно выделить два основных направления, таких как: применение сжиженного природного газа (СПГ, англ. LNG – liquefied natural gas; преимущественно метан, CH₄); применение водотопливной эмульсии (ВТЭ).

В рамках данного исследования предлагается рассмотреть возможность использования на речных судах ВТЭ на основе тяжелого топлива марки IFO-380 с 30 % включением пресной воды, с созданием данной смеси в судовых условиях.

Целью исследования является разработка технологии получения водотопливной эмульсии в судовых условиях.

Изложение основного материала. Преимущества применения СПГ значительно превышают применение ВТЭ на современном этапе развития обеих технологий. Применение СПГ решает проблему со снижением транспортных расходов и полным обеспечением экологической безопасности морских и речных перевозок.

На сегодня, существует ряд проблем, препятствующих широкому применению этой технологии. Из них можно выделить следующие:

- низкий темп обновления флота. Известно, что более эффективным является переход речных судов на метан, причем такой переход возможен только на новостроящихся судах, так как перевод уже существующего флота на этот вид топлива пока не имеет широкой мировой практики по причине больших затрат и несогласованности с надзорными

органами по причине невозможности обеспечения необходимой безопасности мореплавания;

- отсутствие объектов бункеровки. Несмотря на перспективность использования метана на флоте, строительство бункеровочных объектов не коснулось наших границ и сопредельных государств, в настоящее время ближайшие объекты бункеровки судов жидким метаном находятся в Германии и Латвии.

Таким образом, на данный момент есть смысл рассмотреть вариант перехода речных судов на тяжелое топливо. Широко известно, что без использования ВТЭ перевод речного флота на тяжелые сорта топлива практически невозможен, это связано с установкой громоздкого и энергоемкого оборудования для топливоподготовки тяжелых сортов топлива (IFO 80, IFO 120, IFO 180, IFO 380 и др.), которое используется на крупнотоннажных морских судах. Если учесть, что современные гомогенизаторы способны создавать гомогенную однородную смесь, которая остается стабильной от 18 месяцев и более, то становится очевидным, что приготовление ВТЭ будет более целесообразно в условиях береговых бункеровочных баз, снизив тем самым судовые расходы.

Конструкция системы топливоподдачи с включенным в себя гомогенизатором незначительно отличается от стандартной. Тем самым снижается сложность переоборудования.

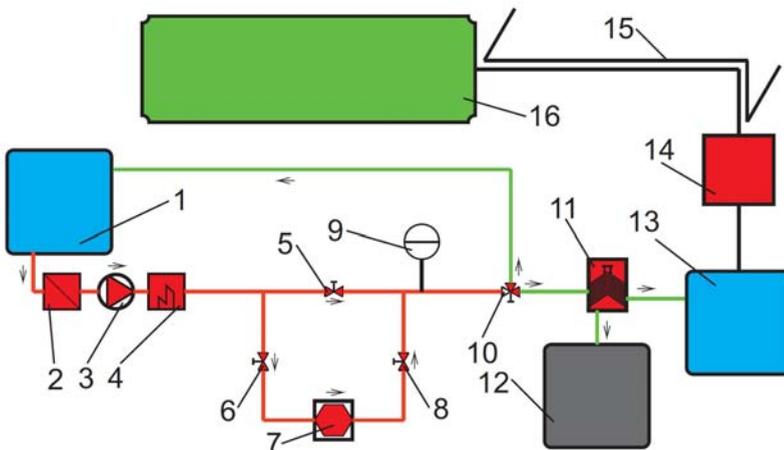


Рис. Общая схема гомогенизации тяжелого топлива:

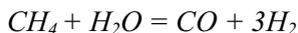
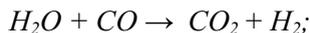
- 1 – танк запаса IFO 380; 2 – топливный фильтр; 3 – топливный насос;
- 4 – подогреватель топлива; 5 – перепускной клапан;
- 6 – клапан входа на гомогенизатор; 7 – гомогенизатор;
- 8 – клапан выхода с гомогенизатора;
- 9 – электронный блок управления; 10 – 3-х ходовой клапан;
- 11 – сепаратор; 12 – илам; 13 – расходной танк;
- 14 – бустерная установка; 15 – спутники; 16 – ДВС

На рисунке топливо IFO 380 из танка смешанного топлива (1) проходит фильтр (2) и топливным насосом (3) подается на подогреватель (4), откуда топливо может проходить напрямую без гомогенизатора (7) прямо на сепаратор (12) и далее в расходной танк (13). Электронный блок (9) управляет всей схемой, закрывая байпасный клапан (5), открывает клапан на вход (6) и выход (8) на гомогенизатор, где производится ВТЭ заданной структуры. Далее полученная смесь подается на сепаратор и расходной танк (13).

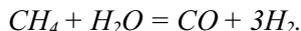
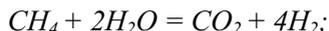
В отличие от обезвоженного топлива ВТЭ, обладает большей теплоемкостью и большим коэффициентом теплопередачи, поэтому прогрев капель после распыливания осуществляется с такой же скоростью, что и обезвоженного топлива. Размером глобул воды определяется количество потенциальной энергии, которой обладает частица, следовательно, для разрушения такой частицы необходимо затратить определенное количество энергии. Момент измельчения капли топлива приближается к фазе интенсивного испарения, что создает благоприятные условия для ускорения предпламенных процессов. На поверхности глобул воды ВТЭ сосредотачиваются наиболее тяжелые фракции высоковязкого топлива, обладающие наибольшим количеством кинетической энергии, поэтому они концентрируются на внешней поверхности факела. Таким образом, высоковязкие фракции отделяются от легких фракций и затем интенсивно распыливаются до высокодисперсного состояния в воздушном заряде. Высокодисперсные частицы равномерно с высокой скоростью перемещаются в камере сгорания, взаимодействуя с соседними частицами, разрушают асфальтные смолистые соединения.

Водная фаза гомогенного топлива частично диссоциирована, а в дальнейшем с повышением температуры при активизации сгорания ионная реакция диссоциации воды принимает ускорение. Полученный избыток атомов водорода при диссоциации замещает затраченную энергию на процесс диссоциации воды. Участие полученного водорода в процессе диссоциации увеличивает количество продуктов сгорания.

Сам процесс горения имеет видоизмененный характер, потому что в начальном процессе гомогенизации на молекулярном уровне создаются легкие газовые дистиллятные фракции, при этом высокая степень дисперсности фракций дает наилучшее смещение топлива с зарядом воздуха, а значит, при этих условиях ускоряется начало воспламенения топлива в процессе горения. В рабочем органе гомогенизатора происходит интенсификация кавитационного процесса, вследствие которого, при бомбардировке гидротоков после процесса схлопывания газовых пузырьков и замещения пустот ими, происходит высвобождение тепловой и кинетической энергии, позволяющей диссоциировать начальную ВТЭ на кислород (O) и водород (H), что дает при сгорании смеси повышение (ускорение) термохимической реакции в камере сгорания.



и далее на водород и гидроксил



Используя исследовательские материалы по подготовке ВТЭ с различными процентными соотношениями, вода-топливо, можно остановиться на 30 % содержании воды в топливе. Для получения гомогенной смеси используются различные типы современных гомогенизаторов зарубежного производства: УКДГ – 89М, TRGA, система обработки судового топлива PSSF – Pretreatment System of Ship Fuel производства фирмы BIMONT – SLOVENIA, UFH REDISER Cavitation – производство Германия. Подбор системы ВТЭ для речного флота необходимо производить на основе энергоемкости установки, ее надежности, габаритов и совершенства процесса гомогенизации, особенно важно знать последние опытные образцы, способные работать одновременно с эффектом воздействия ультразвука, кавитации и электромагнитного поля на обрабатываемую смесь. Современная установка получения ВТЭ для речных судов с производительностью – $Q = 1 \text{ м}^3$ потребляет около 2-3 кВт/час, основные затраты энергии расходуются на подогрев ВТЭ перед двигателем 80-90 °С.

Существует закономерность, от снижения вязкости ВТЭ около 20-25 %, снижение температуры смеси при нагревании не произойдет, необходимо будет подогревать смесь для достижения диапазона вязкости перед ТНВД 10-15 сСт с теми же затратами энергии, что и для тяжелого топлива IFO 380. Здесь необходимо использовать энергию внутреннего контура главных двигателей 70-80 °С для подготовки ВТЭ с дальнейшим подогревом в электрическом топливоподогревателе с доведением до заданной вязкости.

Очевидно, что перевод работы флота на ВТЭ в конечном счете снизит фрахтовую ставку за тонну перевезенного груза из порта «А» в порт «В».

Приведем пример конкретного расчета перевозки одной тонны железорудного концентрата из п. Измаил до п. Линц (Австрия) судами Украинского Дунайского пароходства по объявленной фрахтовой ставке – 32 \$. Рассмотрим использование топлива марки IFO 380 в ВТЭ: $1000 - 700 = 300\$$, удешевление фрахтовой ставки без расходов на подготовку ВТЭ, составит 30 %, $32 \times 0,3 = 9,6 \$$, отсюда новая фрахтовая ставка будет $32 - 9,6 = 22,4\$$.

В расчет не принята экономия от использования ВТЭ, которая опытным путем определена от 5 до 15 %, отсюда $1000 \times 0,05 = 50$ \$, это тот резерв, который с остатком покрывает наши все расходы на приготовление ВТЭ [2].

Выводы. Как показали проведенные исследования, расход топлива в судовых дизелях, с переводом на ВТЭ, снижается на 10-15 %, в котлоагрегатах на 8-10 %. Кроме того, в энергетических установках, работающих на водно-топливной эмульсии, кроме снижения расхода топлива, достигается значительное улучшение экологических характеристик уходящих газов. В дизелях, работающих на ВТЭ с водосодержанием 17-30 %, эмиссия NO_x уменьшается на 30-37 %, SO_2 на 50 %, H_2S и несгоревших углеводородов в несколько раз [3].

Вместе с тем перевод двигателей на ВТЭ речного флота Украины имеет под собой определенные сложности несмотря на то, что эти затраты в десятки раз ниже, чем переход на двигатели DualFuel. Мы столкнемся с проблемой необходимости повышения мощности судовых электростанций для установки топливоподогревателей в системе топливоподготовки тяжелого топлива.

Режимы маневрирования судов и работа на малых оборотах потребует дальнейшего изучения процессов наполнения заряда и сгорания ВТЭ в цилиндре двигателя для обеспечения безопасности мореплавания. Подобный вопрос на судах с двигателями DualFuel надзорными органами разрешен с ограничениями, т.е. работа двигателя в автоматическом режиме переводится на легкое топливо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сеземин А.В. Уменьшение выбросов оксидов азота серийного судового двигателя путем организации рабочих процессов [Текст]: Дис. ... канд. тех. наук / А.В. Сеземин. – М., 2014. – 145 с.
2. Данилян А.Г. Не упустить время, не потерять богатства // Транспорт. – 2013. – № 11. – С.65-68.
3. Андриющенко С.П. Уменьшение выбросов оксидов азота с отработавшими газами судовых дизелей посредством применения эмульсии дизельного топлива с водой [Текст]: Дис. ... канд. тех. наук / С.П. Андриющенко. – М., 2014. – 129 с.
4. Оборудование для корабельного топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \WWW/ URL: [http:// afuelsystems.com/ru/trga/s164.html](http://afuelsystems.com/ru/trga/s164.html) – 16.03.2015 г. – Загл. с экрана.

5. *Эффективность применения воднотопливной эмульсии (ВТЭ) в дизельных двигателях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \WWW/ URL: [http:// vortexfuel.com.ua/burning.html](http://vortexfuel.com.ua/burning.html) – 20.03.2015 г. –Загл. с экрана.*

Стаття надійшла до редакції 10.09.2015

Рецензенти:

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

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

658.012.122:656.07

Ю.Ю. Крук

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПЛАНЕ-ГРАФИКЕ ОБРАБОТКИ СУДНА

В статье рассматривается формирование плана-графика обработки судна, как технологии Управления проектом по временным параметрам {Project Time Management}. Этот раздел управления проектами включает задачи и процедуры управления проектом, необходимые и достаточные для обеспечения своевременного выполнения проекта, в том числе определение работ, их последовательность, оценку продолжительности работ, разработку и контроль календарного плана.

Ключевые слова: морской порт, обработка судна, управление проектом, календарный план.

У статті розглядається формування плану-графіка обробки судна, як технологія Управління проектом по тимчасових параметрах {Project Time Management}. Цей розділ управління проектами включає завдання і процедури управління проектом, необхідні і достатні для забезпечення своєчасного виконання проекту, у тому числі визначення робіт, їх послідовність, оцінку тривалості робіт, розробку і контроль календарного плану.

Ключові слова: морський порт, обробка судна, управління проектом, календарний план.

The article deals with the formation of the plan-graphics processing vessel as a technology project management time parameters {Project Time Management}. This section includes project management tasks and procedures of project management, necessary and sufficient to ensure the timely implementation of the project, including the definition of work, their sequence, duration of assessment work, elaboration and monitoring schedule.

Keywords: seaport, handling vessel, project management schedule.

Постановка проблемы. Классическая постановка задачи оперативного управления обработкой судов в порту подразумевает нахождение наилучшего допустимого решения, то есть оптимального решения, для каждой из возможных ситуаций. Однако, если множество возможных ситуаций велико, или сменяются они достаточно быстро, или затраты на точную идентификацию ситуации высоки, то возникает потребность использовать пусть не оптимальные, но рациональные и простые управленческие решения.

Понятно, что априорное ограничение класса возможных управлений, с одной стороны снижает гарантированную эффективность управления, а с другой стороны – позволяет уменьшить информационную нагрузку на руководителя грузового района в порту и дать ему возможность

максимально использовать в новой ситуации, как свой собственный опыт, так и опыт реализации других аналогичных проектов [26].

При использовании унифицированного управления (типовых решений) возникают несколько проблем: определения оптимального (по тем или иным критериям) разбиения множества возможных состояний системы, то есть – выделение типовых ситуаций; поиск оптимальных (опять же по тем или иным критериям) типовых решений и т.д. Использование формальных моделей типовых решений позволяет: агрегировать опыт, накопленный организацией, обеспечивать априори известный уровень гарантированной эффективности управления, а также организовывать обучение менеджеров грузовых работ [26].

Обзор последних исследований и публикаций. Среди публикаций на эту тему в первую очередь выделяются работы Магамадова А.Р. и Макаренко А.Е. [1-4].

В первой работе [1] «Методические основы разработки технологических план-графиков обслуживания судов в морских портах» рассматривается постановка задачи как в общем виде, так и для отдельных ситуаций, которая опирается на идеи календарного планирования производственных процессов, к числу которых относятся и процесс обслуживания судов (ПОС) в морских портах. Задача исследуется с позиций оптимизации ПОС, что диктуется потребностями обеспечения в конечном итоге высокоэффективного портового (стивидорные) бизнеса. При этом основное внимание сосредотачивается на методическом аспекте задачи в соответствии с процедурой построения календарных планов обслуживания судов в режиме оперативного управления ПОС. В основе параметра управления лежит время обработки трюма комбинацией технологических линий. Возможные комбинации задаются заранее (априори).

В работе [2] «Анализ системы оперативного управления обслуживания судов в портах» приведены результаты исследования роли функции анализа в механизме реализации оперативного управления процессом обслуживания судов в морских портах. Предложено использовать интегральный метод анализа для оценки как промежуточных, так и окончательных результатов обработки судов.

В работе [3] «Об одном подходе к регулированию очередности обслуживания судов в портах» приведены результаты исследования начальной задачи оперативного управления процессом обслуживания судов в портах, связанной с обоснованием принципа ранжирования судов по степени их влияния на результаты производственно-экономической деятельности портов и разработкой, на этой основе, методики формирования оптимальной, с точки зрения порта, последовательности обслуживания судов.

В работе [4] «Экономико-математические модели задачи о календарном плане обработки судна» дан обзор экономико-математических моделей, предназначенных для решения задачи о календарном плане обработки отдельно рассматриваемого судна. Задача исследуется в поста-

новках «ресурсы-результат» и «результат-ресурсы». Модели записаны в терминах линейного, нелинейного и динамического программирования. Обзор публикаций, посвященных этой задаче, показывает, что до настоящего времени она изучалась преимущественно в постановке «ресурсы-результат» и притом для частного случая планирования процесса обработки судна (ПОС), когда предполагается, что для реализации ПОС будет использоваться наперед заданное количество технологических линий (ТЛ), которое является постоянным на протяжении всего периода обработки судна как по числу, так и по производительности. В то же время постановка задачи «результат-ресурсы» пока основательно не прорабатывались.

В настоящей работе ставится двуединая цель, состоящая, с одной стороны, в критическом анализе существующих методов календарного планирования ПОС и, с другой стороны, в обосновании нового подхода к исследованию этой задачи, в терминах нелинейного и динамического программирования.

Среди других работ следует выделить работу Малаксиано А.А. [5] «К вопросу выбора критерия оптимальности структуры парка перегрузочного оборудования порта» В работе рассматривается продолжительность жизненного цикла сложных и дорогостоящих видов производственно-технического оборудования порта, которое часто превышает 30 лет. Естественно, что в течение такого длительного промежутка времени условия работы порта не будут постоянными.

Таким образом, предлагаемый критерий оптимальности должен учитывать динамический и вероятностный характер изменения окружающей среды и параметров самого оборудования.

И, наконец, критерий оптимальности должен иметь комплексный совокупный характер глобальной системной цели, так как структура парка перегрузочного оборудования порта определяет результаты деятельности не только порта, но и остальных участников транспортного процесса – перевозчиков и грузовладельцев. Такой подход является основополагающим в исследовании проблем управления развитием транспортных систем.

В работе Махуренко Г.С., Крук Ю.Ю. [7] «Разработка механизма распределения ресурсов между судами при оперативном планировании работ стивидорной компании» показано, что основной задачей производственно-оперативного планирования в порту является установление объема и характера перегрузочных работ на планируемый период, распределение технических и трудовых ресурсов и разработка мероприятий для выполнения этого объема работ. В статье разбираются механизмы распределения ресурсов для выполнения производственно-оперативных работ стивидорной компании.

В работах Махуренко Г.С. и Холодняковой А.С. [8, 9] рассматривается иерархия управления технологической линией стивидорной компании и моделирование иерархии управления грузовыми работами. В

первой работе технологическая линия перегрузочных работ представлена как система массового обслуживания, оптимизируются параметры технологической линии. На основе показателя интенсивности обслуживания судов формируется иерархия управления технологической линией. В следующей работе рассмотрена модель, которая позволяет выбрать эффективную организационную иерархию управления грузовыми работами, а также обосновать необходимость и направление ее реформирования при изменении условий функционирования организации.

Интересными представляются работы Макушева П.А., Холоденко А.М. [10], посвященные моделированию процесса загрузки порта, Постанова М.Я., Савельевой И.В. [11], в которых рассматривается метод нахождения равновесного решения для портовых операторов в конкурентной среде типа олигополии.

Среди зарубежных источников следует отметить работу Хенеси Л. [11], посвященной имитационной модели для анализа операций по управлению терминалом и повышению эффективности работы терминала на основе использования мультиагентского подхода.

Постановка задачи исследования. Целью исследования является формирование плана-графика обработки судна, как технологии Управления проектом по временным параметрам {Project Time Management}. Этот раздел управления проектами включает задачи и процедуры управления проектом, необходимые и достаточные для обеспечения своевременного выполнения проекта, в том числе определение работ, их последовательность, оценку продолжительности работ, разработку и контроль календарного плана.

Основной материал исследования. Для выполнения проекта составляется множество различных планов, которые различаются между собой степенью охвата и детализацией работ проекта, назначением и функциональной принадлежностью: календарные планы составляют на весь жизненный цикл проекта и его этапы, для различных уровней управления и исполнителей проекта, заключивших контракты; составляются графики расписаний разработки и поступления проектно-сметной документации (ПСД), графики поставки материалов и оборудования и т. д. Основные задачи и процедуры управления проектом по временным параметрам представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, процесс управления проектом по временным параметрам включает следующие стадии:

- концепцию управления проектом;
- планирование проекта;
- контроль выполнения проекта;
- анализ и регулирование процесса выполнения проекта;
- закрытие управления проектом.

Стадия концепции управления проектом по временным параметрам включает:

Стратегию управления проектом. Определяются и согласовываются принципы, цели и задачи управления проектом по временным параметрам.

Таблица 1

*Основные задачи и процедуры
Управления проектом по временным параметрам*

Концепция управления проектом во времени	Планирование проекта по временным параметрам	Контроль выполнения проекта по временным параметрам	Анализ и регулирование проекта по временным параметрам	Завершение управления проектом по временным параметрам
Стратегия Управления проектом по временным параметрам	Определение работ проекта	Учет и отчетность о выполнении работ проекта	Выявление и анализ отклонения от расписания	Ведение баз данных и архива календарных работ
Предметная область управления временем	Определение взаимосвязи работ проекта		Определение негативных факторов	Формирование исполнительного сетевого графика
Методы и процедуры	Определение продолжительности работ		Определение регулирующих воздействий	Анализ календарного планирования
Полномочия и ответственность	Календарное планирование работ		Прогнозирование хода выполнения работ	Заключительный отчет
Ограничения	План управления проектом по времени		Утверждение уточненного расписания	
Утверждение концепции				

Предметную область управления «временем» в проекте. Она определяет совокупность календарных планов (расписаний), которые необходимо разработать для координации взаимодействия участников проекта и исполнителей работ на различных уровнях управления. Набор таких планов представляет собой согласованную систему планов проекта, основой которой является комплексный укрупненный план проекта. Этот план увязывает выполнение различных этапов проекта в единую стратегию и указывает основные вехи – контрольные события и сроки их свершения.

Исполнители проекта, заключающие контракт на выполнение этапа или комплекса работ проекта, учитывают контрольные сроки в качестве директивных временных ограничений при планировании собственных работ.

Предметная область управления временем в порту охватывает систему оперативного планирования, которая ограничивается коротким периодом (месяц, декада, сутки, смена).

Методы и процедуры. Концепцию управления проектом по временным параметрам определяют оптимизационные, статистические и эвристические методы и процедуры, используемые при разработке и контроле расписаний в проекте.

Полномочия и ответственность. Для управления проектом по временным параметрам необходимо назначить функционального менеджера, который назначит исполнителей и ответственных, определит их основные функции и задачи. Эти функции в порту выполняет главный диспетчер порта.

В соответствии с этими функциями Главная диспетчерская порта, получив график подхода судов, распределяет их по причалам с учетом их специализации, устанавливает объем судовых, вагонных и прочих работ по районам порта. Согласно объему работ рассчитывают необходимые производственные и трудовые ресурсы по районам и намечают мероприятия для выполнения плана. В случае необходимости, перераспределяют трудовые и производственные ресурсы между районами. При недостатке ресурсов принимают меры по привлечению рабочей силы, а в случае избытка, меры по загрузке рабочей силы в порту или вне его.

Уточнением месячного планирования является декадное, которое основывается на информации – заявке судовладельца, уточняющей дату прибытия судна в порт, род и количество груза, а также работы по вспомогательным операциям и комплексному обслуживанию судна. На основании информации – заявки судовладельца порт, разработав ПОС, включает судно в НПГРП, если производственные и трудовые ресурсы позволяют обрабатывать судно в данном десятидневном периоде. В противном случае судно включается в непрерывный план график работы порта (НПГРП) следующего планового периода. Декадное планирование позволяет конкретизировать практические мероприятия, обеспечивающие обработку судов наилучшим образом.

Во время обработки судна старший и сменные стивидоры вносят в соответствующие разделы технологического плана-графика обработки судна (ТПГОС) сведения о фактическом ходе грузовых операций по сменам и сравнивают их с планом. В процессе обработки судна вследствие воздействия различных факторов возможны отклонения от плановой части графика. В этом случае корректируют ТПГОС. Корректировку графика осуществляет старший стивидор по согласованию с заместителем начальника района по эксплуатации. Он устанавливает величину отклонений по каждому разделу плана-графика и намечает организационно-технические

мероприяття по ліквідації отставання от плану (перерасподілення планових ресурсів, збільшення числа технологічних ліній, перенос строк виконання суміщаних с грузовими допоміжними операціями, змінення послідовності обробки грузових приміщань).

Определение и согласование ограничений. Концептуальная или директивная последовательность выполнения этапов или крупных комплексов работ проекта, определяемая политикой или реальной ситуацией при осуществлении проекта, относится к ограничениям, которые необходимо учитывать при разработке концепции управления проектом по временным параметрам

При разработке концепции управления проектом по временным параметрам определяются также контрольные (директивные) даты и ключевые события, которые необходимо учитывать при разработке расписаний проекта.

Стадия планирование проекта по временным параметрам представляет общую постановку задачи календарного планирования, в которой разновидность расписаний работ проекта определяется их назначением, областью применения, особенностями проекта и другими факторами. Известные задачи календарного планирования можно классифицировать по следующим наиболее существенным признакам:

- виду целевой функции;
- типу организационно-технологической модели;
- способу потребления ресурсов на отдельных работах;
- виду ограничений на использование ресурсов.

В соответствии с общей постановкой задачи технологический план-график обработки судна (ТПГОС) – это организационный документ, который определяет состав и последовательность выполнения мероприятий по подготовке и организации обработки судна. Назначение ТПГОС – своевременная и полноценная подготовка и обработка судна, контроль за ходом грузовых и вспомогательных операций.

Календарный план производства грузовых операций должен содержать объем перегрузки груза по грузовым помещениям, график работы механизированных линий, количество перегрузочного оборудования, транспортных средств и рабочей силы.

По операциям комплексного обслуживания судна указывают наименование, продолжительность и сроки выполнения вспомогательных операций, выполняемых портом или с участием порта, а также осуществляемых другими организациями, но влияющих на перегрузочные работы (фумигация груза и т. д.). Продолжительность операций принимают по действующим нормам.

Особые указания по подготовке и организации обработки судна предусматривают мероприятия по подготовке складов, сепарационных и крепежных материалов; сведения об объеме грузовых работ по прямому варианту, о предварительной концентрации части груза в причальной зоне, об отвозе специфических грузов на склады других перегрузочных

комплексов. Здесь же конкретно уточняют технологию перегрузки некоторых грузов (ящиков прочных и непрочных, бочек с разными буртиками и т. д.) и дают указания по безопасности труда.

Исходными данными для расчета плана-графика являются:

- грузовой план судна;
- рабочие технологические карты;
- действующие нормы на выполнение грузовых и вспомогательных операций;
- сведения о расположении грузов на складах и наличии свободных складских площадей;
- линейные, объемные, весовые и архитектурно-конструктивные особенности судна;
- технико-эксплуатационная характеристика причала и его оснащенность;
- заявки агентов на снабжение судна водой, топливом, производство навигационного ремонта в процессе грузовых операций и других операций по комплексному обслуживанию судна.

Планы-графики рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определяется объем работы с каждым грузом по прямому и складскому вариантам и технологические схемы по этим вариантам.
2. Рассчитывается потребное количество механизированных линий. Под механизированной линией понимают условную усредненную по грузам на судне технологическую линию. Количество таких линий при обработке судна равно числу занятых основных перегрузочных машин (как правило, выполняющих кордонную операцию).

При определении количества линий для обработки судна необходимо исходить из того, что их число должно обеспечить загрузку-разгрузку судна в сроки, установленные нормами на обработку судна.

Для расчета числа механизированных линий, прежде всего по соответствующим РТК, следует выбрать технологическую производительность по судовым вариантам работ для каждой технологической схемы и каждого груза. Так как перегрузка груза может осуществляться как по прямому, так и по складскому варианту работ, необходимо найти среднюю производительность \bar{P}_i , т/смену, для каждого груза по судовым вариантам работ

$$\bar{P}_i = P_{i\text{пр}} \frac{q_{i\text{пр}}}{q_i} + P_{i\text{скл}} \frac{q_{i\text{скл}}}{q_i},$$

где $P_{i\text{пр}}$, $P_{i\text{скл}}$ – технологическая для i -го груза производительность линии при перегрузке соответственно по прямому и складскому вариантам, т/смену;

$q_{i\text{пр}}$, $q_{i\text{скл}}$ – количество i -го груза на судне, перегружаемого соответственно по прямому и складскому вариантам, т;

q_i – количество i -го груза на судне, т.

Зная среднюю для каждого груза производительность по судовым вариантам работ, находят среднюю производительность линии, т/смену, при обработке всех грузов на судне в целом

$$\bar{P}_{\text{суд}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{P}_i q_i}{\sum q_i},$$

где \bar{P}_i – средняя для каждого (i -го) груза технологическая производительность линии, т/смену,

q_i – количество i -го груза на судне, т;

$\sum q_i$ – количество всех грузов на судне, т.

Для случая, когда количество механизированных линий (кранов) меньше количества люков, время грузовых работ определяется согласно формуле

$$T_{\text{суд}} = \frac{t_{\text{см}} \sum q_i}{n \cdot \bar{P}_{\text{суд}} \cdot \alpha},$$

где α – коэффициент, учитывающий перерывы в грузовых операциях (обед, пересмена и др.), $\alpha = 0,8-0,87$.

Этим же временем ограничена работа на судне каждой механизированной линии (крана). Решим задачу расстановки механизированных линий. Для этого можно использовать следующую модель.

$$\sum_i \sum_j v_{ij} x_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_i p_{ij} \cdot x_{ij} = Q_j, j = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ij} \leq T_{\text{суд}}; i = \overline{1, m}; \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Здесь x_{ij} – время работы i -й технологической линии на j -м трюме, v_{ij} – значение приоритетности работы i -й технологической линии на j -м трюме (устанавливается экспертным путем), $p_{ij} = \bar{P}_{\text{суд}}$ – производительность работы i -й технологической линии на j -м трюме (т/час), Q_j – загрузка j -го трюма (в тоннах), $T_{\text{суд}}$ – запланированное время грузовых работ на судне.

Таким образом, закрепление механизированных линий за трюмами осуществляется по критерию максимальной приоритетности (условие 1). По условию (2) осуществляется полная разгрузка/загрузка трюмов, по условию (3) время работы механизированных линий ограничено временем обработки судна. И условие (4) есть условие неотрицательности переменных задачи.

Из определения общей постановки задачи, для составления календарного плана необходимо решить следующие задачи:

- определить перечень работ, которые необходимо выполнить для достижения результатов проекта;
- определить последовательности выполнения работ и взаимосвязи между работами;
- установить время продолжительности работ, необходимое для выполнения каждой отдельной работы;
- определить ресурсы, необходимые для выполнения работ;
- составить график выполнения работ в принятой постановке.

Определение перечня работ по проекту обработки судна. При разработке календарного плана или расписания проекта определяются работы, которые необходимо выполнить для осуществления проекта. Определение перечня всех работ проекта означает разложение элементов структуры работ (WBS), определяющей предметную область проекта, на более детальные работы, необходимые и достаточные для составления сетевой модели и календарного плана проекта для выбранного уровня управления. Каждому уровню управления соответствуют свои перечни работ, которые отличаются между собой степенью детализации работ. Постановка задачи представлена в таблице 2.

Таблица 2

Определение перечня работ проекта обработки судна

Заданы	Требуется
<ul style="list-style-type: none"> • Документы, определяющие предметную область • Структура работ проекта • Требования к работам проекта • Историческая информации 	<p>Определить перечни работ, необходимые для достижения целей проекта и удовлетворения заданным требованиям и условиям проекта</p>
Методы и Средства, используемые для решения задачи	
<ul style="list-style-type: none"> • Методы декомпозиции. • Типовые модели, положения и инструкции • Методы построения сечений с заданными свойствами. 	

Документы, определяющие предметную область. основаны на договорах об обслуживании судна, которые включают цели, условия и результаты обработки судна, что должно быть принято во внимание при определении перечня работ проекта.

Структура работ проекта (СПП), определяющая предметную область обработки судна, является основной исходной информацией для определения перечня работ по судну. Технологический процесс обработки судов в порту включает такие рабочие процессы:

- прием грузов к перевозке – операции и приемы: подготовка порта, отдельных его территорий, причалов, складов к приему грузов; прием грузов от отправителя, включая взвешивание, маркировку и другие операции; оформление документов, размещение и хранение грузов в порту;

- подготовка порта к приему судов – операции и приемы: подготовка причалов и всех средств порта, включая портовые буксиры, для приема судов определенных типов и размеров, о прибытии которых порт ставится в известность заблаговременно; подготовка грузов и необходимых средств к погрузке, их соответственное сосредоточение, составление грузовых планов;

- погрузка судов в порту – операции и приемы: доставка грузов к причалу, погрузка и укладка их в трюмах, штивка грузов, оформление грузовых документов;

- подготовка порта к отходу судна – операции и приемы: оформление грузовых документов, подготовка необходимых средств, включая буксиры для вывода судна из порта; осмотр судна и оформление его отхода.

Последующие рабочие процессы – подготовка к приему судов для выгрузки грузов, выгрузка грузов и сдача их получателю – включают операции, аналогичные тем, что и при приеме грузов от отправителей, подготовка порта к приему судов и погрузке грузов.

Требования к работам обработки судна (ограничения) задаются степенью детализации определяемого перечня работ сетевого графика, определяются назначением календарного плана (стратегический, тактический, оперативный), уровнем и горизонтом планирования, потребностями основных участников проекта к информации, необходимой для планирования, контроля и принятия решений.

Историческая информация – это технико-экономическая и технологическая документация проекта обработки судна, содержащая информацию о перечне и составе работ, выполненных на предыдущих стадиях обработки судна, а также в аналогичных проектах, выполненных ранее

Определение связей работ проекта обработки судна. Связи работ определяют логику выполнения работ проекта, которая отображается организационно-технологической моделью (ОТМ). Элементами ОТМ являются: перечень работ проекта и связи между ними, отображающие последовательность выполнения работ проекта обработки судна.

ОТМ обладают такими качествами, как наглядность, простота использования, удобство анализа, минимальная трудоемкость при их построении и корректировке.

Постановка задачи «Определение связей работ проекта» представлена в таблице 3.

Таблиця 3

Определение связей работ проекта обработки судна

Заданы	Требуется
<ul style="list-style-type: none">• Перечень работ.• Описание результатов проекта.• Технологическая последовательность работ проекта• Временные ограничения	Построить организационно-технологическую модель, удовлетворяющую установленным требованиям проекта.
Методы и средства, используемые для решения задачи	
Методы сетевого моделирования	

Для определения технологии выполнения работ проекта обработки судна необходима следующая информация.

Описание результатов проект. Необходимо знать и учитывать назначение и характеристики результатов (продуктов) проекта обработки судна, которые могут оказывать влияние на последовательность выполнения работ проекта.

Перечень работ проекта и их характеристики могут быть заданы в соответствии с решением предыдущей задачи

Технологическая последовательность работ проекта обработки судна есть логическая последовательность работ, определяемая экспертным путем специалистами-технологами или нормативными документами – ГОСТами и стандартами (СНиП, ГОСТ и др.).

Временные ограничения включают директивные, организационные и технологические ограничения на сроки выполнения работ проекта, а также внешние ограничения, отражающие зависимость работ проекта от внешних мероприятий.

Для определения взаимосвязей работ проекта может быть использовано организационно-технологическое моделирование (ОТМ). Это модель проекта, отражающая технологию выполнения работ проекта обработки судна. ОТМ представляет собой сетевую модель (сетевой график, диаграмму Ганта, логическую сеть), которая представляет проект и виде графика с взаимосвязями между работами. Элементами ОТМ являются работы проекта, которые в моделях могут быть отображены вершинами или дугами графа.

С помощью организационно-технологической модели можно отобразить любые взаимосвязи работ в проекте. Рассмотрим основные из них:

- *окончание – начало* – предшествующую работу необходимо завершить до начала последующей;

- *окончание – окончание* – предшествующую работу необходимо завершить до завершения последующей;
- *начало – начало* – предшествующую работу необходимо начать до начала последующей;
- *начало – окончание* – предшествующую работу необходимо начать до завершения последующей

Временные ограничения отражают ограничения на сроки выполнения работ или их частей и могут быть заданы в реальной или условной шкале времени и характеризуются:

- типом («не ранее» или «не позднее»);
- значением;
- точками работ, в которых они задаются.

Предположим судно, имеющее четыре люка (отсека), будут разгружать тремя механизированными линиями со средней производительностью $\overline{P}_{суд}$, т/смену. Известно распределение груза по отсекам, приоритеты распределения ТЛ по трюмам, коэффициент учитывающий перерывы в работе α и время смены $t_{см}$. Результаты решения модели (1)-(4) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Расстановка и время работы механизированных линий

№	ТЛ	Трюм				Продолжительность работы линии, ч
		первый (300 т)	второй (700 т)	третий (600 т)	четвертый (200 т)	
1		6	6			12
2		-	8	4	-	12
3		-	-	8	4	12
Итого:		6	14	12	4	36

Из решения модели видно, что распределение ресурсов не раскрывает календарного плана использования ресурсов в задаче обработки судна. Эту мысль можно выразить и так: ресурсы приходят и уходят, а задачи остаются.

Именно поэтому ведущую роль в работе над расписанием проекта играют представления, отражающие динамику работ: *Диаграмма Ганта* и *Сетевой график*. Диаграмма Ганта работы механизированных линий без учета технологической последовательности обработки судна представлена на рис. 1. Основное ограничение на последовательность работ связано с тем, что одновременно могут работать n технологических линий (в нашем случае $n = 3$). На графике $ТЛ_{ij}$ – представляет работу i -й технологической

линии на j -м трюме. Диаграмма Ганта работы механизированных линий с учетом технологической последовательности обработки судна представлена на рис. 2.

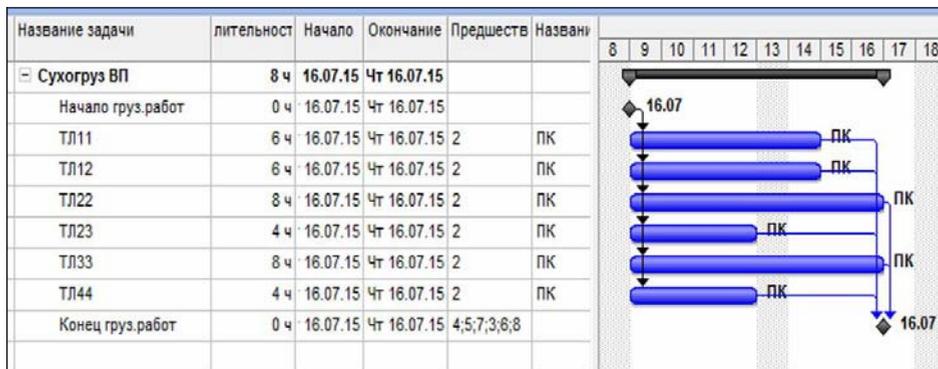


Рис. 1. Диаграмма Ганта работы механизированных линий без учета технологической последовательности обработки судна

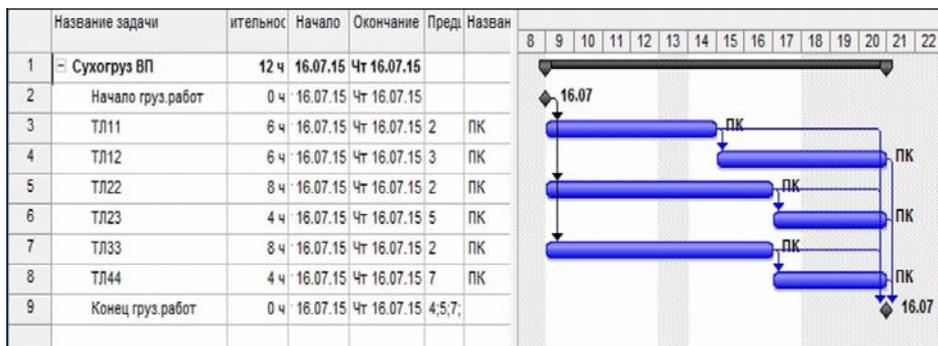


Рис. 2. Диаграмма Ганта работы механизированных линий с учетом технологической последовательности обработки судна

Вместе с тем, даже с учетом технологической последовательности при назначении ресурсов может возникнуть ситуация, когда суммарный объем назначения ресурса на некотором интервале времени превышает располагаемое количество этого ресурса. Такой ресурс называется *перегруженным*. Появление в проекте перегруженного ресурса может быть вызвано следующим причинами:

- назначение задаче ресурса в количестве, превышающем максимально допустимый объем назначений (определяемый значением максимальное количество единиц)',
- одновременное назначение ресурса на две или более задач, в результате чего суммарный объем назначений превышает максимально допустимый;

- назначение ресурса на задачи, выполняемые в период недоступности ресурса (в его нерабочее время);
- ошибками планирования (например, совмещением во времени задач, на которые назначен один и тот же ресурс).

Сетевой график обработки судна представлен на рис.3. По условию задачи сеть состоит из $n + 1$ вершины, в которой выделены две вершины – вход (нулевая вершина) и выход (вершина с номером n). Для каждой вершины заданы числа, определяющие время работы. Длинной пути называется сумма длин работ входящих в этот путь. Задача заключается в поиске кратчайшего пути (пути минимальной длины) от входа до выхода сети.

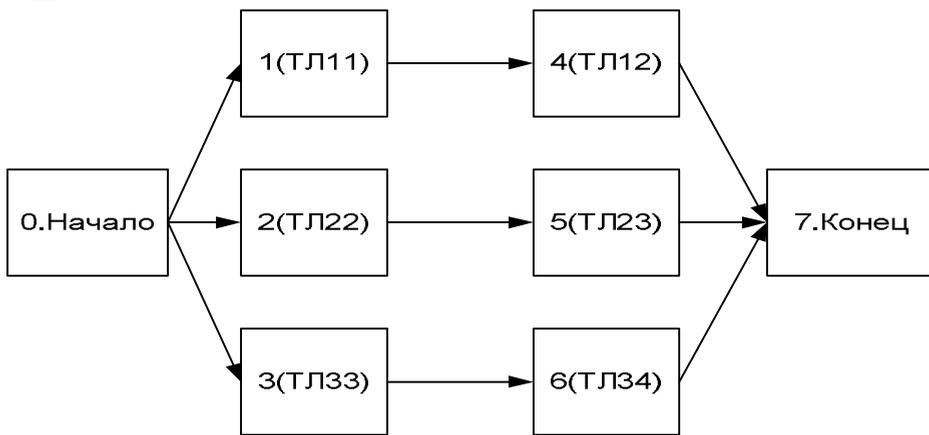


Рис. 3. Сетевой график обработки судна

На рисунке 3 $i, j = \overline{1,7}$ представляют работы сетевого графика в соответствии с решением, представленным в таблице 2. Для определения критического пути можно использовать метод критическую пути (МКП) [13]. Этот метод позволяет вычислить ранние и поздние даты начала и окончания работ проекта без учета ограничений на ресурсы для определения критического пути обработки судна, вычисляет единственное (за один проход в ту или иную сторону) детерминированное расписание проекта и использует заданные единственные оценки продолжительностей работ проекта обработки судна.

Ранние сроки выполнения работ проекта (план ранних сроков) вычисляют прямым проходом (по направлению стрелок) на сети, с использованием установленной даты начала по следующим формулам:

$$t_i^{po} = t_i^{pn} + t_i; t_j^{pn} = \max_{ij} \{t_i^{po} + \tau_{ij}\},$$

где ij – множество связей между i -ми и j -й работой;

t_i – продолжительность i -й работы; t_i^{pn} – раннее начало i -й работы; t_i^{po} – раннее окончание i -й работы; t_j^{pn} – раннее начало j -й работы; τ_{ij} – время задержки между работами и т.д.

Поздние сроки выполнения работ проекта (план поздних сроков) вычисляются обратным проходом (против стрелок) по сети, начиная от установленной даты завершения проекта по следующим формулам:

$$t_j^{nn} = t_j^{no} - t_j; t_i^{no} = \min_{ij} \{t_j^{nn} - \tau_{ij}\},$$

где ij – множество связей между i -й и j -ми работами; t_j – продолжительность j -й работы; t_j^{nn} – позднее начало j -й работы; t_j^{no} – позднее окончание j -й работы; t_i^{no} – позднее окончание i -й работы; τ_{ij} – время задержки между работами и т.д.

Определение ранних и поздних сроков необходимо для вычисления резервов проекта обработки судна. Выделяют следующие резервы:

общий (полный) резерв работы проекта (R_i) – промежуток времени, на который можно отодвинуть выполнение работы без нарушения ограничений и срока завершения проекта, и который вычисляется по формуле

$$R_i = t_i^{nn} - t_i^{pn} = t_i^{no} - t_i^{po};$$

частный (свободный) резерв работы проекта (r_i) – промежуток времени, на который можно отодвинуть выполнение работы без нарушения срока выполнения последующей работы, вычисляется по формуле

$$r_i = \min_{ij} (t_j^{pn} - \tau_{ij}) - t_i^{po}.$$

Последовательность взаимосвязанных работ образует в сетевом графике так называемый путь μ . Продолжительностью T_μ пути μ называют сумму продолжительностей тех работ, которые этот путь составляют. Путь, ведущий от начала сетевого графика к его концу и имеющий наибольшую продолжительность, называется критическим и обозначается $\mu_{кр}$, а его продолжительность называется критическим временем $T_{кр}$. Критическое время $T_{кр}$ показывает наиболее ранний возможный срок выполнения того комплекса работ, который представлен данным сетевым графиком. Всякая задержка выполнения работы, лежащей на критическом пути, приводит к задержке выполнения работ всего комплекса. Это значит, что критический путь представляет собой «узкое место» в данном комплексе, поэтому он должен привлекать особое внимание руководства.

Выводы. В данной работе рассмотрена разработка плана-графика обработки судна, как технологии Управления проектом по временным параметрам.

При разработке расписания получены следующие результаты:

- сформирован календарный план проекта обработки судна, который содержит сроки начала и окончания работ проекта. Календарный план обработки судна может быть укрупненным или детальным, может быть представлен в табличном или графическом виде (график Ганта);

- рассчитаны резервы времени работ проекта. Это время, в пределах которого возможно изменение сроков начала или окончания работ проекта;

- определены работы критического пути, временной резерв которых равен нулю;

- получен план управления проектом обработки судна по временным параметрам. Он (план) определяет функциональные обязанности, порядок разработки и контроля выполнения расписания, правила внесения дополнений и изменений в календарный план.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Магамадов О.Р., Макаренко О.Є. *Методичні засади розробки технологічних планів-графіків обслуговування суден у морських портах // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 8. – Одеса: ОНМУ, 2004. – С. 166-179.*
2. Магамадов О.Р., Макаренко О.Є. *Аналіз у системі оперативного управління обслуговуванням суден у портах // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 10. – Одеса: ОНМУ, 2005. – С. 166-179.*
3. Макаренко О.Є. *Про один підхід до регулювання черговості обслуговування суден у портах // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 13. – Одеса: ОНМУ, 2007. – С.60-72.*
4. Магамадов А.Р., Макаренко А.Е. *Экономико-математические модели задачи о календарном плане обработки судна // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Вип. 36 (3). – Одеса: ОНМУ, 2011. – С. 5-17.*
5. Малаксиано А.А. *К вопросу выбора критерия оптимальности структуры парка перегрузочного оборудования порта // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 5. – Одеса: ОНМУ, 2003. – С.148-157.*
6. Магамадов А.Р., Савельева И.В. *К проблеме толкования и количественного определения производственной мощности грузоперевалочных систем // Развитие методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць. – Вип. 36 (3). – Одеса: ОНМУ, 2011. – С. 5-17.*
7. Махуренко Г.С., Крук Ю.Ю. *Разработка механизма распределения ресурсов между судами при оперативном планировании работ стивидорной компании // Технологический аудит и резервы производства. – № 1/3(21). – 2015. – С. 11-18.*

8. Холоднякова А.С. Иерархия управления технологической линией стивидорной компании // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем.* – Одеса: ОНМУ, 2010. – Вип. 16. – С. 93-107.
9. Махуренко Г.С. Моделирование иерархии управления грузовыми работами / Г.С. Махуренко, А.С. Холоднякова // *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. праць.* – Одеса: ОНМУ, 2005. – Вип. 31. – С. 59-83.
10. Макушев П.А. Моделирование процесса загрузки порта / П.А. Макушев, А.М. Холоденко // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем.* – Одеса: ОНМУ, 2004. – Вип. 8. – С. 189-206.
11. Постан М.Я. Метод нахождения равновесного решения для портовых операторов в конкурентной среде типа олигополии / М.Я. Постан, И.В. Савельева // *Технологический аудит и резервы производства.* – 2014. – № 4/2 (18). – С. 58-63. doi:10.15587/2312-8372.2014.26296
12. Henesey L. Enhancing Container Terminal Performance: A Multi Agent Systems Approach [Electronic resource] / L. Henesey. – Kaserntryckeriet, Karlskrona, Sweden, 2004. – Available at: /www/URL: <http://www.bth.se/faculty/lhe/Lic.pdf>
13. Баркалов С.А., Воропаев В.И., Секлетова Г.И. и др. *Математические основы управления проектами: Учебн. пособие / Под ред. В.Н. Буркова.* – М.: Высшая школа, 2005. – 423 с.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Бізнесадміністрування та корпоративна безпека» Міжнародного гуманітарного університету
А.І. Рибак

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія та кібернетика» Одеського національного морського університету
Г.С. Махуренко

УДК 656.073.23 (477)

І.В. Раскевич, С.С. Русанова

СУЧАСНИЙ СТАН ПЕРЕВАЛКИ ВАНТАЖІВ НА РЕЙДІ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности доставки грузов с перевалкой на рейде и согласованности в работе всех звеньев транспортной цепочки, от которых в значительной степени зависит качество обслуживания.

Ключевые слова: рейд, порт, перевалка, транспортный процесс, малотоннажный и крупнотоннажный флот.

У статті розглянуто питання підвищення ефективності доставки вантажів з перевалкою на рейді та узгодженість у роботі всіх ланок транспортного ланцюжка, від якого значною мірою залежить якість обслуговування.

Ключові слова: рейд, порт, перевалка, транспортний процес, малотоннажний і великотоннажний флот.

In the article the questions of increasing the efficiency of delivery of cargoes transshipment at anchorage and consistency in the work of all parts of the transport chain, which is largely dependent on the quality of service.

Keywords: anchorage, on road, port, transloading, transport process, low-tonnage and big-tonnage fleet.

Вступ. Сучасні тенденції розвитку світового транспортного ринку та портової діяльності, обумовлюють необхідність прискорення темпів розвитку морських торговельних портів України, враховуючи сучасну роль портової діяльності для національної економіки та процесів інтеграції у світову економіко-політичну систему, складність портової діяльності.

В останні роки швидко зростання розмірів балкерів істотно впливає на технології перевалки насипних вантажів. Також необхідно відзначити, що глибини біля причалів більшості портів України недостатні для обробки сучасних балкерів. Один з варіантів вирішення проблеми – перевалка або довантаження на рейді великотоннажних суден [8].

Аналіз транспортних зв'язків і взаємодій при організації доставки вантажів виявив ряд найважливіших чинників, які безпосередньо впливають на вдосконалення транспортного процесу, до яких в першу чергу необхідно віднести організаційно-технологічний.

Процеси взаємодії транспортних засобів при доставці вантажів на рейд можна систематизувати за такими ознаками: сфера взаємодії, трива-

лість періоду планування, характер взаємозв'язків. Робота включає питання координації використання різних видів транспорту в різних областях взаємодії (технічної, технологічної, економічної, організаційної, інформаційної, комерційно-правової). Організаційно-технологічна взаємодія різних транспортних засобів забезпечується:

- формуванням та організацією наскрізної маршрутизації перевезень на взаємодіючих видах транспорту;
- застосуванням поєднаної технології роботи різних видів транспорту;
- впровадженням єдиних технологічних процесів обробки рухомого складу в пунктах перевалки вантажів;
- вдосконаленням транспортно-експедиційного обслуговування;
- широким використанням прямого варіанта перевалки вантажів;
- застосуванням графіків роботи;
- широким впровадженням передового досвіду доставки при перевалці вантажів.

Аналіз транспортного процесу показує, що в системі організації експлуатаційної роботи по доставці вантажів на рейд є ряд істотних недоліків, які в свою чергу призводять до нерівномірності прибуття флоту в пункти вантажної обробки, диспропорції ланцюгів в окремих технологічно та організаційно відокремлених вантажних ланцюгах, труднощів в забезпеченні чіткої взаємодії різних видів транспорту на стиках передачі вантажів.

Огляд останніх досліджень і публікацій. У сфері організаційно-технологічної взаємодії різних транспортних засобів проведено значну кількість досліджень і вирішено багато проблем [1-3]. При вирішенні основних питань організаційно-технологічної взаємодії морського транспорту із залізничним і автомобільним транспортом з урахуванням перевалки вантажів на рейді можуть бути використані роботи Ляхницького В.Є. Магамадова О.Р., Правдіна Н.В., Негрей В.Я., Подкопаєва В.А. [5-7].

При вирішенні завдань у сфері технологічної взаємодії окремих елементів ліній при доставці вантажів на рейд корисно використовувати такі розробки [4].

Аналіз виконаних досліджень показав, що в даний час у науці і практиці в значній мірі вирішені питання технологічної взаємодії різних видів транспорту, результати яких необхідно використовувати при обґрунтуванні організації перевалки вантажів на рейді. Однак окремих досліджень вимагають численні проблеми. Відповідно до класифікації, це насамперед питання вдосконалення внутрішньовидової взаємодії шляхом вирішення технологічної та організаційної взаємодії великотоннажного і малотоннажного флоту.

Ціль даної статті полягає у вдосконаленні взаємодії окремих елементів лінії:

- дослідженні впливу навігаційних умов на вибір організаційних форм доставки вантажів, використання транспортної та перевантажувальної техніки;

- оптимізації різних типів флоту при перевалці вантажів на рейді з урахуванням різних умов освоєння вантажопотоків;

- оптимізації черговості обробки транспортних засобів у пунктах взаємодії;

- оптимізації роботи перевантажувальної техніки для варіанту послідовної взаємодії різних видів транспортних засобів.

Для успішної реалізації даної проблеми необхідно розглянути області взаємодії різних видів транспорту, обґрунтованість оптимальної організації перевезень вантажів (вибір схеми перевезень вантажів, порту і рейду перевалки вантажів, визначення оптимальної ємності проміжних складів та ін.), визначення економічної ефективності прямого варіанта перевалки вантажів та ін.

Викладення основного матеріалу. Слід відзначити, що рейдова перевалка не є альтернативою класичній схемі завантаження морських суден. Розвиток перевезень по Дніпру, має тенденцію до розвитку і в подальшому може призвести до поширення схем рейдової перевалки. Ці схеми набагато дешевше, ніж доставка залізницею або автотранспортом, накопичення і перевалка безпосередньо біля причалів морських портів [8].

На сьогоднішній день, на практиці, можна спостерігати таку тенденцію, що чим більше зернотрейдерів обслуговує перевалувальний комплекс, тим менше його річний обіг. Отже, що в глибоководні порти увійде обмежене число зернотрейдерів. Тому існує необхідність розвитку рейдового перевалювання. Однак, необхідно відзначити, що у рейдового перевалювання є дуже багато переваг, але і є багато недоліків.

Переваги рейдової перевалки [8, 9].

- відсутність обмежень за розмірами суден та їх осідання;

- відсутність портових зборів (або залежно від місця завантаження може нараховуватися тільки якірний збір);

- немає черговості по постановці до причалу;

- є можливість формувати судову партію відразу в декількох малих «фідерних» портах, а в пік сезону частину вантажопотоку переорієнтувати на менш завантажені порти з «малою водою»;

- немає втрат часу на прибуткові формальності;

- забезпечується екологічна безпека, тому перевалка здійснюється далеко від місць проживання людини;

- пропонується адекватна ставка за перевалку в порівнянні з глибоководними портами;

- немає проблем, пов'язаних з знеособленим зерном, трейдер відправляє покупцеві саме той вантаж, який він привіз.

Недоліки рейдової перевалки:

- нестача річкового тоннажу і в цілому незадовільний стан річкового флоту;

- складнощі, пов'язані зі стикуванням річкового і морського тоннажів.

- більш висока в порівнянні з конвенційними портами залежність від погодних умов;

- додаткові витрати, пов'язані з доставкою на рейд представників вантажовласника.

Рейдова перевалка виконує роль рятувального кола для портів, які не мають можливості обробляти великотоннажні судна.

У результаті аналізу роботи флоту при перевалці вантажів на рейді визначені наступні види взаємодії малотоннажного і великотоннажного флоту:

- *паралельний* (маршрутна схема перевезення вантажів за участю великотоннажного і малотоннажного флоту);

- *попередній* – без розриву у часі при повній перевалці вантажів з великотоннажного флоту на малотоннажний при варіанті вантажних робіт судно-судно. Цей вид взаємодії передбачає одночасний підхід до рейду перевалки великотоннажного і малотоннажного флоту.

При цьому відсутня необхідність в складських ємностях, але можливі простой флоту в очікуванні вантажних робіт.

Для варіанту з повною перевалкою раціональна взаємодія великотоннажного і малотоннажного флоту залежить головним чином від організації надходження флоту в пункт перевантаження.

Отже, в певний момент часу порт може перебувати в різних станах, які визначаються наявністю або відсутністю суден.

У зв'язку з цим виділяють такі стани:

- маються великотоннажні і малотоннажні судна і перевалка вантажу можлива за варіантом судно-судно;

- є тільки великотоннажні судна, їх розвантаження можливе тільки за варіантом судно-склад;

- є тільки малотоннажні судна, і завантаження їх виконується тим вантажем, який знаходиться на складі;

- відсутні як великотоннажні, так і малотоннажні судна.

У кожному конкретному випадку кількість переданого вантажу за прямим варіантом буде залежати від сформованих конкретних умов порту в даний момент часу (наявності великотоннажного і малотоннажного флоту, готовності маневрових засобів виконувати операції по перестановці суден, наявності вантажу та інших причин).

Для варіанту з зберіганням прямої взаємодії малотоннажного і великотоннажного флоту немає, і цей варіант є окремим випадком послідовної взаємодії при малому розриві у часі. У цьому випадку взаємодії вантаж «омертвлюється» на тривалий час.

Для більшості портів немає однозначного варіанту взаємодії, тому використовується весь їхній набір в залежності від умов освоєння вантажопотоків.

Основними факторами, що впливають на варіанти взаємодії, є тривалість робочого періоду, обсяг перевезень, розподіл маси перевезень за періодами навігації, тип флоту та ін.

При порівнянні варіантів взаємодії очевидно, що варіант безперевалювальної доставки вантажу завжди раціональніше інших. При цьому варіанті виключаються витрати коштів і праці на перевалку або простої суден. Це досягається за рахунок поглиблення причалів, що потребує великих капіталовкладень.

Часто найбільш раціональним варіантом взаємодії є варіант з частковою перевалкою вантажу на рейді. При цьому варіанті простої флоту в очікуванні зводяться до мінімуму.

Різні способи організації перевалки вантажу на рейді істотно впливають на взаємодію великотоннажного і малотоннажного флоту, на його потребу та економічну ефективність доставки вантажу в порт.

В даний час при плануванні, прогнозуванні, обліку, контролі та оперативному управлінні перевезеннями вантажів з перевантаженням на рейді важливого значення набуває якісний аналіз системи показників транспортного використання портів та його подальше застосування при обґрунтуванні основних напрямків удосконалення перевезень вантажів [3].

Всі показники об'єднані у п'ять груп [4]:

- загальна характеристика басейну;
- фізико-географічна характеристика;
- гідрологічна характеристика;
- характеристика колійних умов;
- транспортна характеристика.

Данні показники можуть бути використанні при дослідженні питань взаємодії різних видів транспорту. Особливе значення для портів і пароплавств (судноплавних компаній) набуває область технологічної взаємодії.

Оцінка різних характеристик портів та рейдових територій повинна показати технічну можливість та економічну доцільність транспортного освоєння порту і необхідність проведення детальних експлуатаційно-економічних досліджень.

При плануванні та організації перевезень вантажів важливе місце відводиться визначенню можливостей транспортного використання конкретних портів, основних характеристик, при визначенні яких є гарантовані габарити суднового ходу. Але для такої категорії як малі порти цього показника недостатньо. Тому часто застосовують показник «глибина суднового ходу».

Істотні відмінності габаритів рейду та магістралі, а також наявність ділянок з різними умовами плавання на шляху проходження суден (магістраль-море-рейд) обмежують можливості використання найбільш економічно доцільної маршрутної схеми перевезень вантажів.

Використання ж на всьому шляху проходження малотоннажних суден не завжди можливе за умовами плавання, а на великих пробігах і економічно недоцільне.

Основними факторами, що впливають на вид взаємодії флоту при завезенні вантажів з магістралі на рейд і навпаки є: кількість перевезень, техніко-експлуатаційні характеристики флоту, період використання рейду, умови плавання по ньому і на магістралі.

Слід зазначити, що на сьогоднішній день на Чорному морі працюють дві стивідорні компанії, які спеціалізуються на рейдовому перевалюванні.

Одна з компаній, яка вже 15 років спеціалізується на рейдовому перевалюванні вантажів – це «Трансшип». Вона стала в 2014 році лідером на Чорному морі. Дана компанія пропонує повний комплекс послуг з доставки вантажів «від порту до порту», включаючи фрахтування морського і річкового флоту, накопичення і перевалку вантажів, агентування і експедицію в Керченській протоці з української та російської сторін, а також у портах «Великої Одеси». Серед їхніх клієнтів такі компанії, як «Каргіл», «Гленкор», «Астон», «Південь Русі», «Дрейфус», «Газпром», «ТНК», «Мечел», «СУЕК», «Метінвест», «Металоінвест» та інші [8, 9].

Компанія «Трансшип» з 2005 року почала використовувати баржі-накопичувачі вантажопідйомністю 11 тис. тонн для формування суднової партії на рейді, що дозволяло зменшувати простой суден, у тому числі через негоду, і збільшувати пропускну здатність річкового тоннажу.

На підставі багаторічного досвіду роботи з перевантаження навалювальних вантажів на рейді компанія «Трансшип» розробила проект спеціального кранового судна для роботи в Керченській протоці. Кран «Атлас-1» вантажопідйомністю 25 тонн був побудований і запатентований в 2005 році. Конструкція крана без противаг на поворотній консолі дозволяє знизити вплив вітрових навантажень і отримати кран з продуктивністю 14 тис. тонн на добу. Спеціально розроблений кранцевий захист та інші технічні рішення дозволили підвищити поріг роботи крана у період негоди по вітровому обмеженню до 25 м/с і висоті хвилі до 2,5 м [2].

Висновки. При розгляді послідовної взаємодії великотоннажного і малотоннажного флоту при використанні малотоннажних суден і повної перевалки вантажів з великотоннажного флоту при варіанті вантажних робіт судно-судно виникає необхідність у визначенні:

- оптимального типу та кількості перевантажувальних засобів;
- інтервалів з якими повинні підходити дані типи суден в пункт передачі вантажів;

- потреби у флоті при роботі на магістральній ділянці і рейді;
- економічного показника для оцінки немаршрутних схем доставки вантажів та ін.

Тому знаходження раціональних рішень поставлених завдань входить до складу наступних етапів удосконалення роботи транспортних і перевантажувальних засобів в пунктах взаємодії.

У пунктах вивантаження з перевалкою на рейді з невеликим вантажообігом навалювальних вантажів зазвичай використовуються плавучі крани, суднові крани та суднові стріли. Область застосування певних типів перевантажувальних машин визначається розміром вантажообігу, родом вантажу, тривалістю періоду вивантаження, гідрологічними особливостями портів, типом причального спорудження, типом і параметрами транспортних засобів, вартістю механізованої установки, причалу та витратами на їх утримання. При цьому виходять з наявних ресурсів пароплавання (судноплавної компанії) і вантажовласників [10].

Порівнюються технічні характеристики різних перевантажувальних засобів і встановлюється можливість використання цих коштів для виконання перевантажувальних робіт відповідно до тих, що використовуються флотом для перевезень та відповідно до гідрологічних особливостей портів. При виборі типу плавучого крана необхідно перевірити відповідність його габаритів. Для включення в варіанти обґрунтувань вибираються типи механізації, які за своїми характеристиками (вантажопідйомності, вильоту стріли і ін.) задовольняють необхідним вимогам [10].

Правильне використання зазначених рекомендацій призведе до значного скорочення простоїв флоту в пунктах взаємодії, дозволить поліпшити якість роботи морського транспорту, підвищити рівень оперативного управління флотом і перевантажувальними засобами та портовими комплексами.

У басейні Чорного моря працюють вісім компаній, у тому числі «Інфлот-Універсал», «Євротек», «УСК», «Океан стивідорна», «ЧКБ Транс Очаків», які займаються рейдовою перевалкою. Тому ринок рейдової перевалки слід розцінювати як дуже перспективний і як той, що бурхливо розвивається.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакаев В.Г. – Л.– М.: Водный транспорт, 1939. – 364 с.
2. Брюм А.И. Морские порты и портовые сооружения / А.И. Брюм и др. – М.: Морской транспорт, 1959. – 520 с.
3. Бучин Е.Д. Взаимодействие внутреннего водного транспорта с морским, железнодорожным и автомобильным. – М.: Транспорт, 1990. – 192 с.

4. Горбатый М.М. К вопросам обоснования оптимальных соотношений грузооборота и пропускной способности портов // *Тр. Союзморниипроект.* – М., 1965. – Вып. 7(13). – С. 4-16.
5. Ляхницкий В.Е. Методика определения пропускной способности порта и путей ее увеличения // *Труды ЛИИВТ.* – Вып. 21. – 1954. – С.3-20.
6. Магамадов А.Р. Методический подход к определению оперативной пропускной способности порта // *Проблемы развития и интенсификации работы морского транспорта: Сб. научн. трудов Союзморниипроект.* – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1983. – С.92-96.
7. Правдин Н.В., Негрей В.Я., Подкопаев В.А. Взаимодействие различных видов транспорта. – М.: Транспорт, 1989. – 207 с.
8. Рейдовая перевалка: объемы впечатляют // *Порты Украины.* – № 04 (116) 2012 [Электроний ресурс] – Режим доступу – <http://portsukraine.com/node/2782>
9. Рейдовые возможности перевалки зерна // *Порты Украины.* – № 05 (127) 2013 [Электроний ресурс] – Режим доступу – <http://portsukraine.com/taxonomy/term/1213>
10. Синицын Г.Я. Совершенствование технологического взаимодействия транспортных звеньев при доставке грузов на притоки магистральных рек: Дисс. канд. техн. наук. – Новосибирск: НГАВТ, 2002. – 183 с.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2015

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету **С.В. Бугаєва**

кандидат технічних наук, професор Одеської національної морської академії, капітан дальнього плавання **І.М. Петров**

УДК 656.615.078.111/.117

А.О. Мурад'ян

**ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ УЗГОДЖЕННЯ
УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВАЛОЧНИМ ПРОЦЕСОМ
НА БАЗІ ІДЕЙ МАРКЕТИНГУ ВЗАЄМОДІЇ**

У статті запропоновано оригінальний підхід до забезпечення узгодженого управління вантажоперевалочним процесом у загально-транспортних вузлах, заснований на методології маркетингу взаємодії як нової концепції ділової поведінки і соціального управління. При цьому показано, що запропонований підхід є однаковою мірою актуальним як у стратегічному (довготривалому), так і в оперативному (короткостроковому) управлінні роботою транспортних вузлів.

Ключові слова: загальнотранспортний вузол, вантажоперевалювальний процес, механізм управління, узгодження управління, маркетинг взаємодії, моделювання контактуючих суб'єктів.

В статье предложен оригинальный подход к обеспечению согласованного управления грузоперевалочным процессом в общетранспортных узлах, основанный на методологии маркетинга взаимодействия как новой концепции делового поведения и социального управления. При этом показано, что предлагаемый подход является в одинаковой степени актуальным как в стратегическом (долговременном), так и в оперативном (краткосрочном) управлении работой транспортных узлов.

Ключевые слова: общетранспортный узел, грузоперевалочный процесс, механизм управления, согласование управления, маркетинг взаимодействия, моделирование контактирующих субъектов.

In article is offered the original approach to ensuring the coordinated management of cargo transshipment process in all-transport hubs based on interaction marketing methodology as the new concept of business behavior and social management. Thus it is shown that the offered approach is to the same extent actual both in strategic (long-term), and in operational (short-term) management of transport hubs work.

Keywords: transport hub, cargo transshipment process, the mechanism of management, coordination of management, interaction marketing, modeling of the contacting subjects.

Вступ. У науковій та виробничо-технічній літературі по комплексним проблемам транспорту періодично поновлюється дискусія, пов'язана з пошуком підходів до визначення ступеня задоволеності клієнтури транспортним обслуговуванням на основі таких показників, як ціна,

якість і дотримання договірних термінів надання транспортних послуг, у тому числі тих, що відносяться до процесу перевалки вантажів (ППВ) у загальнотранспортних вузлах (ЗТВ). При цьому, якщо протягом другої половини минулого століття пріоритет стабільно відповідав критерію мінімізації ціни транспортних послуг, то на рубежі XX-XXI століть цей тренд порушився, оскільки споживчі переваги клієнтури стали проявлятися в залежності від характеру попиту на транспортні послуги. При цьому акцент на забезпеченні дотримання термінів виконання транспортних послуг зумовив зародження логістичних концепцій доставки вантажів за схемами «від дверей до дверей» і «точно в строк» та затвердження їх як принципово важливих інструментів організації управління комплексними транспортними системами всіх різновидів, у тому числі ЗТВ. Із смислової суті концепції «точно в строк» в додатку до ЗТВ впливає, зокрема, що вона може розглядатися в якості ключової передумови формування механізму забезпечення узгодженого управління ППВ в постановці, адекватній сучасним умовам функціонування транспорту в ринковому середовищі. При цьому ефективність реалізації зазначеного механізму, що все більше визнається в теорії і практиці транспортного бізнесу, може бути максимально високою за умови впровадження в ЗТВ такого інструменту побудови ділових зв'язків між контактуючими у вузлах транспортними підприємствами і сервісними організаціями, яким є маркетинг взаємодії.

Всі згадані вище наукові положення в комплексі приймаються до розгляду в даній статті.

Постановка проблеми. Як показано в [1], до формування механізму забезпечення узгодженого управління ППВ необхідно підходити з позицій, враховуючих, що ЗТВ є комплексом суміжних підприємств різних видів транспорту, об'єднання яких (підприємств) обумовлюється технологічною єдністю їх виробничих процесів, організаційними взаємозв'язками та економічною (ринковою) взаємозалежністю. Здається очевидним, що всі ці напрямки функціонування транспортних підприємств повинні обов'язково враховуватися при побудові механізму управління ЗТВ, а в його складі і ППВ.

Визначимось спочатку зі згаданими поняттями механізму управління і маркетингу взаємодії, враховуючи, що вони не мають однозначного тлумачення в науковій літературі. Аналіз показує, що перше з них увійшло до наукового лексикону на початку 1990-х років в якості різновиду раніше виниклого поняття «господарський механізм», під яким малася на увазі система всебічного забезпечення раціонального ведення господарства [2]. Надалі поняття «господарський механізм» домінувало, а поняття «механізм управління», введене в [3], залишалось в тіні, хоча обидва ці поняття були дуже близькими за суттю, цільовою орієнтацією і об'єктами застосування, про що йтиметься нижче. Тут же ми підкреслимо, що для коректного рішення досліджуваних у даній роботі питань необхідно встановити характер співвідношення між поняттями «господар-

ський механізм» і «механізм управління», а також між цими поняттями і відповідними їм інструментами загальної науки управління і на цій основі визначити логіку побудови механізму управління ППВ стосовно до умов функціонування ЗТВ.

З приводу другого з характеризуємих понять – маркетингу взаємодії – вкажемо, що воно почало набувати широку популярність в останнє десятиліття минулого століття, коли остаточно з'ясувалося, що класичні підходи до управління втратили колишню актуальність і одночасно став очевидним прогрес у становленні нової теорії ділової поведінки в ринковому середовищі, що отримала первинне найменування «маркетинг партнерських відносин» [4], на зміну якому прийшли назви «маркетинг партнерських взаємин» / «маркетинг взаємин» [5, 6], а потім «маркетинг взаємодії» [6]. В даний час всі ці назви співіснують і сприймаються як однопорядкові, але більш акцентованим, на наш погляд, є остання назва, яка прийнята в даній статті і використовується далі в абревіатурі МВ.

Відзначимо, що концепція МВ вже знайшла застосування в дослідженнях прикладної спрямованості, пов'язаних з обґрунтуванням механізмів управління конкретними виробничо-економічними системами, якими є промислові фірми [5] і морські транспортні вузли [7]. Цей досвід конструктивно враховується в даній роботі і розвивається в додатку до ЗТВ.

Підсумовуючи вищевикладене, підкреслимо, що для просування в зазначеному напрямку необхідно сконструювати механізм управління ЗТВ в поняттях МВ, акцентуючи увагу на забезпеченні узгодження управління ППВ відповідно до адекватного по суті МВ критерію при задоволенні найбільш вигідних умов діяльності для всіх суб'єктів ЗТВ.

Літературний огляд. Звернемо увагу на ту обставину, що з досліджуваної тут проблеми поки опублікована всього одна згадана вище стаття [7] з викладенням концептуальних основ МВ в додатку до морських транспортних вузлів (МТВ) як об'єктів управління. У цій праці вказані передумови, умови і особливості формування взаємодії компаній, що оперують в межах морських портів, і показано, що ці відносини повинні ґрунтуватися на концепції МВ, враховуючи, що вона забезпечує досягнення найбільш високої ефективності в тому випадку, якщо згадані вище компанії утворюють в сукупності інститут мережевих партнерських відносин.

Відаючи належне безперечним перевагам обговорюваної роботи, звернемо разом з тим увагу на те, що порушені у ній питання потребують, на наш погляд, поглибленого теоретичного опрацювання хоча б до рівня, досягнутого, наприклад, в [5] при обґрунтуванні методології управління міжфірмовими (міжсуб'єктними) взаємовідносинами на товарних ринках.

Виходячи із зазначених фактів, у цій статті ставиться завдання розробки механізму забезпечення узгодженого управління ППВ в рамках

ЗТВ як більш загальної порівняно з МТВ системи з використанням методологічного інструментарію МВ.

Становлення поняття «механізм управління». Як показано в [8], із загальнотеоретичних положень по обґрунтуванню координації, взаємодії та конкуренції в якості інструментів забезпечення узгодженого управління системами контактуючих суб'єктів логічно випливає, що для побудови механізму узгодження управління ППВ необхідно вирішити комплекс взаємопов'язаних питань, починаючи з обґрунтування адекватної умовам роботи ЗТВ теорії і закінчуючи розробкою технології реалізації узгоджених управлінських рішень.

При вирішенні першого з зазначених питань необхідно брати до уваги, що в сучасній теорії МВ вирішення проблем узгодження управлінських рішень зв'язується з розробкою механізмів міжсуб'єктної взаємодії, які ідейно ґрунтуються на раніше сформульованих поняттях «господарський механізм» і «механізм управління». У силу цього доцільно, на наш погляд, почати дослідження основ побудови механізму узгодження управління ППВ з аналізу суті обох цих понять і подальшого їх зіставлення.

Як відзначається в сучасних публікаціях на цю тему (див., наприклад, [9, 10]), тлумачення першого з зазначених понять досі відрізняється істотною різноманітністю – від розуміння його як системи і форм розробки планів і організації господарських зв'язків до визначення в якості засобів реалізації економічних законів. Утримуючись від дискусії з цього приводу, зазначимо, що в цій роботі прийнято найбільш поширене визначення характеризуючого поняття, відповідно до якого під господарським механізмом розуміється «... сукупність системи форм і методів організації та функціонування виробництва, системи органів управління і системи організаційно-економічних зв'язків, що регламентуються чинними правовими, економічними, ринковими, соціальними, технологічними та іншими нормами» [9. С.143].

У монографії [10] виконаний перехід від наведеного визначення господарського механізму до поняття «механізм управління господарюючими суб'єктами», а від нього – до поняття «механізм управління». На нашу думку, правомірність такого переходу з очевидністю впливає з того факту, що механізми всіх згаданих різновидів реалізуються в координатах «простір-час», тобто на всіх рівнях організаційної структури будь-якого господарюючого суб'єкта і на всіх тимчасових інтервалах управління. При цьому в міру наближення до низових рівнів структури та скорочення величини інтервалу управління економічна складова механізму поступово втрачає свій потенціал, а організаційна складова його нарощує. У підсумку введення поняття «механізм управління», як це показано на рис. 1, виявляється цілком коректним.

З розглянутих вище положень стає очевидним, що механізм управління в принциповому відношенні повністю відноситься до суб'єкта управління як складовий елемент будь-якої системи управління, тобто є

універсальним поняттям, застосовуваним до будь-яких процесів і систем, в тому числі до ППВ і ЗТВ.



Рис. 1. Схема взаємозв'язку механізмів забезпечення ефективного функціонування об'єкта

Обговоримо тепер питання про співвідношення понять «господарський механізм» і «механізм управління» за умови, що останнє поняття можна трактувати в розширеному сенсі як управління в класичному тлумаченні. Аналіз показує, що в численній науковій літературі, присвяченій цій темі, містяться три однаковою мірою розповсюджені точки зору [11]. Перша з них полягає в тому, що господарський механізм є поняттям більш широким, ніж управління. У відповідності до другої точки зору вважається, що, навпаки, управління містить в собі господарський механізм. І, нарешті, третя точка зору полягає в ототожненні цих понять. При цьому жодна із зазначених концепцій не має належного теоретичного обґрунтування, а на постулатному рівні підкреслюється пріоритетна роль механізму управління, який включає всі згадані вище види механізмів [10]. Це твердження наочно ілюструється рис. 1, з якого видно, що механізм управління спільно з об'єктом управління входять до складу типової кібернетичної системи, при цьому механізм управління виступає в якості суб'єкта управління (управляючого органу системи).

Доречно зазначити, що з зародженням та розвитком теорії МВ, поняття «механізм управління» трансформувалося в поняття «механізм

координації», відповідно до якого увага акцентується виключно на узгодженні управляючих рішень. При цьому в [5] з посиланнями на [12, 13, 14], звертається увага на те, що механізм міжсуб'єктної координації повинен забезпечувати адаптацію, упорядкування та синхронізацію дій контактуючих суб'єктів з метою досягнення балансу цілей суб'єктів, реалізації їх спільних цілей і вирішення конфліктних ситуацій.

Враховуючи, що «механізм управління» у порівнянні з «механізмом координації» є більш широким поняттям, будемо використовувати його в наших подальших дослідженнях при формуванні механізму узгодження управління ППВ як серцевини виробничо-економічної діяльності ЗТВ.

Основи концепції маркетингу взаємодії. Перейдемо далі до аналізу ключових положень МВ в постановці, висунутій міжнародною групою вчених з Великобританії, Німеччини, Італії, Франції та Швеції, що створили наукову школу IMP (Industrial Marketing and Purchasing), котра отримала надалі розвиток завдяки зусиллям інших шкіл – Британської, Німецької, Північноєвропейської і Північноамериканської [5]. Перераховані школи при певних відмінностях у тлумаченні МВ були єдині у твердженні, що ця ділова філософія заповнює сферу ринкових відносин, стає по суті методологією управління будь-якими сукупностями взаємопов'язаних суб'єктів, залучених в процеси виробництва, обігу та споживання товарів / послуг. На цій основі склалися й утвердилися мережевий (Net-work Marketing) і стосунковий (Relationship Marketing) підходи в маркетингу, які природним чином поєднуються в концепції МВ.

Як підкреслюється в [14. С.5] з посиланнями на [15, 16, 17], концепція МВ ґрунтується на «аргументах про прибуток» [Battle, 1996], бо «мова управління – це гроші» [Gummesson, 1994], які повинні забезпечувати «стосункові стратегії» [Grönroos, 1994].

Зазначені особливості МВ обумовлюють необхідність визначення категорії «взаємовідносини контактуючих суб'єктів» в якості об'єкта дослідження при розробці методологічного арсеналу цієї теорії. Як наголошується в [5] з посиланням на [18] основу зазначеного інструментарію МВ повинен становити комплекс взаємопов'язаних моделей, що дозволяють відобразити логіку поведінки контактуючих суб'єктів в поняттях загальної теорії управління. У тому ж джерелі підкреслюється, що в такого роду комплекс необхідно в обов'язковому порядку включати спеціальну системоутворюючу модель управління, структура якої ґрунтується на дуальних системах взаємодії, фіксованих для кожної пари суб'єктів. При цьому зазначена системна модель повинна бути орієнтована на: структуру процесу взаємин контактуючих суб'єктів, що втягуються в активну взаємодію; формування механізму планування та регулювання взаємовідносин суб'єктів; оцінку ефективності управління взаємовідносинами суб'єктів.

Виходячи із завдань даної публікації, зосередимо далі увагу на обґрунтуванні підходу до розробки комплексу моделей формування

механізму управління взаємовідносинами контактуючих суб'єктів у ЗТВ у довготривалій і короткостроковій постановках, тобто на етапах стратегічного планування та оперативного управління. При цьому підкреслимо, що в обох випадках суть управління взаємовідносинами суб'єктів повинна пов'язуватися з досягненням згоди між ними як найважливішої передумови реалізації їх цілей, адекватних змісту управління на кожному з виділених етапів.

Зазначена умова постановки цілей контактуючих суб'єктів у загальному випадку прямо пов'язана з проблемою визначення мети, тобто обґрунтування домінуючих цілей контактуючих суб'єктів і трансформації їх в адекватну систему показників оцінки результативності функціонування суб'єктів.

Як показано в [6], до вирішення цієї проблеми необхідно підходити з позицій так званої «теорії забезпечення збалансованості цілей». Ключовий принцип цієї теорії в додатку до комплексів взаємопов'язаних суб'єктів, у тому числі подібних ЗТВ, свідчить: цілі такого роду комплексів повинні впливати з балансу цілей усіх спільно розглянутих суб'єктів. При цьому загальні цілі для сукупності суб'єктів повинні встановлюватися на основі узгодження їх локальних цілей.

У [6] підкреслюється, що теорія збалансованості цілей взаємопов'язаних суб'єктів як носіїв ділових інтересів ґрунтується на принципах рівноправності контактуючих суб'єктів і неприпустимості максимізації ступеня задоволення інтересів одних з них за рахунок обмеження інтересів інших. За такої умови головним завданням управління комплексними системами стає примирення суперечливих інтересів шляхом виділення так званих «зон толерантності», вихід за межі яких породжує конфлікти інтересів контактуючих суб'єктів в рамках їх об'єднань з усіма негативними наслідками.

Відзначимо, що ідея зон толерантності в формальному сенсі кореспондує з критерієм оптимальності по Парето, відповідно до якого «слід вважати, що будь-яка зміна, яка нікому не завдає збитків і яка приносить деяким людям (фірмам) користь (за їх власною оцінкою), є поліпшенням» [19. С.188].

Відповідно до концепції МВ дотримання балансу цілей контактуючих суб'єктів (або критерія оптимальності за Парето у взаємовідносинах суб'єктів) може бути забезпечено через певні організаційні форми управління, зокрема, за допомогою ділових переговорів. Актуальність цієї ідеї пояснюється в [6. С.258] тим, що організації «... не мають мети, мету мають тільки люди», які виробляють пріоритети своїх компаній і погоджують їх у ході переговорів з контрагентами.

Разом з тим для формалізації цієї задачі може бути використана рекомендована в [5] модель узгодженого планування, прогнозування й формування замовлень (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment – CPFR), вперше опублікована в [20] і визнана у світі найкращим інструментом міжсуб'єктної взаємодії.

Логіка формування механізму узгодження управління ППВ.

Слідуючи наведеній орієнтації, будемо розглядати завдання узгодження управління ППВ в постановці, орієнтованій на горизонтальну координацію міжсуб'єктних відносин. При цьому перевагу будемо віддавати ідеям ґрунтовно відпрацьованим японськими фірмами концепцій «кейрецу» і «канбан», враховуючи, що перша з них охоплює етап стратегічного управління і передбачає підтримання довготривалих, міцних і стабільних ділових зв'язків між фірмами, а друга концепція спрямована на забезпечення в короткостроковому режимі взаємних зобов'язань фірм з організації спільної діяльності відповідно до принципу «точно в строк» ([6] з посиланням на [21]).

Звернемося до наведеної на рис. 2 мережевої моделі взаємодії в ЗТВ, сформованої відповідно до запропонованого групою ІМР підходом до моделювання процесів встановлення міжсуб'єктних взаємовідносин ([5] з посиланням на [22]), за умови відображення в цій моделі ділових (інформаційних) зв'язків між вантажовласниками та суб'єктами ЗТВ.

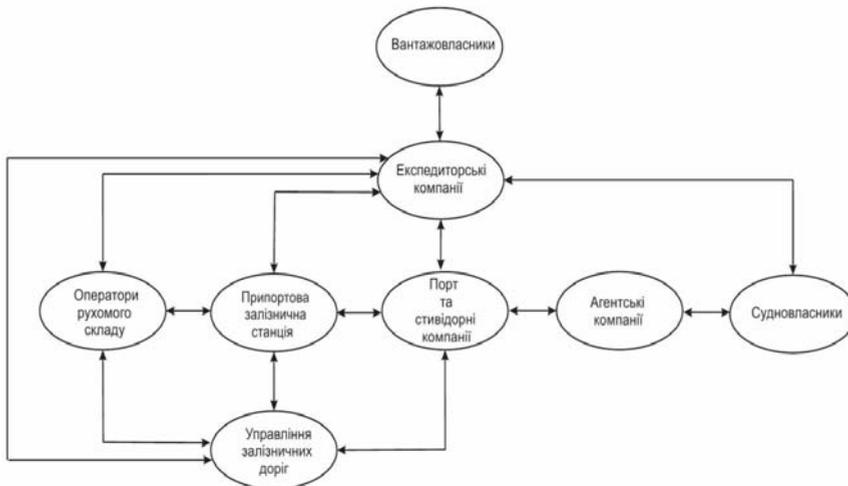


Рис. 2. Модель взаємодії суб'єктів ЗТВ

Стрілки \leftrightarrow на рис. 2 відповідають прямим і зворотнім інформаційним зв'язкам.

Як видно з наведеної на рис. 2 моделі, у взаємодію суб'єктів ЗТВ при здійсненні ППВ залучаються ПСК і ПЗС, які підтримують взаємозв'язок між собою безпосередньо, а через посередницькі структури (ЕК, АК) – з клієнтурою в особі вантажовласників, судновласників та операторів залізничного рухомого складу, які виступають в якості споживачів (покупців) послуг портів, стивідорних компаній і припортових залізничних станцій.

З тієї ж моделі видно, що процеси взаємодії в ЗТВ можуть розвиватися як на двосторонній (дуальній), так і на багатосторонній (мережевій) основі. В обох випадках ділові відносини встановлюються між різ-

ними парами контактуючих суб'єктів, що мають прямі і зворотні інформаційні зв'язки, які грають роль каналів узгодження ініціатив суб'єктів ЗТВ.

Як зазначалося вище у п. 4.2, ключову роль у формуванні механізму управління взаємовідносинами будь-яких контактуючих суб'єктів грає проблема цілепокладання. Представляється очевидним, що в нашому випадку критерій ефективності управління ППВ для діючих в ЗТВ підприємств, як і будь-яких інших транспортних утворень, повинен зв'язуватися з максимізацією прибутку як універсального вимірювача результативності (ефективності) будь-яких бізнес-процесів, коли мова йде про довготривале управління. У цьому випадку, як показано в [1], відповідно до ідей концепції «кейрецу» критерій ефективності реалізації ППВ повинен розглядатися в якості найважливішого параметра «Єдиного техноло-гічного процесу роботи ЗТВ» (ЄТП-ЗТВ) і визначатися при встановленні норм часу на вантажну обробку рухомого складу – суден, вагонів, магістральних автомобілів.

Пояснимо це твердження на прикладі встановлення норм часу на завантаження-розвантаження вагонів на портових вантажних фронтах у взаємодії портів та управлінні залізниць. Зрозуміло, що зменшення нормативної тривалості обробки вагонів однозначно вигідно управлінням залізниць (а в їх особі як припортовим станціям, так і операторам рухомого складу в силу того, що в результаті цього забезпечується скорочення загального часу перебування вагонів у ЗТВ і за рахунок цього створюються передумови для зростання їх провізної здатності, що вигідно власникам (операторам) вагонів. При цьому вигода припортової станції криється в можливості вивільнення робочого часу та збільшення на цій основі обсягу станційної роботи з адекватним приростом прибутку. У той же час для портів такий підхід пов'язаний з необхідністю посилення механоозброєності вантажних фронтів, що вимагає відповідного фінансування і в силу цього логічного збільшення тарифів на вантажо-перевалку. А така перспектива для портів небажана, оскільки вона може призвести до втрати клієнтури.

З наведених пояснень випливає, що тимчасові норми ЄТП-ЗТВ повинні мати компромісний характер, тобто встановлюватися шляхом вирішення конфліктної по суті ситуації, в якій спостерігається зіткнення ділових інтересів, з одного боку, портів і, з іншого боку, Управління залізниць припортових станцій і власників (операторів) залізничного рухомого складу.

На другому етапі, коли об'єктом дослідження стає ППВ, як критерій оптимізації цього процесу слід приймати мінімум витрат контактуючих в ЗТВ підприємств на обслуговування вантажів і транспортних засобів, а також на утримання використовуваних при цьому виробничих ресурсів. Така постановка питання є коректною у силу того, що обидві складові зазначених витрат піддаються варіації (по освоєваним вантажопотокам, організаційно-технологічним варіантам їх перевалки, режимам

використання ресурсів порту і станції тощо) при обов'язковому забезпеченні використання виробничої потужності елементів ЗТВ без зміни їх технічної оснащеності.

Підкреслимо, що наведені умови відіграють надзвичайно важливу роль у постановці та моделюванні обговорюваного завдання, бо «працюють» на підвищення ймовірності забезпечення проходження вантажів і транспортних засобів через ЗТВ у строки, передбачені угодами між суб'єктами ЗТВ і закріплені в нормах ЄТП-ЗТВ, що повністю відповідає концепції «канбан». А це означає, що запропонований критерій оптимізації ППВ може розглядатися в якості загальної (узгодженої) цілі функціонування ЗТВ, що відповідає інтересам кожного суб'єкта транспортного вузла. Одночасно ця умова є вигідною і для транспортної клієнтури в силу того, що мінімізує ймовірність зриву її контрактних зобов'язань перед контрагентами, завдяки чому в її сприйнятті підвищується привабливість і, отже, конкурентоспроможність ЗТВ.

Реалізація механізму узгодження управління ППВ може бути в принципі досягнута при використанні будь-якого з існуючих підходів до забезпечення координації контактуючих суб'єктів, а саме – ринкового, ієрархічного, інтерактивного. Кожен з цих підходів має відмінні риси, які регламентують сферу їх коректного застосування. Стосовно до дуальних пар і ділових мереж, адекватних можливим сполученням суб'єктів ЗТВ, найбільш ефективним представляється інтерактивний підхід, який володіє найбільшим потенціалом гнучкості та оперативності в порівнянні з іншими згаданими підходами.

Апробація результатів дослідження. Основні положення охарактеризованого в даній статті підходу до формування механізму забезпечення узгодженого управління ППВ в ЗТВ доповідалися на міжнародних наукових конференціях, а також на науково-технічних конференціях Одеського національного морського університету (2014, 2015 р.) і були схвалені. Одночасно концептуальні основи цього підходу були впроваджені в навчальний процес зазначеного університету у складі профілюючих дисциплін спеціальності «Транспортні системи». Крім того обговорюваний підхід отримав позитивну експертну оцінку практичних працівників підприємств Одеського та Білгород-Дністровського ЗТВ. При цьому фахівці зазначених підприємств були одноставні у визнанні безумовної актуальності МВ та доцільності використання його теоретико-методологічного інструментарію для розробки єдиних технологічних процесів роботи ЗТВ, а також пунктів стику магістрального і промислового транспорту.

Висновки. Підводячи підсумки розгляду охарактеризованих в даній статті результатів дослідження механізму забезпечення узгодженого управління ППВ в ЗТВ, можна зробити висновок, що мета і завдання наступного етапу опрацювання цієї проблеми природним чином зв'язуються з розробкою комплексного методичного забезпечення запропоно-

ваного механізму узгодження керуючих рішень в постановці, адекватній концепції МВ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Muradian A.O. Ensuring a coordinated cargo transshipment process management in general transport hubs // Technology audit and production reserves. – № 3/1 (17). – 2014. – P.48-53.*
2. *Албакин Л.И. Что такое хозяйственный механизм? – М.: Мысль, 1980.*
3. *Дубонос В.П. Функционально-структурный и планово-стимулирующий механизм управления научно-техническим прогрессом в машиностроении: Учебн. пособие. – К.: УМК Во, 1990.*
4. *Гордон Я. Маркетинг партнерских отношений: Пер. с англ. / Под ред. О.А. Третьяк. – СПб.: Питер, 2001.*
5. *Куц С.П. Методология управления межфирменными взаимоотношениями на промышленных рынках [текст]: Дис. ... докт. экон. наук/ С.П.Куц. – СПб.: Спб Гу, Высшая школа менеджмента, 2007. – 402 с.*
6. *Третьяк О.А. Маркетинг: новые ориентиры модели управления / О.А. Третьяк. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 403 с.*
7. *Ботнарюк М.В. Методология формирования морского транспортного узла как института сетевых партнерских отношений: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gnozis.info/pro-duct54401.html>. (Дата обігу 07.08.2015)*
8. *Магамадов О.Р. Координація, взаємодія і конкуренція в управлінні загальнотранспортними вузлами (методологічний аспект) [Текст]: Зб. наук. праць / О.Р. Магамадов, А.О. Мурад'ян, Н.Л. Лаговська // Вісник ОНМУ. – № 1(43). – 2015.*
9. *Балацкий О.Ф., Божков В.В. Состав хозяйственного механизма в новых условиях. – Сумы: Вісник СУМДУ. Серія «Еконо-міка». – № 2. – 2012.*
10. *Грузнов И.И. Эффективные организационно-экономические механизмы управления (Теория и практика). – Одесса: Полиграф, 2009.*
11. *Гусаров А.С. Совершенствование хозяйственного механизма / А.С. Гусаров, Ю.В. Суботский, Л.В. Золотова. – М.: Экономика, 1977.*
12. *Danse P. Managing business processes across supply networks: the role of coordination mechanisms / P. Danse, P.Romano, A.Vinelli // Journal of Purchasing and Supply Management.– 2004.– Vol. 10. – P. 165-177.*
13. *Malone T.W. Modeling coordination in organizations and markets // Management Science. – 1987. – Vol. 33. – P. 1317-1332.*

14. Третьяк О.А. *Маркетинг взаимодействия и партнерских взаимоотношений: Новые направления исследований и инструментарий* / О.А. Третьяк: [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.znate.ru/docs/index-107124.html> (Дата обігу 06.05.2015)
15. Buttle F. (ed). *Relationship Marketing: Theory and Practice*. Paul Chapman: Liverpool, 1996. – P. 5.
16. Gummesson E. *Total Relationship Marketing: Rethinking Marketing Management from 4Ps to 30Rs* / E. Gummesson. – Butterworth Heineman: Oxford, 1994. – P.17.
17. Grönroos Ch. *From marketing mix to relationship marketing: towards a paradigm – shift in marketing* / Ch. Gronroos // *Asia-Australia Marketing Journal*. – 1994 a. – Vol. 2; № 1. – P. 9.
18. Parvatiyar A. *The domain and conceptual foundations of relationship marketing* / A. Parvatiyar, J.N. Sheth // *Handbook of Relationship Marketing* / ed. by J.N. Sheth, A. Parvatiyar. – Sage Publications, Inc.: Thousand Oaks, CA. – 2000. – 3-38.
19. Петраков Н.Я. *Кибернетические проблемы управления экономикой* / Н.Я. Петраков. – М.: Наука, 1974. – 432 с.
20. Barratt M. *Exploring the experience of collaborative planning initiatives* / M. Barratt, A. Oliveria // *Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. – 2001. – Vol. 1. – № 4. – P.266 -289.
21. *Learning from Japan-American Keiretsu* // *Business Week*, 27 Jan. – 1992. – P. 38-44.
22. Anderson J. *Dyadic business relationship within a business network context* / J. Anderson, H. Hakanson, J. Johanson // *Journal of Marketing*. – 1994. – Vol. 58. – № 8. – P. 1-15.

Стаття надійшла до редакції 18.09.2015

Рецензенти:

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

заступник генерального директора «Металзюкраїн Корп. ЛТД»
І.Г. Фотев

УДК 656.615.(477)

М.Е. Перепичко, В.П. Самойловская

**ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРОЕКТИРУЕМОЙ КОНТЕЙНЕРНОЙ ПЛОЩАДКИ**

В статье рассмотрена вся логическая цепочка в процессе принятия решений по проектированию контейнерной площадки: характеристика грузопотока/контейнеропока, параметры и характеристики контейнерной площадки, необходимые капитальные затраты на ее организацию.

Ключевые слова: контейнерная площадка, проектирование, технология, параметры.

У статті розглянуто весь логічний ланцюжок в процесі прийняття рішень по проектуванню контейнерного майданчика: характеристика вантажопотоку/контейнеропоку, параметри і характеристики контейнерного майданчика, необхідні капітальні витрати на її організацію.

Ключові слова: контейнерний майданчик, проектування, технологія, параметри.

The article describes the entire chain of logic in the decision-making process on the design of the container yard: the characteristics of the traffic/containerpage, parameters and characteristics of container yard, the amo-unt of capital required for its organization.

Keywords: container yard, design, technology, parameters.

Введение. Хорошо организованный транспортный процесс должен начинаться и заканчиваться на специальных объектах, приспособленных и оснащенных для наиболее эффективного преобразования грузопотока. В центре внимания данной статьи – контейнерная площадка, которая предназначена для выполнения логистических операций по преобразованию грузопотока. Цель этого преобразования состоит в том, чтобы обеспечить наиболее эффективное дальнейшее транспортирование грузов, товаров, материалов в контейнере.

Для этого изменения грузопотоков контейнерная площадка имеет определенное техническое оснащение и технологию работы всех его составных частей.

На контейнерной площадке могут выполняться следующие технологические операции с контейнерами:

1) разгрузка груженых и порожних контейнеров из транспортных средств;

- 2) внутритерминальные перемещения контейнеров с одних технологических участков на другие;
- 3) временное хранение грузенных и порожних контейнеров на открытых площадках (от 2 до 15 суток и более);
- 4) погрузка грузенных и порожних контейнеров на транспортные средства;
- 5) сортировка контейнеров по направлениям дальнейшей транспортировки, регионам, грузополучателям и т.д.
- 6) перегрузка грузов из вагонов и автомобилей в контейнеры и в обратном направлении;
- 7) укрепление контейнеров и грузов в транспортных средствах;
- 8) таможенный досмотр, в том числе с разгрузкой грузов из контейнеров и загрузкой;
- 9) оформление транспортных и таможенных документов на контейнеры и грузы;
- 10) обмен информационными сообщениями с судоходными компаниями и предприятиями смежных видов транспорта;
- 11) техническое освидетельствование транспортных средств, грузов, контейнеров, тары, подъемно-транспортных машин;
- 12) разнообразные виды контроля грузов государственными органами;
- 13) юридическое обеспечение мультимодальных перевозок;
- 14) техническое обеспечение и ремонт контейнеров, поддонов, подъемно-транспортных машин, устройств и сооружений [1].

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Развитие контейнерных перевозок обуславливает практический и теоретический интерес к вопросам, связанным с организацией контейнерных площадок (терминалов). Многие современные авторы обращаются к данным вопросам, например Миротин Л.Б.[1], Коган Л.А.[2], Постан М.Я.[9], Савельева И.В.[10]. В частности, в их работах предлагается решение следующих задач: рассмотрены вопросы по теории интегрированной логистики с акцентом на накопительно-распределительные комплексы наиболее сложных сфер производственной деятельности торговых (склады) и транспортных (терминалы, узлы) предприятий. Так же вопросы идентификации требований к проектированию контейнерных терминалов и вопросы эффективной работы портового контейнерного терминала. На этапе проектирования контейнерной площадки необходимо обосновать размер площадки, используемые технологии и т.п. Данные вопросы практически не попадают в центр внимания современных исследователей, при этом, если указанные задачи затрагиваются, то локально. При этом отдельно рассматриваются вопросы технологий и стоимостей использования тех или иных технологий.

Целью данного исследования является обобщение существующих разработок, связанных с проектированием контейнерных площадок, и объединение их в рамках единого методического подхода.

Результаты исследования. Тип контейнерной площадки, размеры и выполняемые функции устанавливаются при ее проектировании на основании предварительно проведенных маркетинговых исследований экономики соответствующего региона, транспортного узла, характера грузополучателей и грузоотправителей и других факторов.

Основой проекта контейнерной площадки является технологическая часть, в которой обосновываются и принимаются все основные технические решения по конкретной площадке. На основании разработок в технологической части проекта выдаются технические задания на проектирование всех остальных частей проекта контейнерной площадки.

Ниже представлена схема комплексной механизации и размещения контейнеров на площадке: *a* – с двумя погрузочно-разгрузочными путями; *b* – с одним погрузочно-разгрузочным путем (рис. 1) (R_i): 1 – автостоп ЦНИИ–ХИИТ; 2 – козловой кран грузоподъемностью 6 т; 3 – железнодорожный путь; 4 – подкрановый путь; 5 – контейнеры; 6 – автомобиль.

Варианты контейнерной площадки выбирают в результате расчетов и сравнения технико-экономических показателей.

Несколько часто используемых вариантов (с различными средствами механизации **К**) проиллюстрированы на рис. 2.

Кроме этих вариантов все чаще применяют на контейнерных площадках порталные мостовые краны на пневмоходу.

Основными параметрами проектируемой контейнерной площадки являются:

1. $F_{кп}$ – требуемая площадь контейнерной площадки;
2. R – варианты с различными погрузочно-разгрузочными путями;
3. Z – число рабочих, занятых механизированным трудом;
4. N – количественный состав погрузочно-разгрузочной техники;
5. $t_{обс}$ – время обслуживания груза на контейнерной площадке.

На площадь ($F_{кп}$) контейнерной площадки влияет следующая система факторов (рис. 3):

В специальной литературе нет единого подхода к определению $F_{кп}$ на этапе проектирования. Многие источники представляют различные формулы определения площади ($F_{кп}$) контейнерной площадки с большей или меньшей степенью детализации, влияющих на нее показателей:

1) так, в [1], площадь контейнерной площадки определяется следующим образом:

$$F_{кп} = k_{np} (E_{кп} + E_0) \Delta F_k, \text{ м}^2, \quad (1)$$

где $E_{кп}$ – емкость контейнерной площадки, контейнеро-мест;

E_0 – дополнительная емкость контейнерной площадки для хранения транзитных сортируемых контейнеров, контейнеро-мест;

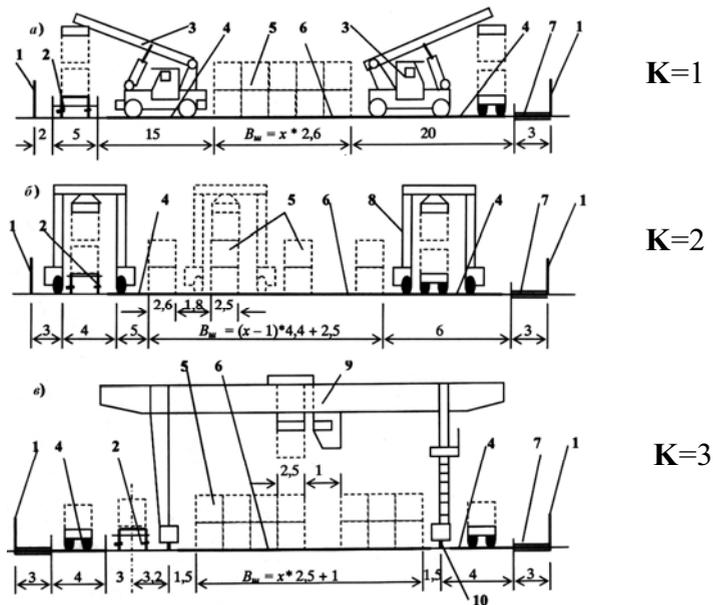


Рис. 2. Варианты грузовых железнодорожно-автомобильных терминалов для крупнотоннажных контейнеров с автопогрузчиками с выдвижной крановой стрелой (а), портальными (б) и козловым краном (в):

1 – ограждение терминала; 2 – железнодорожный погрузочно-разгрузочный фронт; 3 – автопогрузчик с выдвижной крановой стрелой (ричстакер); 4 – автопроезды; 5 – штабели контейнеров; 6 – покрытие контейнерной площадки; 7 – пешеходные тротуары; 8 – портальный автопогрузчик; 9 – козловой кран грузоподъемностью 32 т; 10 – подкрановые пути (размеры – в метрах)

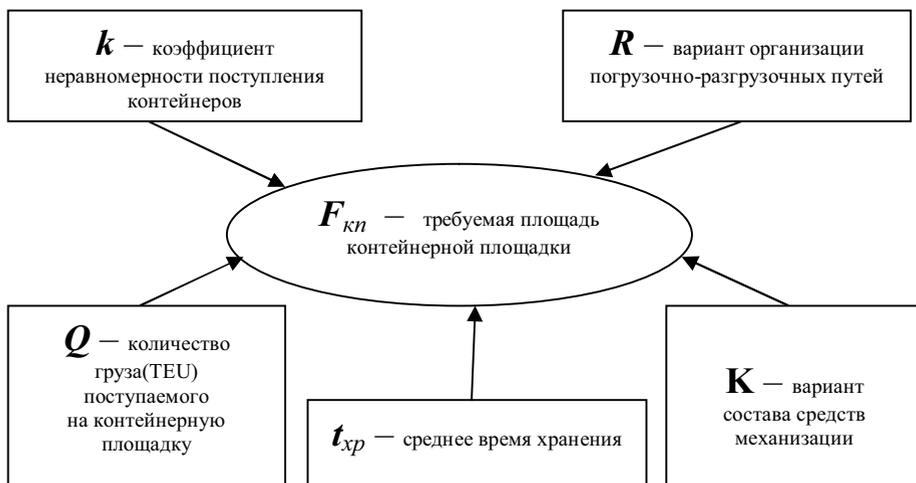


Рис. 3. Система факторов влияния на площадь F_{kn} контейнерной площадки

ΔF_{κ} – площадь одного контейнеро-места, m^2 ;

$$\Delta F_{\kappa} = l_{\kappa} \times b_{\kappa},$$

где l_{κ}, b_{κ} – соответственно длина и ширина контейнера, м.

2) в специальной литературе [2] для определения площади контейнерной площадки используется метод элементарных площадок

$$F_{\kappa m} = K_{\text{дон}} \left[n_n t_n (1 - \beta_n) + n_o t_o (1 - \beta_o) + 0,03(n_n + n_o) t_p + n_{\text{нор}} t_{\text{нор}} \right] f_k, \quad (2)$$

где $n_n, n_o, n_{\text{нор}}$ – приведенное число прибывающих, отправляемых и порожних контейнеров;

$t_n, t_o, t_p, t_{\text{нор}}$ – время хранения контейнеров на площадке соответственно по прибытии, по отправлению, неисправных и порожних, сут.;

β_n, β_o – коэффициент, учитывающий долю перегрузки по прямому варианту соответственно по прибытию, по отправлению контейнеров;

f_k – площадь, занимаемая одним контейнером, m^2 ;

0,03 – доля неисправных контейнеров.

3) метод удельных допускаемых нагрузок (удельных допускаемых давлений) предлагает определять площадь контейнерных площадок [3] определяется по формуле

$$F_{\kappa n} = (Q_{\text{сут}}^p \cdot t_{xp} \cdot k_{np} \cdot g) / P_{\text{дон}}, \quad (3)$$

где k_{np} – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь контейнерной площадки, необходимую на проезды и проходы;

g – ускорение свободного падения, m/c^2

$P_{\text{дон}}$ – удельное допускаемое давление на $1 m^2$ площади, kH/m^2 .

4) в специализированной литературе [4; 5] площадь контейнерной площадки $F_{\kappa n}$ предлагается определять в зависимости от вместимости контейнерной площадки E

$$F_{\kappa n} = k_{\text{доп}} \cdot E \cdot \Delta f_k, \quad m^2 \quad (4)$$

$$F_{\kappa n} = E \cdot S, \quad m^2, \quad (5)$$

E – вместимость контейнерной площадки, конт.;

S – удельный показатель площади контейнерной площадки, $m^2/\text{конт.}$, в расчете на один хранящийся контейнер.

Для принятия стратегических решений считаем целесообразным использовать формулу (5), так как она предполагает оперирование наиболее агрегированными показателями. (S) – удельный показатель площади контейнерной площадки ($m^2/конт.$), прямо зависит от (K) – варианта состава средств механизации (таблица 1).

Таблица 1

Удельный показатель площади/ вариант средств механизации	K_1	K_2	K_3
S	60 м ² /конт.	45 м ² /конт.	40 м ² /конт.

Следующей характеристикой является N – количественный состав подъёмно-транспортных машин [2]

$$N_e = \frac{t_{k_i} \cdot K_n}{60 \cdot T_r \cdot K_o} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i}, \quad (6)$$

где t_{k_i} – время цикла погрузочно-разгрузочной машины по перегрузке одного контейнера, маш.;

k_n – коэффициент неравномерности контейнеропотоков;

60 – число минут в часе;

T_2 – число дней работы контейнерного терминала в году;

K_o – коэффициент использования оборудования по времени;

Q_i – годовой контейнеропоток;

T_i – число часов работы в сутки по выполнению i -й группы контейнероопераций;

n – количество разных групп контейнеро-операций по переработке контейнеров на терминале (например, выгрузка груженых контейнеров с ж/д транспорта, выгрузка груженых контейнеров с автомобильного транспорта, выгрузка порожних контейнеров с автомобильного транспорта, сортировка контейнеров на площадке и т.д.).

Важным показателем является Z – число рабочих (крановщиков, водителей и т.д.)

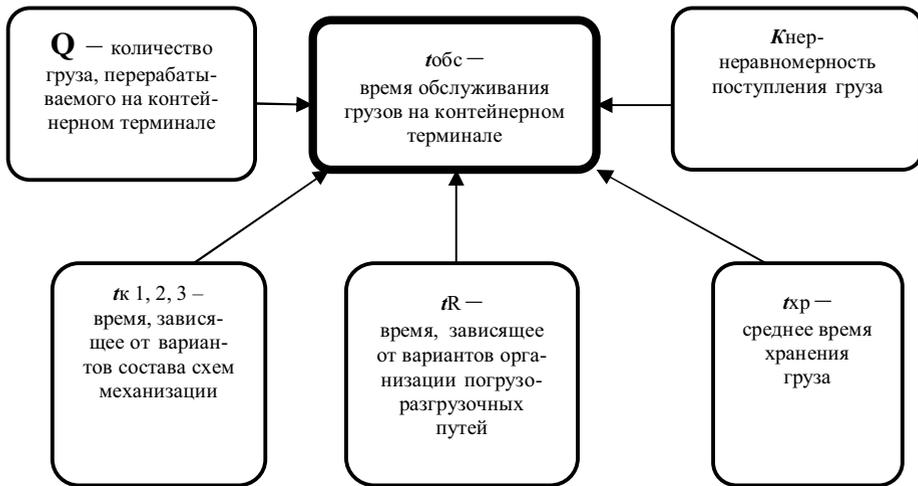
$$Z = \frac{T_n^r}{n_z}, \quad (7)$$

где T_n – трудоемкость механизированных работ, чел./год;

n_z – число смен в год.

От рассмотренных выше характеристик зависит такой важный показатель работы контейнерной площадки, как время обслуживания $t_{обс}$ (рис.4). Отметим, что время хранения является экзогенным параметром, остальные «временные» составляющие $t_{обс}$ зависят от организации площадки:

t_R – время, которое определяется применением на контейнерной площадке различных погрузочно-разгрузочных путей (авто, ж/д, авто-ж/д и т.д.); $t_{k_{1,2,3}}$ – время, зависящее от вариантов состава схем механизации .



*Рис. 4. Схема формирования
времени обслуживания груза на контейнерной площадке*

Проанализированные выше характеристики контейнерной площадки обуславливают необходимые финансовые ресурсы для ее обустройства. Полные капиталовложения определяются по формуле

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7, \quad (8)$$

где K_1 – затраты на средства механизации с учетом их доставки и монтажа;

K_2 – затраты на строительство подкрановых путей, эстакад и т.д.;

K_3 – затраты на строительство площадки контейнеров;

K_4 – затраты на строительство ж/д подъездных путей;

K_5 – затраты на автоподъездов;

K_6 – затраты на подвод электропитания;

K_7 – затраты на строительство водопровода-канализации.

Каждая из составляющих (8) определяется характеристиками проектируемой контейнерной площадки – площадью, схемой механизации, составом технических средств. Так,

$$K_1 = (1 + B)N_e C_n, \quad (9)$$

где N_e – количество погрузочно-разгрузочных машин, шт. (определяется расчетом по вариантам k_i);

B – коэффициент начисления на транспортировку, хранение, монтаж;

C_n – стоимость одной машины, у.е.;

$$K_2 = L_{к.т.} \cdot C_B, \quad (10)$$

$L_{к.т.}$ – длина контейнерной площадки, которая зависит от площади проектируемой площадки.

C_B – стоимость одного погонного метра вспомогательных устройств, м;

$$K_3 = F_{к.т.} \cdot C_{кт}, \quad (11)$$

$F_{к.т.}$ – расчетная площадь контейнерного терминала по вариантам (k_i), м²;

$C_{кт}$ – стоимость 1 м² контейнерной площадки;

$$K_{4,5} = L_{к.т.} \cdot C_{ж.д.}, \text{ у.е.}; \quad (12)$$

$$K_{4,5} = L_{к.т.} \cdot b_a \cdot C_a, \text{ у.е.}, \quad (13)$$

b_a – ширина автоподъезда на контейнерной площадке;

C_a – стоимость 1 м² автоподъезда;

$$K_{6,7} = L_{э.} \cdot C_э, \quad (14)$$

$$K_{вк} = L_{вк} \cdot C_{вк}, \quad (15)$$

где $C_э, C_{вк}$ – стоимость погонного метра электросети и водопроводно-канализационных коммуникаций.

Итак, мы рассмотрели зависимость составляющих капитальных затрат на организацию контейнерной площадки от ее характеристик, что позволяет представить (8) как

$$K = f(F_{кп}, R, N). \quad (16)$$

В свою очередь, $F_{кп}$, R , N определяются задаваемыми характеристиками проходящего и обрабатываемого на площадке грузопотока/контейнеропотока, такими как объем грузопотока Q , его неравномерность $k_{нер}$, среднее время хранения $t_{хр}$.

Заключение. Таким образом, рассмотрена вся логическая цепочка в процессе принятия решений по проектированию контейнерной площадки: характеристика грузопотока/контейнеропотока, параметры и характеристики контейнерной площадки, необходимые капитальные затраты на ее организацию.

Представленные зависимости позволяют на этапе проектирования контейнерной площадки проработать альтернативные варианты ее организации, которые отличаются, составом технологических средств, размером и т.п., что обуславливает отличие вариантов, в том числе, и величиной необходимых капитальных затрат. Окончательный выбор осуществляется на базе установленного критерия и системы ограничений с учетом перспектив развития контейнеропотоков.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы): Учебник для транспортных вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 448 с.*
2. *Маликов О.Б., Малкович А.Р. Склады промышленных предприятий: Справочник. – СПб.: Машиностроение, 1988. – 672 с.*
3. *Падня В.А. Погрузочно-разгрузочные машины: Справочник. – М.: Транспорт, 1981. – 448 с.*
4. *Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.А. Тимошин, И.И. Мачульский, В.А. Голутвин, А.Л. Клейнерман, В.И. Копьрин; Под ред. А.А. Тимошина и И.И. Мачульского. – М.: Маршрут, 2003. – 400 с.*
5. *Савин В.А. Склады: Справочное пособие. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2001.*
6. *Гриневич Г.П. Комплексно-механизированные и автоматизированные склады на транспорте. – М.: Транспорт, 1987. – 296 с.*
7. *Контейнерная транспортная система / Под ред. Л.А. Когана. – М.: Транспорт, 1991. – 254 с.*
8. *Пладис Ф.А., Шкурин В.А., Сурмаев Г.Э. Контейнеры: Справочник. – М.: Машиностроение, 1981. – 192 с.*

9. *Постан М.Я. Вероятностная модель портового контейнерного терминала с учетом неравномерности прибытия транспортных средств / М.Я. Постан, И.В. Савельева // Вісник Донецького Національного Університету. Серія В: економіка і право. – 2011. – Т.2. – С. 220-226.*
10. *Савельева И.В. Об одной вероятностной модели функционирования портового контейнерного терминала / И.В. Савельева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2011. – Вип.17. – С.160-174.*

Стаття надійшла до редакції 05.10.2015

Рецензенти:

доктор економічних наук, доцент, завідувач кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету **С.П. Онищенко**

доктор технічних наук, професор, завідувач лабораторії Досліджень конструкцій гідротехнічних споруд «ЧорноморНДІпроект» **М.Б. Пойзнер**

Перепичко Майя Євгенівна
Ассистент кафедри «Експлуатація морських портів»
Одеський національний морський університет
ул. Мечникова, 34, г. Одеса, Україна, 65029
E-mail: mirvamdobro@eandex.ua

УДК 629.5.068.4

Л.В. Пизинцали

**ПОДГОТОВКА «ЗЕЛЕНОГО ПАСПОРТА»
КАК ПРОЦЕДУРЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРЕБОВАНИЙ
К ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ**

В статье рассмотрены материалы одной из процедур, касающихся существующих судов в отношении утилизации – подготовка «зеленого паспорта», являющегося документом, содействующим применению Руководства ИМО и содержащим информацию в отношении материалов, известных как потенциально опасные и используемых в конструкции судна, его оборудовании и схемах.

Ключевые слова: утилизация, судно, «зеленый паспорт», Руководство, отходы, опасные материалы.

У статті розглянуті матеріали однієї з процедур, що стосуються існуючих судів стосовно утилізації – підготовка «зеленого паспорта», що є документом, сприяючим застосування Посібника ІМО і містить інформацію щодо матеріалів, відомих як потенційно небезпечні і використовуваних в конструкції судна, його обладнанні та схемах.

Ключові слова: утилізація, судно, «зелений паспорт», Керівництво, відходи, небезпечні матеріали.

The article deals with the materials of one of the procedures relating to existing ships with respect to disposal – preparation of «green passports», is a document facilitating the application of the IMO, and containing information with respect to materials known to be potentially dangerous and used in the design of the vessel, its equipment and circuits.

Keywords: recycling, ship, the «green passport», Manual, waste, hazardous materials.

Актуальность. Один из путей реанимирования судоремонтных заводов, например, Ильичевского СРЗ, является перепрофилирование его полностью или частично в утилизационное предприятие (УП). Вложения будут относительно минимальные, так как, во-первых, сохранена хорошая техническая база; во-вторых, жив и работает научно-исследовательский потенциал, способный обеспечить заводы современными проектами и разработками, как по строительству флота, так и реконструкции и модернизации заводов. В городах Одесса и Николаев находятся более 20 научно-исследовательских предприятий, высших и средне-специальных учебных заведений, сеть колледжей и морских школ.

В-третьих, нельзя не отметить и выгодное географическое положение, и прекрасные климатические условия: короткий зимний период со

стабильными плюсовыми температурами и сухим климатом – менее 30 дождливых дней в году (Корея, Япония – 75-80 дождливых дней в году), что дает возможность развития и кооперации производства.

Кроме того, разветвленная сеть судоремонтных заводов на юге Украины с хорошей технической базой и специалистами, может стать базой для развития подрядных организаций, фабрикации блоков, сборки надстроек, их оборудование и комплектации, а также изготовление и поставки на заводы необходимого оборудования и отдельных деталей. Все это повышает объемы переработки металла и снижает стоимость судна, стоимость его ремонта и утилизации в целом.

Руководство ИМО по утилизации судов (Резолюция А. 962 (23)) [1] указывает, что в целом утилизация является одним из основных принципов устойчивого развития.

На определенном этапе заканчивается срок эксплуатации судов, который составляет 20-25 лет или более. Например, в 2001 году ОЭСР отметила возрастающее число аварий старых судов, остающихся в эксплуатации, особенно навалочных судов и танкеров [1].

Равномерный вывод из эксплуатации старых судов и их замена новыми является естественным коммерческим процессом, который предоставляет возможность внедрения более безопасных и более экологически благоприятных проектов, повышения эксплуатационной эффективности и общего снижения морского риска [1].

С точки зрения удаления отслуживших срок судов имеется мало альтернатив утилизации – постановка судна на ремонт лишь откладывает решение вопроса. Имеется лишь ограниченная возможность переоборудования судов для других видов использования, таких, как сооружения для хранения, волноломы или туристические аттракционы; преднамеренное потопление судна, строго регулируемое Лондонской конвенцией, не дает возможности утилизировать сталь и другие материалы, и оборудование судна.

Таким образом, обычно утилизация является наилучшим вариантом удаления всех отслуживших срок судов. Спрос на утилизацию судов возрастает, поскольку заканчивается срок коммерческой эксплуатации судов, в частности нефтяных танкеров, которые не отвечают новым международным требованиям, установленным Конвенцией МАРПОЛ.

В то время как принцип утилизации судов рационален, рабочая практика и экологические стандарты на утилизационных предприятиях часто оставляют желать много лучшего. Хотя ответственность за условия на УП должна возлагаться на страны, в которых они расположены, другие заинтересованные стороны могут внести вклад в сведение к минимуму потенциальных проблем, связанных с гигиеной, охраной труда и защитой окружающей среды на УП, и должны применять Руководство ИМО по утилизации судов.

Целью статьи является рассмотрение материалов одной из процедур, касающихся существующих судов в отношении утилизации и создания УП – подготовка «зеленого паспорта».

Одной из процедур, касающихся существующих судов (*Существующее судно* – судно, которое не является новым судном [1]) в отношении утилизации, является подготовка «зеленого паспорта».

«Зеленый паспорт» для судов является документом, содействующим применению Руководства ИМО и содержащим информацию в отношении материалов, известных как потенциально опасные и используемых в конструкции судна, его оборудовании и схемах. Он должен сопровождать судно в течение срока его эксплуатации. Последующие собственники судна должны поддерживать точность «Зеленого паспорта» и включать в него все соответствующие изменения конструкции и оборудования, причем последний собственник должен доставить документ вместе с судном на утилизационное предприятие.

«Зеленый паспорт» должен содержать по меньшей мере следующую информацию [1]:

1. Сведения о судне:

- название государства, под флагом которого судно имеет право плавать;
- дату, в которую судно было зарегистрировано в этом государстве;
- дату, в которую судно было исключено из реестра этого государства;
- опознавательный номер судна (номер ИМО);
- о местонахождении и приблизительном количестве/объеме каждого – номер корпуса при первоначальной поставке судна;
- название и тип судна;
- порт, к которому судно приписано;
- наименование собственника судна и его адрес;
- наименование всех классификационных обществ, которые присвоили судну класс;
- основные сведения о судне (общая длина, ширина (теоретическая), высота борта (теоретическая), водоизмещение порожнем);
- наименование и адрес судостроителя.

2. Кадастр материалов, известных как потенциально опасные, содержащий сведения выявленного материала на судне, который состоит из следующих частей:

Часть 1 – Потенциально опасные материалы в конструкции и оборудовании судна.

Часть 2 – Отходы, образующиеся во время эксплуатации.

Часть 3 – Запасы.

Любые изменения записей, упомянутых в пункте 2, должны регистрироваться в «Зеленом паспорте», с тем, чтобы предоставить обновленную и текущую информацию вместе с историей изменений.

Сведения о судне, упомянутые в пункте 1, должны включаться в «Зеленый паспорт» собственником судна.

Часть 1 кадастра потенциально опасных материалов должна подготавливаться:

1 – для новых судов – судостроителем, по консультации с изготовителями оборудования, на стадии постройки и передаваться собственнику судна;

2 – для существующих судов – собственником судна, насколько это практически возможно и целесообразно, посредством ссылки на судовые планы, чертежи, руководства, технические требования и манифесты судовых запасов, по консультации с судостроителем, изготовителями оборудования и другими соответствующими сторонами.

Части 2 и 3 должны подготавливаться собственником судна до последнего рейса судна к утилизационному предприятию.

Администрации, проектировщики, судостроители и изготовители оборудования должны принимать меры для облегчения подготовки «Зеленого паспорта».

Перечень опасных отходов и веществ, встречающихся при утилизации судов, представлен в таблицах 1, 2, 3 [1].

Потенциально опасные материалы, которые могут находиться на борту судов, доставленных на УП (на основе Приложения 1 к «Отраслевому кодексу практики по утилизации судов, август 2001 года»): *

А. Рабочие вещества и предметы потребления:

1. Грузовые остатки, включая нефтяные остатки.
2. Остатки из сухих танков.
3. Топочный мазут, дизельное топливо, газойль, смазочное масло, консистентные смазочные материалы и противозадирные присадки.
4. Гидравлическое масло.
5. Отработанные масла (содержимое отстойного танка).
6. Антифризы.
7. Керосин и уайт-спирит.
8. Химические вещества для обработки котловой и питательной воды.
9. Реагенты для испытания котловой и питательной воды.
10. Регенеративные химические вещества деионизаторов.
11. Кислота для дозирования и удаления окалина из испарителей.
12. Химические вещества для обработки хозяйственно-бытовой воды.
13. Краски и антикоррозионные присадки.
14. Растворители и разбавители.
15. Хладогенты (R12 или R22).

** Настоящий перечень предназначен для использования с целью определить потенциально опасные материалы на судах (см. разделы 4, 6 и 7[1]) и не является частью «Зеленого паспорта».*

16. ГАЛОН.
 17. CO₂ (в баллонах – противопожарная защита машинных отделений).
 18. Ацетилен, пропан и бутан.
 19. Моющие средства для хозяйственно-бытового обслуживания.
 20. Свинцовые аккумуляторные батареи.
 21. Электролит для аккумуляторов.
 22. ПХД и/или ПХТ и/или ПБД при уровне концентрации в 50 мг/кг или более.
 23. Ртуть.
 24. Радиоактивные материалы, т.е. уровнемеры.
 25. Различные медикаменты.
 26. Инсектицидные аэрозоли.
 27. Различные химические вещества, такие как этиловый спирт, денатураты, эпоксидные смолы и т.д.
 28. Пластмассы, охватываемые Конвенцией МАРПОЛ.
 29. Неочищенные и очищенные сточные воды.
 30. Перфторуглероды (ПФУ).
- В. Токсичные материалы (входящие в конструкцию судна):**
1. Асбест.
 2. Покрытия на элементах конструкции судов из краски на базе свинца.
 3. Противообрастающие покрытия днищ судов на базе олова.

Опасные материалы означает материалы, представляющие вред для здоровья человека или окружающей среды, указанные в МКМПОГ, Базельской конвенции или других международных организациях или документах.

1. Основные материалы судна (например, сталь, алюминий) не представляют собой главную проблему с точки зрения здоровья человека или загрязнения моря. Однако существует ряд возможных источников обеспокоенности, которые следует рассмотреть, например:
 - топливо, смазочные материалы и хладагенты;
 - обладающие плавучестью материалы (например, пластмасса, изоляция из пеностирола);
 - материалы, возможно содержащие ПХД, например изоляция проводов;
 - отстой;
 - вредные водные организмы в балластных водах; и в настоящее время (на старых судах)
 - асбест, используемый в качестве изоляционного материала и в панельной обшивке жилых помещений.

2. Предметы на судах, которые могут содержать вызывающие беспокойство вещества, включают:

- электрическое оборудование (например, трансформаторы, батареи, аккумуляторы);
- охладители;
- газоочистители;
- сепараторы;
- теплообменники;
- склады для промышленных и других химических веществ;
- танки, дизельные цистерны, включая резервуары-хранилища;
- хранящиеся в запасе растворители и другие запасы химических веществ;
- краски:
- электрические кабели, установленные до 1975 года (пластмассовое покрытие может содержать ПХД);
- расходные аноды;
- огнетушащее и противопожарное оборудование;
- трубопроводы, клапаны и арматуру;
- насосы и компрессоры;
- двигатели и генераторы;
- маслосборники;
- гидравлические системы;
- осветительную арматуру и приспособления.

3. При определении потенциально опасных материалов на судах для руководства следует рассматривать два основных перечня, которые изложены в добавлениях 1 и 2 к Руководству.

Добавление 1 основано на «Перечне указанных в Базельской конвенции опасных отходов и веществ, встречающихся при разборке судов» (Приложение В к «Техническим руководящим принципам экологически рационального управления процессом полного и частичного демонтажа судов»), а добавление 2 основано на перечне «Потенциально опасных материалов, которые могут быть на судах, доставленных к утилизационным верфям» (Приложение 1 к «Отраслевому кодексу практики по утилизации судов»).

Некоторые проблемы, связанные с утилизацией судна, могут рассматриваться на стадии проектирования и постройки не только в отношении самих судов, но также в отношении их оборудования. Первым шагом является установление любых потенциально опасных материалов, которые могли бы быть включены в обычном порядке в конструкцию судов и их оборудование (см. раздел 4 [1], и, если это практически возможно, рассмотрение вопроса об использовании менее опасных альтернативных материалов.

Вторым шагом является сведение к минимуму опасных материалов, образующихся в течение эксплуатации судна и в конце срока его эксплуатации. Судостроители уже должны осознавать необходи-

мость сведения к минимуму выбросов и образования опасных отходов до уровня, настолько низкого, насколько это разумно достижимо.

На первоначальных этапах может выполняться оценка:

1 – типа, количества и потенциальной опасности используемых материалов и их расположения на борту судна;

2 – предполагаемой деятельности в ходе эксплуатации судна и любых потенциально опасных отходов, которые могут образовываться;

3 – осуществимости устранения вероятности образования опасных отходов путем рассмотрения:

– изменения состава продуктов – установления компонентов, в которых используются менее потенциально опасные материалы;

– более чистых экологически производственных технологий – при которых образуется меньше отходов;

– изменения процесса – с целью образования меньшего количества отходов;

– замены исходных компонентов использования менее потенциально опасных расходных материалов или материалов, при которых образуется меньшее количество отходов;

– замкнутой утилизации на месте, которая включает установление компонентов, в которых используются менее потенциально опасные материалы;

– более чистых экологически производственных технологий – при которых образуется меньше отходов;

– изменения процесса – с целью образования меньшего количества отходов;

– замены исходных компонентов использования менее потенциально опасных расходных материалов или материалов, при которых образуется меньшее количество отходов;

– замкнутой утилизации на месте – системы, посредством которых отходы утилизируются на судне.

Проектировщикам судов и судостроителям рекомендуется при проектировании и постройке судна должным образом учитывать окончательное удаление судна путем:

1 – использования материалов, которые могут быть утилизированы безопасным и экологически рациональным образом;

2 – сведения к минимуму использования материалов, известных как потенциально опасные для здоровья человека и окружающей среды.

В общих чертах, если существует такая возможность, проектировщики судов или оборудования должны рекомендовать операторам судов конструкции, которые сводят к минимуму или предотвращают образование отходов в источнике и в конце срока эксплуатации судна.

Подобным образом, собственникам и операторам судов следует запрашивать такие конструкции для новых и модифицированных судов.

Администрации и компетентные власти судостроительных государств поощряют судостроителей, которые ограничивают использование опасных материалов в конструкции судов.

Компетентные власти судостроительных государств играют роль в поощрении исследований использования менее потенциально опасных материалов в конструкции судов и содействии использованию методов, которые, не снижая безопасности или эксплуатационной эффективности, способствуют облегчению операции по утилизации.

При постройке, переоборудовании и ремонте судов не должны использоваться вещества, запрещенные или ограниченные к использованию такими международными конвенциями, как Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (СОЗ), Монреальский протокол о веществах, разрушающих озоновый слой, и Международная конвенция о контроле за вредными противообрастающими системами на судах.

При проектировании судов и судового оборудования для облегчения утилизации и удаления опасных материалов проектировщикам судов и судостроителям, не снижая безопасности или эксплуатационной эффективности, при проектировании и постройке судна следует должным образом учитывать окончательное удаление судна путем рассмотрения:

1 – проектов конструкции, которые могли бы облегчать утилизацию судна;

2 – конструкций оборудования, которые облегчают удаление материалов с судов во время утилизации;

3 – использования конструкционных материалов, которые могут легко утилизироваться;

4 – вопроса о предоставлении новому собственнику краткой технической документации, содержащей рекомендации об оптимальном подходе к утилизации судна;

5 – использования утилизированных материалов в конструкции судна или оборудования;

6 – ограничения использования материалов, которые трудно разделить на отдельные конкретные вещества или компоненты;

7 – принятия мер для облегчения удаления таких материалов.

Изготовителям судового оборудования, которое содержит опасные вещества, следует рекомендовать проектировать их таким образом, чтобы облегчать безопасное удаление этих веществ, или же рекомендовать, каким образом такие вещества могут быть безопасно удалены по истечении периода эксплуатации оборудования.

Собственникам судов следует направлять все усилия на сведение к минимуму количества потенциально опасных материалов на судне, включая такие материалы, перевозимые в качестве запасов, в ходе планового или значительного технического обслуживания либо значительного переоборудования, при необходимости прибегая к помощи других сторон.

Операторам судов следует постоянно стремиться к сведению к минимуму образования и хранения опасных отходов в период срока эксплуатации судна и по истечении этого срока.

Выводы

1. «Зеленый паспорт» для судов является документом, содействующим применению Руководства ИМО и содержащим информацию в отношении материалов, известных как потенциально опасные и используемых в конструкции судна, его оборудовании и схемах.
2. «Зеленый паспорт» должен сопровождать судно в течение срока его эксплуатации.
3. Одной из составляющих плана утилизации судна является «Зеленый паспорт».
4. «Зеленый паспорт» является обязательной составляющей при проектировании утилизационного предприятия.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Резолюции и другие решения 23-й Ассамблеи 24 ноября-5 декабря 2003 года. Резолюции 936 – 965 – ИМО. Лондон, 2004.*

Стаття надійшла до редакції 16.03.2015

Рецензенти:

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

доктор технічних наук, професор кафедри «Бізнесадміністрування та корпоративна безпека» Міжнародного гуманітарного університету
А.І. Рибак

УДК 005.8: 378.33

В.М. Пітерська

**ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД
В УПРАВЛІННІ НАУКОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УКРАЇНІ**

У статті описано сучасний стан науки в Україні, вказані основні напрями фінансування досліджень та запропонований методичний підхід щодо розробки проектно-орієнтованої стратегії інноваційного розвитку наукової діяльності, враховуючи міжнародні тенденції здійснення та підтримки досліджень.

Ключові слова: управління проектами, проектно-орієнтований підхід, наукова діяльність, інноваційний розвиток.

В статье описано современное состояние науки в Украине, указаны основные направления финансирования исследований и предложен методический подход к разработке проектно-ориентированной стратегии инновационного развития научной деятельности, учитывая международные тенденции осуществления и поддержки исследований.

Ключевые слова: управление проектами, проектно-ориентированный подход, научная деятельность, инновационное развитие.

The article describes the current state of science in Ukraine, indicated the main directions of research funding. The methodological approach of working out of project-oriented strategy of innovative development research activities, including the implementation of international trends and support of research is proposed.

Keywords: project management, project-oriented approach, scientific activities, innovative development.

Вступ. Розвиток науки і техніки є визначальним фактором прогресу суспільства, підвищення добробуту його членів, їх духовного та інтелектуального зростання. Цим зумовлена необхідність пріоритетної державної підтримки розвитку науки як джерела економічного зростання і невід'ємної складової національної культури та освіти, створення умов для реалізації інтелектуального потенціалу громадян у сфері наукової і науково-технічної діяльності, цілеспрямованої політики у забезпеченні використання досягнень вітчизняної та світової науки і техніки для задоволення соціальних, економічних, культурних та інших потреб. Провідні держави світу виділяють із державного бюджету на її розвиток дедалі більші кошти. Крім того, чималі капіталовкладення у наукові дослідження роблять компанії та фірми. На жаль, Україна нині вимушена витратити досить значні кошти на соціальний захист населення, поточні соціальні

програми, тому на наукову діяльність залишається зовсім мало. Низький рівень заробітної плати науковців порівняно з їхніми колегами за кордоном спричиняє «відплив умів» з тимчасовим чи постійним характером. У Конституції України зазначено, що держава сприяє розвитку науки, встановленню наукових зв'язків України зі світовим співтовариством. Отже, держава повинна приділяти велику увагу фінансуванню наукової та науково-технічної діяльності, що включає фінансування фундаментальних досліджень та видатків на розробку перспективних технологій і пріоритетних напрямів науково-технічного прогресу.

Аналіз основних досягнень і літератури. Фінансування науки в Україні з Державного бюджету здійснюється за трьома рівнями. Розглянемо заклади наукового напрямку діяльності (рис. 1).

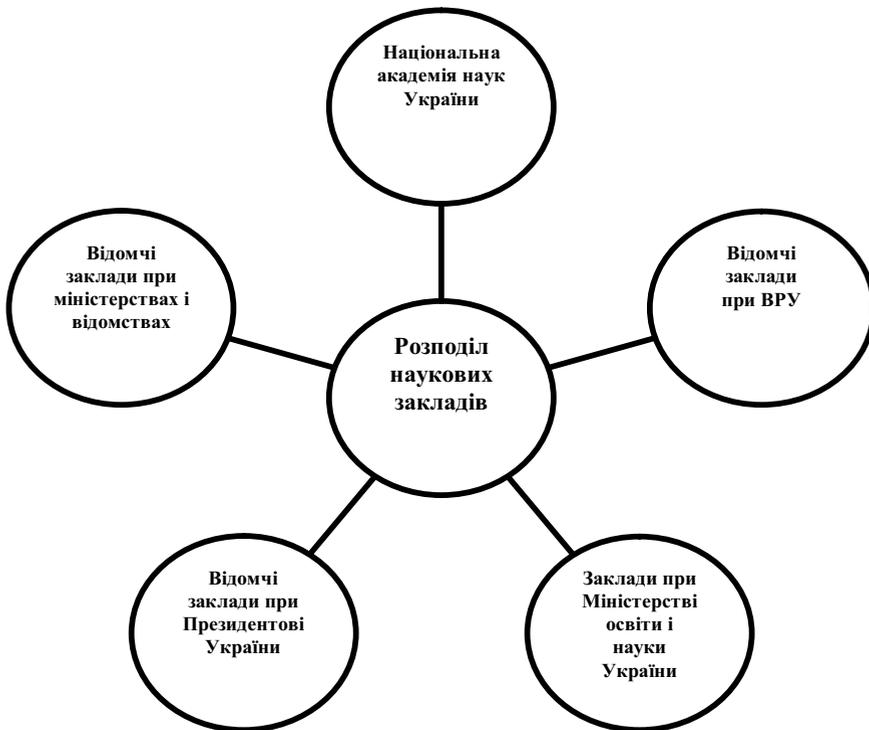


Рис.1. Групи закладів, що здійснюють наукові дослідження

Заклади Академії наук України – це наукові установи, які виконують державні фундаментальні дослідження. До них відносять: Інститут економічного прогнозування, Інститут економіки, Інститут економіки промисловості, Національний інститут економічних програм, Науково-дослідний інститут моделювання та інформатизації та ін.

Відомчі заклади – при Президентові України, Верховній Раді України, міністерствах і відомствах функціонують наукові установи, які виконують наукові дослідження, що є актуальними для конкретного напрямку діяльності. До них належать: Національний інститут стратегічних досліджень, Академія управління (при Президенті України), Науково-дослідний економічний інститут (Міністерство економіки), Українська академія банківської справи (НБУ) та ряд інших.

У закладах, підпорядкованих Міністерству освіти і науки, поряд із навчанням студентів виконуються замовлення з окремих загальнодержавних проблем з відповідним фінансуванням із Державного бюджету.

Фінансування науково-дослідних установ з бюджету здійснюється через головних розпорядників бюджетних коштів.

Крім того, передбачено стимулювання установ, підприємств, які залучають для досліджень власні кошти.

Однак, зважаючи на не досить розвинутий економічний стан суб'єктів господарювання, вплив цих важелів є недостатнім для виконання вагомих досліджень.

Метою дослідження є розробка проектно-орієнтованої стратегії розвитку наукової сфери, враховуючи міжнародний досвід здійснення інноваційної діяльності.

Завданням дослідження є розгляд стану розвитку науки в Україні, а також вироблення методичних основ проектного управління науковою діяльністю, враховуючи світові тенденції державної підтримки науково-дослідної роботи. Важливо відмітити, що, у зв'язку з необхідністю концентрації зусиль учених в умовах інтенсивного науково-технічного прогресу, виникає необхідність розробки і реалізації нової концепції управління науковими дослідженнями, в основі якої лежить проектно-орієнтований підхід до організації наукової діяльності як найбільш доцільний.

Матеріали дослідження. В Україні ситуація з науковою діяльністю проблемна. Українська наука з її численними потужними школами, традиціями, дослідницькими базами повинна була б успішно розвиватися.

Динаміка зміни витрат на проведення наукових досліджень Міністерством освіти і науки України, а також НАН України представлена на рис. 2.

У вищих навчальних закладах є певна кількість аспірантів, часом навіть талановитих і самовідданих, але майже всі вони після захисту дисертацій або їдуть працювати за фахом за кордон, або йдуть у бізнес чи політику. А без припливу молоді наука в Україні може припинити існування у досить короткі терміни.

Якщо у 2010 році видатки на науку в Україні становили лише 0,43 % ВВП, що було найменшим показником за десятиріччя і найнижчий рівнем витрат серед усіх європейських держав, то у 2013 році це фінансування впало нижче за 0,3 % ВВП. Це вже не Європа.



Рис. 2. Витрати на наукові дослідження

Цей показник, характерний для Африки, і то не всієї, а лише для слаборозвинених держав цього континенту.

Фінансування університетської науки скорочене в абсолютних цифрах на 11 % і на порозі закриття опинився цілий ряд дослідницьких структур; в Національній академії наук ситуація начебто дещо краща, але в багатьох академічних інститутах науковців уже «добровільно» перевели на неповні ставки – від 0,75 % до 0,9 %; написані і зверстані монографії та збірки статей роками лежать невидані, бо немає коштів на папір і друк. Про закупівлю нового обладнання годі й говорити, якщо воно не здійснюється за кошти міжнародних програм.

Видатки загального фонду Міносвіти у 2015 році скоротились на 23 % у порівнянні з 2014 роком. Відбулось більшою мірою не зниження, а передача певних потоків на місцевий рівень – з'явилась відповідна субвенція місцевим бюджетам у розмірі 5,7 млрд. грн. Протягом останніх десяти днів суттєво змінилось фінансування досліджень. Якщо раніше планувалось збільшення фінансування, то тепер передбачено зниження на 17 % у порівнянні з видатками 2014 року до 242 млн. грн. У Законі України «Про наукову і науково-технічну діяльність» чітко прописано, що уряд застосовує фінансово-кредитні та податкові важелі для створення економічно сприятливих умов для ефективного здійснення наукової і науково-технічної діяльності відповідно до законодавства України та має забезпечити бюджетне фінансування наукової та науково-технічної діяльності (крім видатків на оборону) в обсязі не менше 1,7 % ВВП України. На сьогодні українська наука фінансується державою на рівні менше 0,3 %, а з урахуванням позабюджетного фінансування – 0,6 %.

Динаміка фінансування науки в Україні наведена на рис.3.

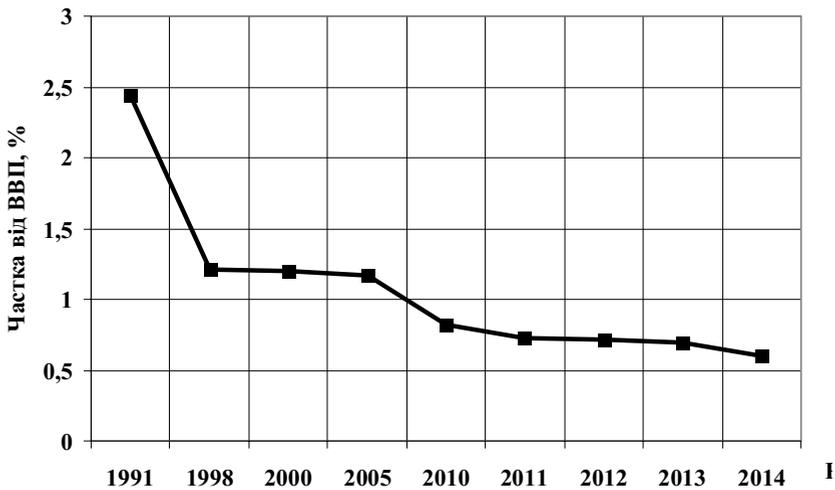


Рис. 3. Частка витрат на науку

Для порівняння в табл. 1 наведемо аналогічні зарубіжні дані.

Таблиця 1

Витрати на науку за кордоном в 2014 р., % ВВП

Країна	Усього	У т.ч. бюджет	Країна	Усього	У т.ч. бюджет
Ізраїль	4,25	3,05	Велика Британія	1,82	1,24
Фінляндія	3,84	2,55	Китай	1,43	1,1
Японія	3,33	2,3	Італія	1,27	0,74
США	2,79	1,9	Росія	1,24	0,37
Німеччина	2,78	1,95	Польща	0,68	0,4
Франція	2,21	1,33	Україна	0,6	0,26
ЄС	1,9	1,23			

Загальний рівень фінансування науки вважається однією з ключових характеристик інноваційності країни, її готовності до побудови суспільства, що базується на знаннях. Так, у Європейському Союзі згідно із Лісабонською стратегією визначена мета щодо скерування валових витрат на наукові дослідження і розробки на рівні 3 % від ВВП, яка буде підтримуватися у наступні роки, як одна з п'яти ключових цілей з європейської стратегії до 2020 року. Серед держав членів ЄС, тільки Фінляндія із рівнем витрат 3,87 % до ВВП, Швеція – 3,42 % та Данія –

3,06 % перевищили мету ЄС у 3 % з ВВП на R&D, а також були успішнішими за США (2,81 %). Ще чотири країни ЄС, а саме Німеччина із показником 2,82 %, Австрія – 2,76 %, Франція – 2,26 % і Словенія – 2,11 %, хоча, не досягли 3 % мети, мали вищі показники, ніж середній рівень ЄС. Україна у цій системі координат досягла рівня загальних витрат на наукові дослідження 0,6 % від ВВП, що у 5 разів менше ніж середня величина ЄС. Урядові бюджетні витрати на дослідження і розвиток у відсотках до валового внутрішнього продукту (ВВП) досягли 0,76 % для ЄС-27, в Японії – 0,75 %, США – 1,19 %, Південної Кореї – 1,09 %.

Але і частка витрат на науку у відсотках від ВВП не повністю відображає рівень її фінансування, оскільки істотно відрізняється вихідний показник для різних країн – величина валового внутрішнього продукту. Не менш важливим показником при аналізуванні витрат на наукові дослідження є рівень витрат в розрахунку на одного науковця.

Питомі витрати на наукові дослідження в розрахунку на одного науковця в Україні складають лише 6,8 тис. дол., що втричі менші, ніж у Латвії, у 5 разів – ніж у Польщі, в 11 – ніж у Іспанії, в 34 – ніж у Австрії, понад 25 – ніж у Швеції. Рівень витрат на одного дослідника представлений на рис. 4.

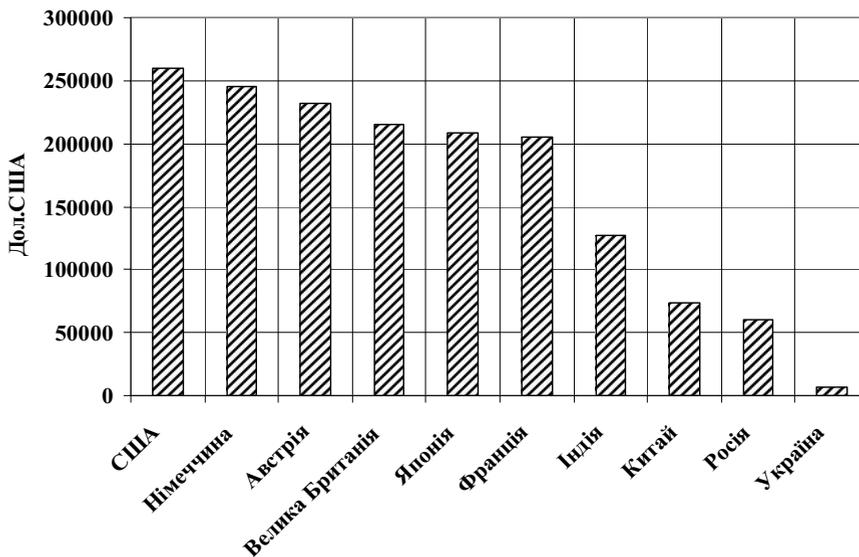


Рис. 4. Витрати на одного наукового співробітника

Низький рівень оплати праці в науковій сфері сприяє відтоку наукових кадрів і кваліфікованих спеціалістів з України, а також переходу до інших видів діяльності, не пов'язаних ні з наукою, ні з матеріальним виробництвом.

За статистичними даними про наукові організації України у 2014 р. наукові та науково-технічні роботи виконували 1255 організацій, що на 48 менше ніж у 2013 році або на 3,68 %. За останні двадцять років в Україні відбулося більш ніж дворазове скорочення працівників наукової сфери. У період між 2009 та 2014 роком середній приріст наукового персоналу поміж країн ЄС становив 2,6 % на рік, хоч ця норма істотно змінювалася щодо окремих країн.

Знижуються всі показники, в тому числі і головний з них – питома вага реалізованої інноваційної продукції в загальному обсязі промислового виробництва: 7 % в 2002 р., 4,8 % в 2009 р. і 3,8 % в 2014 р. показують, що у нас немає ніякого переходу на інноваційний шлях розвитку.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що в Україні в науковій сфері існують такі проблеми низький рівень та не координованість залучення іноземних та вітчизняних інвестицій, відсутність проектно-орієнтованого підходу до управління науковою діяльністю, відсутність чіткої схеми виконання умов та інституційного забезпечення грантового фінансування, невідповідність рівня видатків Державного бюджету на науку законодавчо визначеним нормам.

Рівень розвитку системи державного управління залежить від впровадження нових форм організації та забезпечення якості результатів наукових досліджень. Застосування проектно-орієнтованого підходу до управління науковою діяльністю вважається одним із ефективних інструментів для налагодження командної роботи та раціонального впровадження результатів, отриманих науковцями, а також створення внутрішніх мотивацій для забезпечення необхідного синергетичного ефекту та відповідної якості дослідницьких результатів.

Багатоаспектність вирішення питання управління науковими дослідженнями обумовлюють необхідність удосконалення існуючих моделей і методів управління науковою діяльністю, а також проведення аналізу застосування відповідних методів провідних країн світу, в тому числі з урахуванням існуючих тенденцій в відповідній галузі в організаційних структурах самого різного спрямування.

Новою концепцією управління дослідженнями має стати концепція проектно-орієнтованого управління, що передбачає в якості структурної одиниці дослідження – проект, ознаками якого є: обмеженість необхідних ресурсів, бюджету, кінцевої мети, тривалості; новизна, зміна у часі, комплексність, розмежування з іншими науковими проектами, організаційне та правове забезпечення.

Розглядаючи проект в якості комплексу заходів і дій, спрямованих на досягнення унікального результату в умовах чинних обмежень щодо часу, коштів і виконавців, можна стверджувати що науково-дослідна робота – зручний об'єкт для застосування методології проектного менеджменту, адже наукова діяльність виконується в умовах визначених обмежень щодо часу, фінансування та виконавців, а також спрямована на

досягнення унікального результату. Слід зазначити, що структуризація досліджень, враховуючи проектний підхід, дозволяє привертати до виконання наукового проекту фахівців, що володіють різносторонніми знаннями і навичками, а також створювати команду, діяльність якої націлена на якісний результат.

Проектно-орієнтоване управління науковою діяльністю схематично можна представити наступним чином (рис. 5).

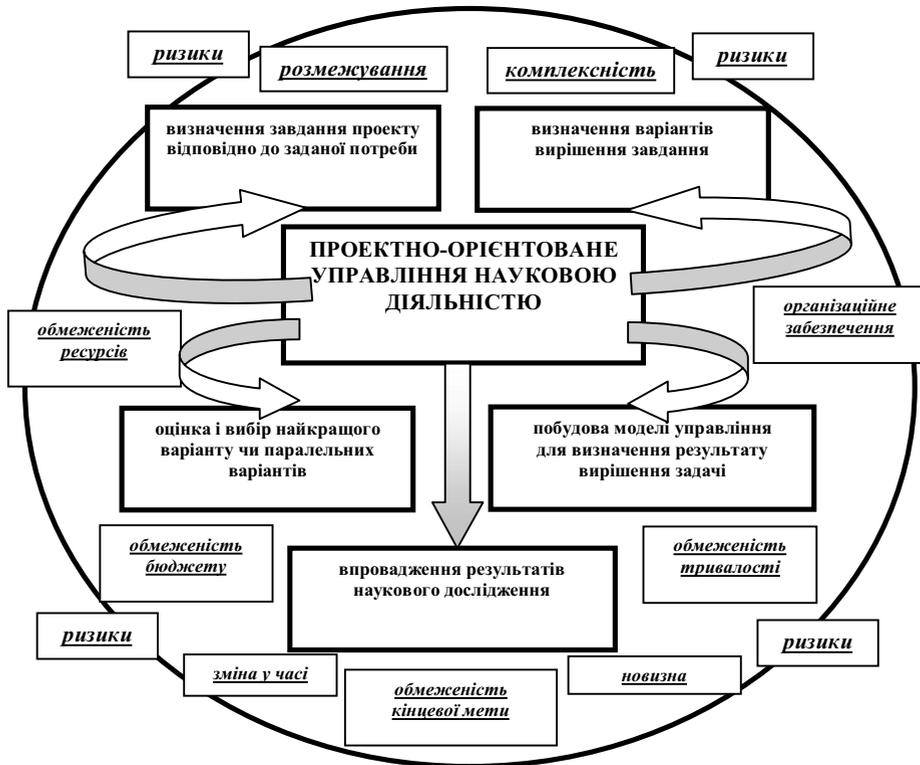


Рис. 5. Проектний підхід до управління науковою діяльністю

При використанні проектно-орієнтованого управління науковою діяльністю слід передбачити основні положення, що торкаються обґрунтування та представлення за спеціальною формою проекту наукового дослідження; організації роботи над науковим дослідженням, планування науково-дослідної роботи в рамках проекту, координації зусиль в рамках локального або інтеграційного проекту, формування і мотивації членів проектної команди, моніторинг і контроль виконання наукового проекту.

Використання проектно-орієнтованого підходу до управління науковою діяльністю дозволить зробити більш раціональним та ефективним процес планування, контролю за виконанням наукових досліджень.

У результаті здійснення дослідження не завжди можна досягнути попередньо сформульованих цілей. Використання методології проектно-орієнтованого управління науковою діяльністю дозволить шляхом оцінки результатів виконання проміжних етапів своєчасно визначити ймовірність отримання негативного підсумкового результату. Саме це дозволить уникнути необґрунтованої перевитрати коштів та часу. Можна стверджувати, що у разі отримання неочікуваного результату, застосування проектного підходу в науково-дослідній роботі може відкоригувати склад виконавців, часові плани або обсяги, терміни фінансування, а при необхідності, і зупинити виконання роботи чи змінити зміст проекту.

Проектний підхід дозволяє сконцентрувати наявні та залучені зовнішні кошти і ресурси для досягнення актуальних, конкретних, вимірюваних, чітко визначених у часі завдань. Він є одним з найефективніших за будь-яких умов, особливо у період фінансової кризи та суворого обмеження бюджетного фінансування.

Висновки. Негативні явища в науково-технічній та інноваційній сфері набувають незворотного характеру і є загрозою технологічній та економічній безпеці України, що потребує невідкладних заходів як з боку вищого керівництва країни, так і виконавчої влади усіх рівнів. За відсутності продуманих державних кроків українській науці вже в най-ближчому майбутньому загрожує катастрофа. Запобігти цій загрозі держава може лише негайним суттєвим збільшенням фінансування науки на основі використання проектно-орієнтованого управління науковою діяльністю, що пояснюється необхідністю скоротити цикл досліджень і підсилити контроль за витрачанням сил і засобів у зв'язку з обмеженням фінансування науково-дослідних робіт з боку держави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *The Global Competitiveness Report 2013-2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http:// WEF_GSR_Report_2013-14.pdf.*
2. Андрощук Г.О. *Стратегія інноваційного розвитку України на 2010-2020 роки в умовах глобалізаційних викликів / Г.О. Андрощук, І.Б. Жилияєв, Б.Г. Чижевський та ін. – К.: Парламентське вид-во, 2009. – 632 с.*
3. Даниленко С.М. *Аналіз сучасного стану та ефективності фінансового забезпечення наукових досліджень та інновацій в Україні / С. М. Даниленко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/ natural/npkntu_e/ 2010_17/stat_17/34.pdf.*
4. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 13.12.91 р. № 1977-ХІІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http:// zakon.rada.gov.ua / cgibin/laws/main.cgi? nreg=1977-12&p=1318167868491491>.

5. *Питерская В.М. Энергетическая модель управления ценностью проектно-ориентированной организации / В.М. Питерская, М.О. Бокарева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Вып. 1/10 (61). – Ч. 3. – Харьков: Технологический центр, 2013. – С.199-203.*
6. *Питерская В.М. О проблемах развития научно-технологических парков в Украине / В.М. Питерская // Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – Вып. 3. – Одеса: ТОВ «Фірма «Інтерпрінт», 2012. – С.104-114.*

Стаття надійшла до редакції 14.09.2015

Рецензенти:

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

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Судноводіння
та енергетики суден Національного університету «Одеська морська
академія» **В.І. Чимшир**

УДК 681.518:656.071.4

Т.Е. Корниец

**О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ
ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОРТОВОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Статья посвящена изучению факторов формирующих информационное обеспечение процессов эксплуатации парка портового перегрузочного оборудования.

Ключевые слова: *портовая производственная деятельность, парк портового перегрузочного оборудования, информационное обеспечение,*

Стаття присвячена вивченню факторів, які формують інформаційне забезпечення процесів експлуатації парка портового перевантажувального обладнання.

Ключові слова: *портова виробнича діяльність, парк портового перевантажувального обладнання, інформаційне забезпечення*

The article is devoted to the study of the factors influencing the formation of the information security processes of operating the park of the port handling equipment. Information communication occurring between the structural units of the port while planning and organizing of industrial activity was analyzed.

The problem of information support of processes of operating the port handling equipment was described. Suggestions for the development of the information security of processes of operating the park of the port handling equipment, as part of a port industrial activity were made.

Keywords: *port production activity, park of the port handling equipment, information security*

Введение. В широком понимании производственная деятельность порта охватывает процессы эксплуатации, поддержания материально-технических и трудовых ресурсов в состоянии высокой работоспособности и рационального использования, а также модернизации и развития его терминалов. Каждый из этих процессов требует организации и управления, которые невозможно осуществить без наличия полной, своевременной и точной информации. В данной статье рассмотрены актуальные вопросы управления техническими ресурсами на основе современных информационных технологий.

Постановка проблемы и ее связь с научными и практически заданиями. Современный порт является сложным высокотехнологическим предприятием. Между тем, современное состояние морских торговых портов Украины можно охарактеризовать как предкритическое [1].

Действующий состав парков перегрузочного оборудования морских портов Украины, уровень организации технической эксплуатации и соответствующего информационного обеспечения служб механизации остается на уровне прошлого столетия. На сегодняшний день в украинских портах эксплуатируется примерно 95 % перегрузочного оборудования, исчерпавшего нормативные сроки эксплуатации [2]. В условиях предельной физической изношенности перегрузочного оборудования украинских морских портов и отсутствия у портов финансовой возможности проводить политику масштабной замены изношенного оборудования руководству портов и отдельных терминалов следует уделять повышенное внимание проблемам, касающимся реорганизации структуры системы управления технической эксплуатации парков портового перегрузочного оборудования на основе современных информационных технологий. Необходимо более тщательное внимание уделять факторам формирования информационного обеспечения производственной деятельности.

Анализ исследований и публикаций. Вопросам эксплуатации портового перегрузочного оборудования посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых. Так, методы диагностирования перегрузочного оборудования, его конструктивных элементов и узлов разработаны в работе [3]. В работах [4, 5] предложены решения вопросов повышения эффективности портовой деятельности с помощью методов оптимизации эксплуатационных режимов портового оборудования, его надежности. В работе [6] представлена разработка методов оптимизации и прогнозирования потоков сменно-запасных частей и горюче-смазочных материалов для парка оборудования. Исследования системы управления эксплуатационной надежностью портового перегрузочного оборудования, разработка методов ее оценки проведены в работах [7,8].

Однако в вышеупомянутых исследованиях не нашли отражения вопросы организации современного информационного обеспечения процессов эксплуатации портового перегрузочного оборудования в условиях производственной деятельности портов и отдельных терминалов.

Стоит отметить, что подтвердившая свою актуальность информационная система портового сообщества (ИСПС), позволяет накапливать, проверять, обрабатывать, сохранять и передавать в электронном виде информацию и документы. Однако эта организационно-техническая система предназначена только для осуществления приграничного, таможенного и других видов контроля, оформления товаров и транспортных средств [9].

Целью данной статьи является изучение факторов, формирующих информационное обеспечение процессов эксплуатации парка портового перегрузочного оборудования.

В статье поставлены такие задачи: проанализировать среду, в которой функционирует парк портового перегрузочного оборудования и существующие в ней информационные связи, сформулировать предложения по формированию информационного обеспечения производственной

деятельности порта, а также процессов эксплуатации портового перегрузочного оборудования.

Портовое перегрузочное оборудование (ППО) как важнейший технологический элемент понимается и рассматривается в целом как система, представляющая собой функционально взаимосвязанные элементы (портовое перегрузочное оборудование), взаимодействующие в процессе выполнения определенного круга задач (погрузочно-разгрузочные работы).

В общем понимании, под информацией принято понимать какие-либо сообщения или сведения о появлениях тех или иных событий, о состоянии объектов и процессов. Касательно процессов эксплуатации портового оборудования такие сведения позволяют получать и накапливать информацию о физическом состоянии каждой перегрузочной машины и всего парка в целом. Это соответственно формирует высокие требования к достоверности и оперативности получения информации.

В процессе осуществления производственной деятельности возникает необходимость передачи информации между структурными подразделениями порта с целью планирования и организации погрузо-разгрузочных работ (см. рис. 1).

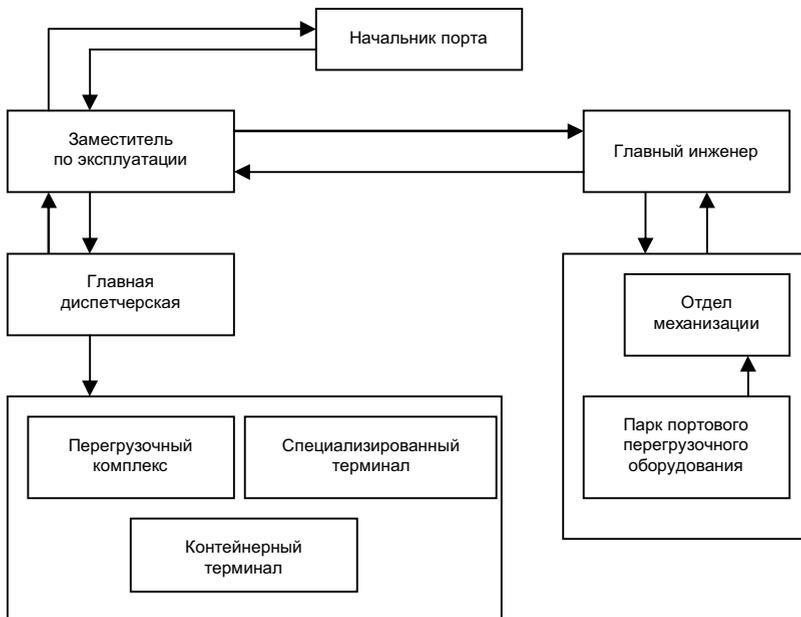


Рис. 1. Укрупненная схема передачи информации между структурными подразделениями порта

Парк ППО является объектом управления отделом механизации. Главными задачами информационного обеспечения отдела механизации должны стать:

- организация первичного учета наработки машино-часов;
- систематический анализ текущего состояния ППО и доклад главному механику порта или отдельного терминала о его состоянии;
- направляемый доклад должен содержать анализ причин появления дефектов, отказов оборудования, что в свою очередь повысит ответственность механиков за глубину анализа технического состояния оборудования;
- накопление и анализ информации позволит оценить состояние ППО групповым механиком и усилит эффективность мер по предупреждению отказов;
- систематический анализ информации полученной от групповых механиков позволит главному механику более объективно оценить общее состояние ППО и принять соответствующие решения;
- наличие базы данных, компьютерной сети и персональных компьютеров у групповых механиков позволит сократить время на подачу информации, накопление и анализ;
- создание в портовой локальной системе страницы общего пользования даст возможность доступа к информации другим ответственным лицам.

При решении более узкой задачи, например, управление эксплуатационной надежностью парка ППО следует учитывать следующие факторы:

- непредсказуемость внутренних факторов (технические и технологические отказы ППО);
- непредсказуемость внешних факторов (изменение рынка перегрузочных работ, изменение структуры и объема грузооборота);
- различные формы организации использования и технического обслуживания парка ППО;
- условия эксплуатации парка ППО характеризуются большим числом разнообразных факторов;
- сочетание разнообразных факторов, оказывающих существенное влияние на организацию эксплуатации парка ППО.

Для этого, необходимо создать информационные цепочки, позволяющие связать все этапы жизненного цикла (закупку перегрузочного оборудования, процессы снабжения сменно-запасными частями, горюче-смазочными материалами, информацию об отказах), все информационные потоки, связанные с управлением и эксплуатацией парка ППО. На рис. 2 представлена принципиальная схема управления системой обеспечения эксплуатационной надежности парка ППО.

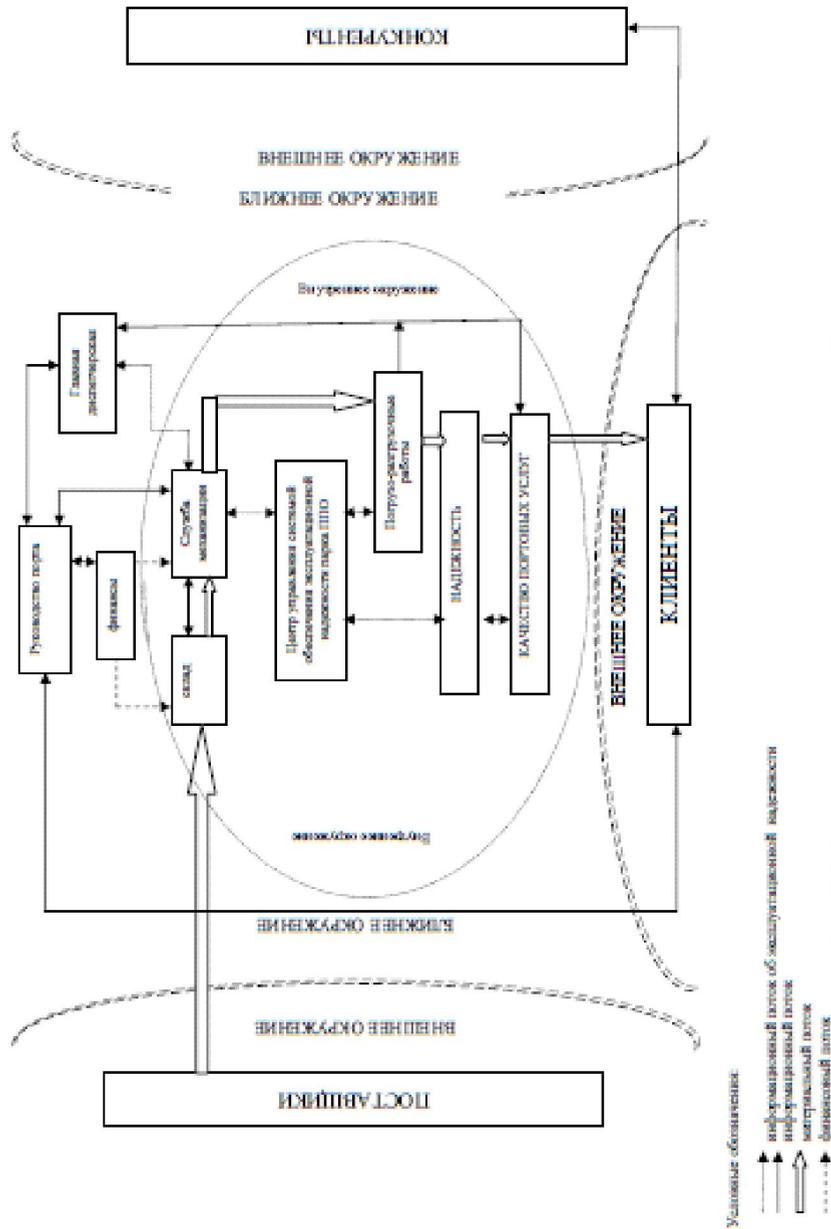


Рис. 2. Принципиальная схема управления системой обеспечения эксплуатационной надежности парка ППО

Таким образом, организация информационного обеспечения должна охватывать все процессы производственной деятельности, то есть работа диспетчеров, операторов портовых терминалов, сотрудников отдела механизации, групповых и сменных механиков и других смежных служб порта должна находиться в едином информационном пространстве.

С целью управления и обработки поступающей информации об эксплуатации парка ППО на рис. 3 приведен алгоритм управления эксплуатационной надежностью парка ППО.

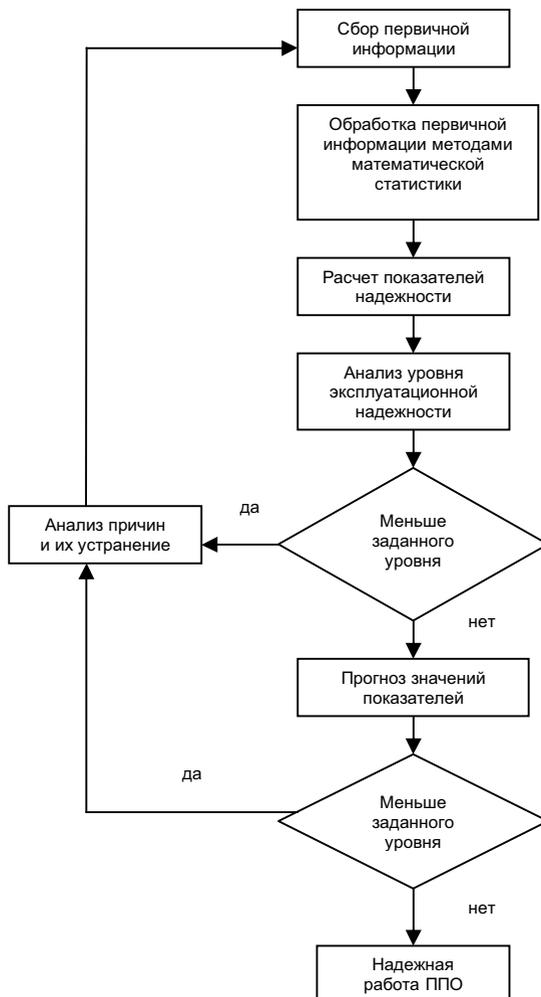


Рис. 3. Алгоритм управления эксплуатационной надежностью парка ППО

На основе полученной информации, после ее соответствующей обработки методами математической статистики, возможно решение задач по оптимизации режимов эксплуатации машин, сроков проведения их профилактических обследований, формированию оптимального резерва машин, объемов снабжения горюче-смазочных материалов и сменно-запасных частей, а также прогнозирования показателей эксплуатационной надежности парка ППО.

В качестве основных требований к формированию информационного обеспечения процессов эксплуатации парка ППО, как элемента портовой производственной деятельности, предлагается:

1. Формирование единой базы данных. База данных может в себя включать общую информацию о конкретной машине, о режимах и условиях работы, об отказах, технико-экономическую информацию.

2. Разработка типовых протоколов обмена и форм, требуемых для обмена информации о техническом состоянии конкретной машины внутри единого портового информационного пространства.

3. Обеспечение непрерывного информационного взаимодействия между встроенными микро-ЭВМ на портовом перегрузочном оборудовании и локальной сетью отдела механизации.

4. Формирование (на основе анализа и обработки получаемой исходной информации) и выведение на экран информации о техническом состоянии конкретной машины и прогноз о возможном отказе.

Вывод. В ходе проведенного анализа установлено, что информационное обеспечение процессов эксплуатации парка ППО должно быть совокупностью единого портового информационного пространства, в состав которого могут включаться как новые, так и уже существующие информационные пространства, формируемые портовыми локальными системами.

Выявлено, что управление техническими ресурсами порта посредством сбора, накопления и обработки информации позволяет существенно расширить круг решаемых задач. Например, предложено проводить обработку поступающей информации методами математической статистики с целью оптимизации процессов эксплуатации парка ППО, а также прогнозирования его возможных отказов. Это позволяет сделать вывод о необходимости разработки информационного обеспечения процессов эксплуатации парка ППО.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Котлубай А.М. Однажды лебедь, рак да щука приватизировать порты взялись...[Электронный ресурс] / Ассоциация портов Украины «Укрпорт». – Режим доступа: /www/ URL: <http://www.ukrport.org.ua/en/component/k2/item/236-aleksej-kot-lubaj-odnazhdy->*

- lebed-rak-da-shchuka-privatizirovat-porty-vzyalis. html. – 10.09.2015 г. – Загл.с экрана*
2. Пустовой В.Н. Какой кран нужен морскому порту [Текст] / В.Н.Пустовой // Порты Украины. – 2010. – № 7. – С. 34-39.
 3. Пустовой В.Н. Металлоконструкции грузоподъемных машин. Разрушение и прогнозирование остаточного ресурса [Текст] / В.Н. Пустовой. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2007. – 256 с.
 4. Зубко Н.Ф. Эксплуатация и ремонт портовых перегрузочных машин: Учебник для вузов [Текст] / Н.Ф. Зубко, В.А. Яценко. – М.: Транспорт, 1987. – 424 с.
 5. Зубко Н.Ф. Надежность в задачах эксплуатации машин [Текст] / Н.Ф. Зубко. – Одесса: ТЕС, 2007. – 250 с.
 6. Постан М.Я. Модель стохастической оптимизации уровня запасов сменно-запасных частей для парка оборудования [Текст] / М.Я. Постан, И.В. Морозова, Л.В. Ширяева // Економічна кібернетика. – 2009. – №3-4 (57-58). – С. 68-76.
 7. Корниец Т.Е. О некоторых задачах проектирования системы управления эксплуатационной надежностью портового оборудования [Текст] / Т.Е. Корниец // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2006. – Вип. 11. – С. 175-191.
 8. Корниец Т.Е. Метод оценки влияния ограниченной надежности перегрузочных машин на время обработки судна [Текст] / Т.Е. Корниец // Вестник ОНМУ. – 2007. – Вип. 22. – С. 44-53.
 9. ИСПС: система, на деле доказавшая свою актуальность [Электронный ресурс] / Электронный журнал Транспорт. – Режим доступа: /www/ URL: <http://transport-journal.com/komentarii-obzori/ysps-systema-na-dele-dokazavshaya-svoyu-aktual-nost/> – 25.08.2015 г. – Загл.с экрана

Стаття надійшла до редакції 09.10.2015

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті» Одеського національного морського університету **М.Я. Постан**

кандидат технічних наук, професор Національного університету «Одеська національна морська академія», капітан дальнього плавання **І.М. Петров**

УДК 656. 612. 088

И.М. Петров

**ОБЩАЯ АВАРИЯ КАК ФУНКЦИЯ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ПЕРЕВОЗКАМИ ГРУЗОВ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ**

В работе разработан и предложен эвристический алгоритм действий морского агента при наступлении общей аварии. Уточнены признаки (условия) и виды общей аварии. Дана характеристика лиц, которые могут участвовать в распределении общей аварии. При рассмотрении и решении проблемы использованы эргономические подходы, при этом морской агент рассматривается как эргатический элемент сервисной эргатической системы управления производственной деятельностью судна во время его стоянки в порту.

Ключевые слова: эвристический алгоритм, эргатическая система, эргономические принципы, морской агент, общая авария, аварийный комиссар, аджастер, диспашер, диспаша, расходы, пожертвования.

У роботі розроблений і запропонований евристичний алгоритм дій морського агента у разі настання загальної аварії. Уточнено ознаки (умови) і види загальної аварії. Дана характеристика осіб, які можуть брати участь у розподілі загальної аварії. При розгляді та вирішенні проблеми використані ергономічні підходи, при цьому морський агент розглядається як ергатичний елемент сервісної ергатичної системи управління виробничою діяльністю судна під час його стоянки в порту.

Ключові слова: евристичний алгоритм, ергатична система, ергономічні принципи, морський агент, загальна аварія, аварійний комісар, аджастер, диспашер, диспаша, витрати, пожертвування.

The work developed and proposed a heuristic algorithm of actions of marine agent upon the occurrence of general average. Refined features (terms) and the types of general average. The characteristics of the persons who may participate in the distribution of general average. In considering and addressing ergonomic approaches used, and the marine agent is considered as an ergatic element of service ergatic operating management system of the vessel during its stay in the port.

Keywords: heuristic algorithm, ergatic system, ergonomic principles, marine agent, general average, average adjuster emergency commissioner, adjusters, average adjuster, expenses, donations.

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими задачами. Современные сервисные эргатические системы управления морскими перевозками характеризуются выполняемыми

операторами сложными эргатическими функциями, такими как производство полезных действий обслуживания, материальное производство и др. Одной из таких функций в морском судоходстве является общая авария. Каждое морское предприятие связано с рисками аварийных повреждений судна и перевозимых грузов вплоть до их гибели. Как результат, в целях спасения судна и груза стороны перевозки судовладельцы, грузовладельцы, фрахтователи вынуждены нести убытки и разумные пожертвования. В настоящей статье под общей аварией будем подразумевать чрезвычайные жертвования и расходы, намеренно и разумно произведенные для спасения судна, фрахта и перевозимого на судне груза от общей для них опасности. На практике, условия об общей аварии включаются почти во все чартеры и коносаменты.

Операторы сервисных эргатических систем отличаются способностью воспринимать сложные объекты, процессы или явления как единое целое, творчески и гибко действовать в сложных непредвиденных ситуациях, переходить от одних технологий управления к другим в зависимости от конкретных управленческих ситуаций.

Современное морское судоходство характеризуется усилением ряда тенденций, таких, как увеличение размеров судов, развитие портов, создание спасательных служб, улучшение средств связи и др. Капитану в случае наступления общей аварии стало тяжело действовать адекватно и эффективно. Вместе с тем исследователи при разработке вопросов, связанных с общей аварией, рассматривали её с точки зрения юридических, коммерческих, финансовых аспектов, и очень мало уделяли внимания организационным. То есть ранее не учитывались поведение, поступки, траектории действий таких операторов сервисных эргатических систем, какими являются морские агенты. На практике же каждый из них, так или иначе, сталкивался с непредвиденными обстоятельствами, связанными с общей аварией. Любой агент обязан абсолютно ясно понимать доктрину общей аварии, чтобы без проблем разрешить сложившуюся ситуацию с агентуемым судном. Он обязан быть знаком с основными принципами определения размера аварии, распределения денежных средств, расчета контрибуционного капитала и дивиденда, величины взносов всех участников аварии. От действий агента зависит, какую сумму получит судовладелец в компенсацию потери фрахта и других затрат.

В настоящей статье предпринята попытка восполнить пробел в оценке той большой роли, которая принадлежит морскому агенту в правильном и справедливом оформлении общей аварии.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.

Концепция общей аварии восходит к древним временам. Она является одним из древнейших институтов международного частного морского права и нашла место еще в Законах Хаммурапи, в Родосских морских законах, в Кодексе Юстиниана I, в «Никомаховой Этике» Ари-

стотеля [1, 2]. Начиная с XIX в. сформировалось современное понимание общей аварии. С этих позиций она разработана в Торговом кодексе Наполеона, в английском законе о морском страховании (1906 г.) и т. д.

Современную законодательную базу общей аварии, составляют – на международном или региональном уровнях – Йорк-Антверпенские правила об общей аварии, Рейнские правила 1979 г., Дунайские правила 1990 г., законодательство стран, в портах которых суда заканчивают рейс после происшествий, приведших к общей аварии, на национальном – КТМ Украины, ст. 277-293.

Йорк-Антверпенские правила были приняты в 1864 г. на конференции в Йорке, в 1877 г. пересмотрены в Антверпене. Современный этап развития торгового мореплавания отражает последние редакции Йорк-Антверпенских правил, от 1994 г. и от 2004 г. Деятельность морского агента затрудняет то обстоятельство, что Йорк-Антверпенские правила являются диспозитивными, это лишь морское обыкновение, поэтому упоминание о них должно содержаться в чартере, коносаменте, страховом полисе и т. д. Каждые последующие Йорк-Антверпенские правила не отменяют предыдущих. В связи с этим в договоры фрахтования и коносаменты могут включаться любые правила с указанием года вступления их в силу. Последняя редакция 2004 г. еще не нашла достаточной интерпретации и толкования. Ее положения не вошли полностью во все проформы чартеров и проходят апробацию в коносаментах и других проформах [1]. Очевидную сложность придает то, что Йорк-Антверпенские правила не являются полным сводом правил, регулирующих правоотношения по поводу общей аварии.

Изучением института общей аварии занимались многие отечественные и зарубежные ученые. Среди них следует отметить работы Р.И. Акимова, К.И. Александровой, И.С. Жилина, Г.Г. Иванова, Р.Р. Оберга, А.В. Сидоренко, П.И. Яркина, В.Ю. Шемонаева, Т.Р. Короткого, А.А.-А. Ницевича, Н.В. Мельникова и др.

Отдельными проблемами, связанными с практикой распределения общей аварии, занимались К.С.Д. Баттерфильд, П.П. Виноградов, К.К. Гун, М.А. Гроссгольм, А.В. Кордон, Е.В. Михаэлис, Э.Ф. Стивенс, Н.А. Фафурин, Е.Р. Харди Айвами и др.

К сожалению, можно заключить, что многие работы носят дискуссионный характер, не отличаются комплексными подходами, содержат разноречивую при отнесении общей аварии к тому или иному виду или при выделении обязательных условий для этого, представляют «размытый» статус диспашеров, не учитывают многообразие особенностей распределения убытков между участниками.

Формулирование целей статьи (постановка задачи). На основании вышеизложенного сформулируем постановку задачи, решаемой в данной статье.

Объектом исследования является сервисная эргатическая система обеспечения производственной деятельности морских транспортных судов.

Предмет исследования: действия морского агента и выполняемые им процедуры в случае наступления общей аварии.

Цель исследования: Анализ общей аварии как функции эргатических систем управления перевозками грузов морским транспортом и разработка адекватного эвристического алгоритма поведения морского агента при наступлении общей аварии

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Изначально термин «авария» означал поврежденный товар, убыток (арабское «awar») [1]. В современном морском судоходстве термин «авария» подразумевает ущерб и убытки, причиненные судну, грузу и фрахту в процессе морской перевозки. В соответствии с природой этих убытков и принципами их распределения между участниками перевозки они подразделяются на общую аварию и частную аварию. Термин «общая авария» употребляется также в смысле акта, то есть действия, имеющего целью правовые последствия.

Прежде всего, считаем необходимым уточнить терминологию, относящуюся к деятельности специалистов, связанных с установлением и расчетом общей аварии. Особенно это относится к национальной практике, где до 90-х годов особого внимания на это не обращали.

«Аварийный комиссар (Average Adjuster) – физическое или юридическое лицо, к услугам которого обращаются страховщики для защиты своих интересов при наступлении страхового случая с застрахованным имуществом» [3]. Как видим, данное определение не содержит четких границ сферы деятельности. На наш взгляд, более четко указывается, что деятельность аварийного комиссара проистекает в области страхования грузов, перевозимых морским транспортом, в [4]: «Аварийный комиссар – это лицо или фирма, занимающаяся установлением причин, характера или размера убытка по застрахованным судам и грузам...». При этом указывается, что «...при отсутствии рекомендаций в страховом полисе принято обращаться к агентам Ллойда». В середине 90-х годов аварийный комиссар сошел с судна на берег и занялся деятельностью в иной сфере, чем морские перевозки. Поэтому, в [5] уточняются его дополнительные функции: «Аварийный комиссар проводит осмотр поврежденного имущества, занимается его реализацией, осуществляет его розыск, собирает информацию о местном страховом рынке, по поручению страховщика может оплачивать убытки за его счет, контролировать ППП и осуществлять счет груза. По окончании работы составляет аварийный сертификат или доклад».

Во многих случаях синонимом понятия «аварийный комиссар» является понятие «аджастер» (adjuster – регулятор). В [6] дается определение аджастера, как физического или юридического лица, «представляющего интересы страховщика при решении вопросов, связанных с уре-

гулированием заявленных страхователем или выгодоприобретателем требований по возмещению ущерба, возникшего в связи со страховым случаем».

К функциям аварийного комиссара и аджастера близки функции сюрвейера. Но в отличие от аджастера сюрвейер осматривает имущество до момента заключения договора страхования [5]. По заключению сюрвейера страховщик принимает решение о заключении договора страхования.

Из анализа многих источников следует, что синонимом понятия «аджастер» является «диспашер». Термин «диспашер» французского происхождения и происходит от французского слова «диспаша» (dispache), что означает «расчет убытков по общей аварии и их распределение между участниками морского предприятия соразмерно стоимости судна, груза и фрахта» [4. С. 36]. В странах англосаксонской правовой семьи используется термин «average adjuster», который широко используется в континентальной Европе [1].

В справочнике [7. С. 141] диспаше дается следующее определение: «Это специальный документ, устанавливающий наличие общей аварии судна, а также расчет и распределение убытков между организаторами рейса (грузовладельцем, судовладельцем, фрахтователем). В диспаше мотивируются доводы о признании вида аварии, приводится расчет общей и частной аварии, вычисляется контрибуционный дивиденд. Заканчивается диспаша балансом. За составление диспашы взимается сбор, который включается в диспашу и распределяется пропорционально между всеми участниками общей аварии». Место составления диспашы может оговариваться в соглашении сторон договора.

На основании определения «диспаша», «аджастер» – это «диспашер, специалист в области составления диспаш – расчетов по распределению убытков между судном, грузом и фрахтом в связи с общей аварией [4. С. 5]». Аналогичное мнение высказано в определении [7. С. 12]: «Диспашер – то же, что и аджастер. Аджастер – специалист в области морского права, составляющий диспашу».

Именно во взаимоотношения с диспашерами агенту приходится вступать при наличии общей аварии. Функции диспашеров выполняют, как правило, специализированные фирмы. В странах СНГ при ТПП существуют Ассоциации диспашеров. Соответственно отечественные диспашеры назначаются Президиумом ТПП и руководствуются КТМ, а также Положением о бюро диспашеров при ТПП. За рубежом диспашер, как правило, назначается судовладельцем и руководствуется его инструкциями.

Стоимость имущества (судна, груза и фрахта), ради спасения которого была произведена общая авария, называется контрибуционный капитал. Сумма общей аварии делится на контрибуционный капитал. Это частное есть контрибуционный дивиденд. Произведение контрибуционного дивиденда на величину части контрибуционного капитала, принад-

лежащую участнику морского предприятия (находящуюся на его риске), составляет величину его взноса на покрытие общей аварии. Сумма взносов всех участников общей аварии покрывает общеаварийные убытки. Эти средства направляются на возмещение общей аварии и распределяются между лицами, понесшими таковые убытки.

В [8. Ст. 277] приведено: «Общей аварией признаются убытки, понесенные вследствие произведенных намеренно и разумно чрезвычайных расходов или пожертвований в целях спасения судна, фрахта и перевозимого на судне груза от общей для них опасности».

Такое определение не способствует бесспорному определению признаков (условий) наступления общей аварии. Так, В.Ю. Шемонаев выделяет 5 таких условий [9], а по мнению В.Ф. Сидорченко, общая авария имеет 6 признаков [10].

Автор же на основе агентской практики считает достаточным ограничиться 4-мя обязательными признаками (условиями), при наличии которых убытки могут быть отнесены к общей аварии. Это, прежде всего, наличие реальной и достаточно серьезной опасности, общей для судна, груза и фрахта. Кроме того, расходы или пожертвования должны быть совершены намеренно, сознательно и с целью предохранения от грозящей опасности. Они должны быть разумными, что позволяет спасти наибольшую по стоимости часть имущества с наименьшими затратами.

Их характер чрезвычайный или экстраординарный (например, расходы по оплате услуг спасателей или по заходу судна в порт-убежище, убытки от тушения пожара на судне или от намеренной его посадки на мель). Предлагаемые обязательные признаки (условия) приведены на рис. 1.



Рис. 1. Обязательные признаки (условия), при наличии которых убытки могут быть отнесены к общей аварии

Перечень видов общей аварии, содержащийся в [8. Ст. 279], начинается словами «в частности» и, поэтому носит примерный, но не исчерпывающий характер. Виды общей аварии могут быть классифицированы, как показано на рис. 2.

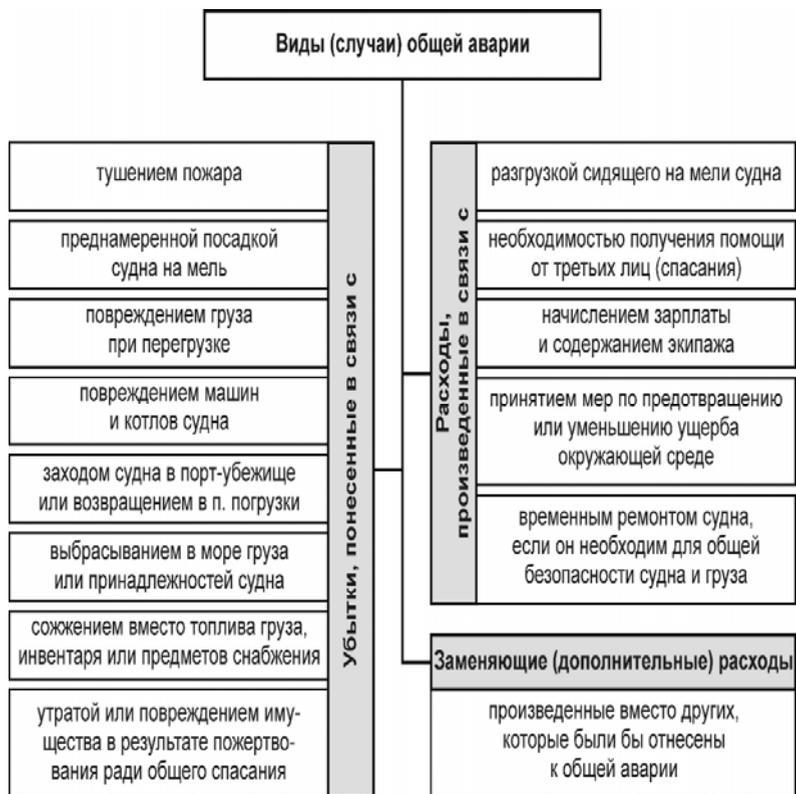


Рис. 2. Примерный перечень видов общеаварийных расходов и убытков

По получении грузового манифеста, на основании чего можно уточнить каким грузам причинен ущерб, грузополучатели, владельцы контейнеров должны быть извещены повторно. Акт, в котором будут отражены все меры и расходы, предпринятые капитаном в общих интересах судна и груза, будет составлен по прибытии судна в порт с участием представителя грузополучателя. В нем должен быть обязательно отмечен характер повреждения грузов.

На практике бывают ситуации, когда грузополучатель может представить свой экземпляр коносамента и деливери-ордера до прибытия судна, а агент не информирован об общей аварии. Для этого деливери-

ордер должен иметь отметку «в зависимости от благополучного прибытия и общей аварии, если таковые имели место».

Таблица

Сравнительные признаки общей и частной аварии

Общая авария	Частная авария
1. Опасность угрожает:	
- всему морскому предприятию	- интересам отдельного участника
2. Убытки понесены:	
- сознательно	- случайно
3. Убытки представляют собой:	
- чрезвычайные расходы	- издержки, обычные для морской перевозки
4. Убытки и пожертвования были:	
- разумными, достаточными и великими к спасению от опасности	- неразумными либо чрезмерными и не великими к спасению от опасности
5. Убытки, упомянутые в нормативных актах были причинены	
В данном контексте выделение нецелесообразно	выбрасыванием за борт возгоревшегося груза, потерей палубного груза; частям судна и груза при тушении пожара; обрушением обломков, рангоута и другое; форсированием работы СЭУ; намеренной посадкой на мель, берег, скалы, рифы; увеличением времени рейса (простой, зарплата и т.п.); неудачной швартовкой; неосторожностью при проведении ПРР

Также агент обязательно должен проинформировать о происшедшем P&I Club. Всех необходимо предупредить, что по приходу судна в порт будет заявлен морской протест и о том, что груз будет выдаваться только против общеаварийных подписок грузополучателей (General Average Bonds) и общеаварийной гарантии страховщиков груза (General Average Guarantee). Агент должен заранее позаботиться о том, чтобы судовладелец выслал в компанию достаточное количество бланков аварийной подписки и аварийного бонда, обязательно Lloyd's form.

Агент должен напомнить капитану, что записи в судовом и машинном журналах, описывающие факты, вызвавшие необходимость пойти на чрезвычайные убытки и расходы в связи с актом общей аварии, должны быть подробными, а также то, что потребуются данные судовых журналов (выписки из них), подтверждающие мореходность судна, компетентность капитана и экипажа, добросовестность судовладельца как перевозчика. Особое внимание следует обратить на достоверное отражение фактов до аварии и непосредственно после неё. Это в значительной мере поможет определить размер и причины общеаварийных убытков и составить диспашу на основании достоверных данных.

По приходу судна в порт агент содействует капитану в заявлении морского протеста, который является одним из важнейших документов, представляемых в качестве доказательства действий, предпринятых капитаном судна в общих интересах спасения судна и груза.

Агент должен обратить внимание капитана порта и нотариуса на то, что морской протест заявляется в связи с общей аварией. До начала выгрузки агент вручает капитану оформленные и подписанные грузополучателем и страховщиком аварийные бонд и подписку, также заверенные его подписью и печатью. Это должно быть сделано во избежание использования капитаном судна залогового права.

По прибытии на судно представителя аварийных диспашеров (General Average adjuster) агент, не пытаясь понизить размеры ущерба, совместно с судовой администрацией оказывает ему содействие в сборе необходимых документов для оформления аварии.

Это выписка из судового журнала, копии морского протеста, аварийной подписки, счета за произведенные работы, акты осмотра судна и груза, консаменты и др.).

Диспашер приступает к диспашному производству только при наличии заявления заинтересованной стороны (судовладельцев, грузовладельцев, страховщиков) с приложением касающихся аварии документов. Вынося мотивированное постановление – признать или не признать наличие общей аварии, диспашер действует по определенной схеме: сначала объясняет, почему он признает тот или иной случай общей аварией, затем приводится расчет общей и частной аварии. В разделе о контрибуционном капитале показывается общая стоимость имущества, участвующего в покрытии общей аварии, и исчисляется контрибуционный дивиденд. Завершает расчет диспаш-баланс [1].

Важно, чтобы агент вел строгий бухгалтерский учет выплат, связанных с общей аварией, для дальнейшей передачи диспашерам. В дополнение к фактическим затратам (пользование услугами связи, транспортом) диспашеры также должны принять такие расходы, как разумное вознаграждение агенту за деловой опыт, сверхурочные персоналу, однако они безжалостно исключают любые неправомерные, неподтвержденные расходы [2].

По окончании расчета диспаша и точного определения диспашерами размеров контрибуционных взносов, каждый грузополучатель должен взять на себя безотзывное обязательство уплатить необходимую сумму, что обеспечивается со стороны грузополучателей подписью на аварийном бонде (обычно вместе с ведомостью оценочной стоимости), а со стороны страховщика или банка – аварийной гарантией. В случае отсутствия гарантии грузовладелец обязан выплатить наличный задаток (депозит) в размере, установленном диспашерами. Он требуется, как пра-

вило, от мелких коммерсантов, которые не всегда знают, что покрытие общей аварии должно обязательно входить в их страховку [2].

Общеварийные подписки должны быть представлены по каждому коносаменту соответственно, а общеварийные гарантии могут быть представлены на несколько коносаментов по частям груза, застрахованным соответствующими страховщиками, с указанием гарантии коносаментов, покрывающих данную часть груза и стоимости груза.

При возникновении претензий по грузу агент должен обратить внимание на то, чтобы в документах грузополучателя, заявляющего претензию, было отмечено – на палубе или в трюме находится поврежденный груз и, если в трюме, то в каком именно, и к какому коносаменту относится.

Агенту и капитану надо лично убедиться и четко понимать, кого представляют сюрвейеры, прибывшие и работающие на судне в связи с оформлением общей аварии, с тем, чтобы не ущемить интересы судовладельца из-за возможной утечки информации. Для согласования действий по предоставлению информации капитану следует обращаться за помощью к представителю аварийных диспашеров.

Если сюрвейерский осмотр груза проводится от имени грузополучателей, необходимо проследить, чтобы сюрвейер включил в составленный акт данные о количестве поврежденных грузовых мест отдельно по каждому трюму и отдельно по палубному грузу с указанием номера коносамента. Это в дальнейшем даст возможность отнести конкретные убытки на общую аварию.

При наличии повреждений судну вследствие общей аварии агент по поручению судовладельца должен заказать через корреспондента R&I или представителя аварийных диспашеров выгрузки осмотр повреждения независимым сюрвейером с последующим составлением сюрвейерского акта, в котором должны быть подробно указаны все повреждения, полученные судном, а также расходы, понесенные в связи с полученными повреждениями и, по возможности, причины их возникновения.

В случае возникновения акта общей аварии из-за неисправностей судна (заказ буксиров, сброс палубного груза из-за потери управляемости, заход в порт-убежище для ремонта скрытого дефекта судна и т.п.) агент должен обратить внимание капитана на необходимость категорически отказывать представителям грузополучателей в проведении осмотра судна, доступе к судовым документам и записям. Этим лицам нужно стараться не давать информации по неисправностям, явившимся причиной акта общей аварии, так как эти данные могут быть использованы для того, чтобы доказать, что судно было в немореходном состоянии до начала рейса, и грузополучатели не обязаны возмещать свою долю по общей аварии.

Эвристический алгоритм поведения морского агента в случае общей аварии приведен на рис. 3.

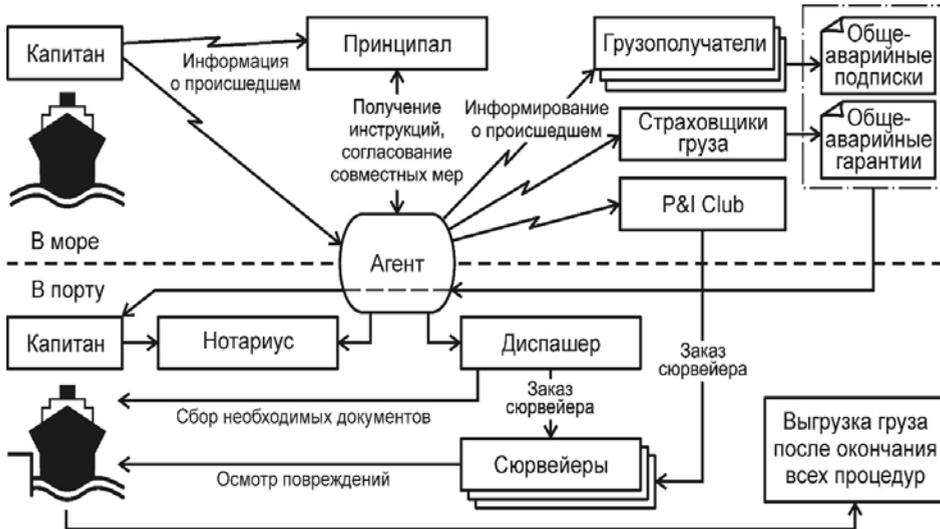


Рис. 3. Эвристический алгоритм поведения морского агента в случае общей аварии

В заключение отметим те трудности, что возникают у агента в случае общей аварии при участии украинского грузовладельца. Они вызваны несовершенством законодательства и связаны с предоставлением необходимого обеспечения [11]. Действительно, помимо оформленной аварийной подписки, судовладелец потребует депозит, банковскую гарантию либо гарантию страхового общества, при условии страхования груза. Но согласно Закону Украины «О порядке осуществления расчетов в иностранной валюте» действует правило «возврата валюты в течение 90 дней». Так как это для грузовладельца не реально, он обязан получить индивидуальную лицензию НБУ либо оплатить пеню в размере 0,3 % от суммы. Предоставление банковской гарантии также повлечет за собой не меньше трудностей, а расходы по её получению через украинские банки, покупающие её у Европейского банка, составят порядка 5 % от суммы гарантийного обязательства.

Выводы и перспективы дальнейшей работы

1. В настоящее время общая авария остается сложным специфическим правовым институтом, не имеющим аналогов в других областях человеческой деятельности, кроме как в области эксплуатации морского транспорта. Он нуждается в совершенствовании.

2. Эффективность перевозочной деятельности судовладельцев зависит во многом от четких и правильных действий капитана и агента в соответствии с разработанными и описанными в статье процедурами.

3. Агенты и капитаны должны профессионально разбираться в вопросах, связанных с морской аварией и следовать принципам, диктуемым требованиями законодательства, хорошей морской практики и хорошей практики морского агентирования. Они должны избегать технических, коммерческих и процессуальных ошибок, также разобранных в данной работе, которые могут иметь серьезные последствия для судовладельцев и принципалов.

4. Йорк-Антверпенские правила еще не вошли во все проформы чартеров. В случае возникновения общей аварии условия чартера и коносамента являются единственным основанием для урегулирования взаимоотношений участников транспортного предприятия.

5. Разнообразие видов общеаварийных убытков, наличие на судне грузов большого числа разных владельцев делают распределения общей аварии весьма трудоемкими, требующими специальных знаний и опыта. Осложнения, возникающие в связи с общей аварией, невозможно решить без привлечения профессиональных диспашеров и адвокатов.

6. Требуется отладки механизм финансового обеспечения по общей аварии для украинских грузовладельцев.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Общая авария: международные и национальные стандарты // Т.Р. Короткий, Н.В. Мельников, А.А. Ницевич, В.П. Лебедев, А.С. Ходаковская; Под ред. Т.Р. Короткого. – Одесса: Фенікс, 2007. – 136 с. (Сер.: Практика морского бизнеса).*
2. *Штекель Л.И. Агентирование. Port Agency: Справочное пособие. – Одесса: Студия «Негоциант», 2005. – 176 с.*
2. *Калашиников В.А. Рынок: Бизнес. Коммерция. Экономика. Толковый терминологический словарь. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ИВЦ «Маркетинг», 1994. – С. 4.*
3. *Журавлев Ю.М. Словарь – справочник терминов по страхованию и перестрахованию. – М.: Издат. центр «Анkil», 1994. – С. 4.*
4. *Материалы сайта <http://tmn.v-transport.ru>*
5. *Материалы сайта финансово-аналитического центра «Брокер» <http://www/lib.mabico.ru/30.html>.*
6. *Юлдашев Р.Т. Страховой бизнес. Словарь-справочник. – М.: Издат. центр «Анkil», 2005. – 124 с.*
7. *Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.В. Современный экономический словарь. – М.: Инфра, 1996. – 83 с.*
8. *Кодекс торговельного мореплавання України. – Друж з вид. «Відомості Верховної Ради України (ВВР)», 1995, № 47-52,*

- розд. IX, гл. 1, ст. 277-293, гл. 2, ст. 294, 295 (Вводиться в дію Постановою ВР № 277/94 –ВР від 09.12.94). – Одеса: МП Латстар, 1999. – 128 с.*
9. *Шемонаев В.Ю. Загальна аварія (цивільстичні аспекти): Автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.03 / Ін-т держави і права ім. В.М. Корецького НАН України. – К., 2003. – С. 13.*
10. *Сидорченко В.Ф. Общая авария. – СПб., 1999. – С. 110.*
11. *Ярмолович Р.П., Удолатий А.А. Общая авария, её значение в коммерческой эксплуатации судна / Матеріали науково-методичної конференції «Сучасні проблеми підвищення безпеки судноводіння» 7-8 жовтня 2009 р. – Одеса: ОНМА, 2010. – С. 124-125.*

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, декан судноводійного факультету Національного університету «Одеська національна морська академія» **М.М. Цимбал**

кандидат технічних наук, доцент, заступник генерального директора групи компаній «Uni-Laman» **Б.А. Жіжка**

UDK 658.012.12.003:621.438

L.S. Chernova

**IMPROVING IN THE MECHANISMS OF PROJECT COST MANAGEMENT:
GAS TURBINE MANUFACTURING ENTERPRISE**

The article deals with the improving mechanism of the cost management system of gas turbine manufacturing enterprise. The sources affect the effectiveness of project management are determined and their influence has been estimated. The authors propose the methods of project cost regulation. Here, the master schedule and milestone chart of brand new project of development and manufacturing of 32-35 MW engine at the Ukrainian Gas Turbine Research and Production Complex are shown.

Keywords: cost management, gas turbine manufacturing enterprise, project costs, time schedule of works, consolidated budget.

В статье рассмотрены механизмы совершенствования системы управления стоимостью проектов на примере газотурбостроительного предприятия. Определены факторы, влияющие на эффективность управления проектами, и осуществлена оценка их влияния. Показаны методы регулирования стоимости проекта в рамках его реализации. Приведен календарный план-график новой отечественной разработки научно-производственного комплекса газотурбостроения «Зоря»-«Машпроект» – двигателя мощностью 32-35 МВт.

Ключевые слова: управление стоимостью, газотурбостроительное предприятие, стоимость проекта, календарный план, консолидированный бюджет.

У статті пропонуються механізми вдосконалення системи управління вартістю проектів на прикладі газотурбобудівельного підприємства. Визначено фактори, які впливають на ефективність управління проектами, та здійснено оцінку їх впливу. Показані методи регулювання вартості проекту в рамках його реалізації. Наведено календарний план-графік нової вітчизняної розробки науково-виробничого комплексу газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект» – двигуна потужністю 32-35 МВт.

Ключові слова: управління вартістю, газотурбобудівельне підприємство, вартість проекту, календарний план, консолидований бюджет.

Introduction. The management system of gas turbine manufacturing enterprise belongs to the matrix-type organizational structure. Its characteristic features are a high degree of uncertainty in planning and time implementation of the projects. The existing methods of project estimation do not always pro-

vide the timeliness and authenticity of information for decision-makers. Also, the financial indexes are reported out of time when the chance to affect them is lost. At the same time, operating efficiency of the separate departments involved in the project of development, manufacturing, and repairing of gas turbines typically is not estimated.

As the final result, the enterprise's management faces the signs of unmanageability, such as: a significant quantity of facilities is untimely commissioned and the cost of the project exceeds the planned one. In these conditions management of project and program is in need of improvements through the development and implementation of the effective management approaches. Cost management is a key element of management system of gas turbine manufacturing enterprise. It links management of recourses, duration of works, qua-lity, risk, procurement, etc.

The goal of the article is to improve the mechanisms of cost management of projects implemented by the gas turbine manufacturing enterprises to insure their competitive ability and investment potential.

Basic material. Zorya-Mashproekt Gas Turbine Research and Production Complex is one of the world's leading companies in the field of gas turbine development and production.

Now Zorya-Mashproekt is a union of powerful block of metalworking workshops, advanced metallurgical technology, high-accuracy assembling workshop, complex of numerous test stations, and highly professional design engineer teams.

During the period of 61 years the Enterprise has developed and mastered manufacturing of four generations of gas turbine engines rated from 2.5 to 110 MW and tens of gearboxes with power up to 70 MW. About 4000 industrial engines and thousands of gearboxes have been manufactured and shipped.

More than 500 vessels are equipped with Zorya Mashproekt's marine propulsion units.

More than 150 compressor stations from 20 countries are equipped with turbines and about 60 power plants are shipped to Russia, Ukraine, Kazakhstan, Republic of Belarus, Czech Republic, Canada, Azerbaijan, Iran, Turkmenistan, Uzbekistan and other countries.

Total power of gas turbines is more than 50 million kW. Full operating time of gas turbines is more than 90 million hours.

Recently, the Enterprise has shipped marine propulsion plants for Navy of India, Greece, Russia, China, Vietnam, USA, and other countries.

Over 30 years engines have been used as drivers for gas pumping units.

From 2010 to 2011 we made a technological advance in power sector of industry.

Nikolaev's company has taken part in the international power plant construction project in Ghana (West Africa).

Under completion of contract signed with Mapna Company, Iran, we started the engines shipment.

A unique project was realized for European Silicone Company, Poland. Zorya-Mashproekt signed the contract with Sinopec Corporation (China).

Zorya-Mashproekt negotiated with Petro Bras, the largest oil and gas Company of Brazil.

Project cost management is an important process which is used to ensure that the project will be completed within the approved budget.

Thus, the development of project cost mechanisms based on the modern information processing technology is an issue for improving of management system of gas turbine manufacturing enterprise.

There are several cost estimation methods such as follows:

- expert assessment;
- analog procedure;
- parametric assessment;
- bottom-up estimating;
- project evaluation and review technique;
- quantitative analysis.

The PMBOK Guide presents the estimation methods of project cost which can be implemented at the knowledge-based gas turbine manufacturing enterprise.

The following methods are also employed for project cost estimation:

- net value (NV);
- net present value (NPV);
- internal rate of return (IRR);
- payback period (PP).

Today, the specialists involved in the gas turbine manufacturing projects specify the estimated costs as a union of calculation of the scheduled work for design, manufacturing and repair of gas turbine engine.

These calculations are conducted on the base of accounting sheets, typical work price lists, and other running standards. The estimated costs are a base for contract pricing which terms are specified by the work scope and technical capabilities of enterprise.

The accounting sheets set the work value according to the price list, and thus market value of turbine manufacturing work is formed.

A project cost regulation is the packages of measures or operations applied by the project team for project implementation within the terms and planned budget limits.

Features of manufacturing process of gas turbine manufacturing enterprise determine the factors affect both separate work costs and the project cost of gas turbine building. These factors can be divided into external and internal groups.

The external factors of cost changing do not depend on enterprise's activity otherwise the internal factors are governed by the features of production system.

Long-lasting cycles of project implementation for gas turbine manufacturing or repairing increase the risk of cost changing in the whole range of project elements (raw materials, supplies, constituent parts, involved outside funds, counterparty monitoring).

The changes in regulatory framework (rate of transportation and public utility services, level of taxes and fees) result in adjustments of project plan costs. If the customers break the payment schedule the enterprise's managers engage unplanned borrowed assets or internal financing.

Changing in resource cost of local markets of labor, raw materials, and money can also affect the project cost.

Upgrade of manufacturing equipment and assimilation of innovative technology lead to the decrease of labor costs that in turn pulls material consumption rates lower.

Besides, a large scope of unforeseen works arises while gas turbine is being repaired and they are not placed in the defect lists. The unforeseen works cause the baseline changing in work costs and scope. The rectification of raw materials of inadequate quality or poorly executed work increases the cost parameters of project.

Therefore, the adjustment of cost includes the following items:

- determination of project implementation stage conducted in accordance with the cost indicator (it is carried out by analysis of the actual costs and the estimated cost of performed works);

- analysis of factors that influences on the positive and negative deviations;

- preparation and analysis of baseline project adjustments;

- implementation of adjustments;

- forecasting parameters of work scope towards project completion.

Models and methods for the development of budget system elements, their consolidation into the budgets of different levels of hierarchy with provision for the production features of gas turbine manufacturing enterprise are the base of costs regulation mechanism.

At the level of project planning the cost estimating of all needed resources with provision for risks is a key technique. The authors have developed the model of cost management of gas turbine manufacturing project.

Analysis of project data provides an overall assessment of project progress at the current date. Besides, analysis allows making a reasonable forecast of the work cost at the next levels.

Completed work scope and actual cost of performed work are defined in the integrated system of accounting and the main sources of information are the basic accounting documents.

If agreed values of actual cost parameter deviate from the planned ones this requires changing in the baseline indicators and the preparation of regulatory actions is carried out.

Involving of the additional financial resources, as a part of regulatory actions, is applied when the majority of factors influence on the project implementation apart from the factors which decrease clearly the scope of the needed resources in comparison with the planned ones.

The project budget and project schedule are used as the source of information for planning of project expenses. Every time period of project has own cost of works and these works should be completed within schedule and budget. Figure 1 depicts the process of development and manufacturing of 32-35 MW gas turbine engine on the time schedule-basis.

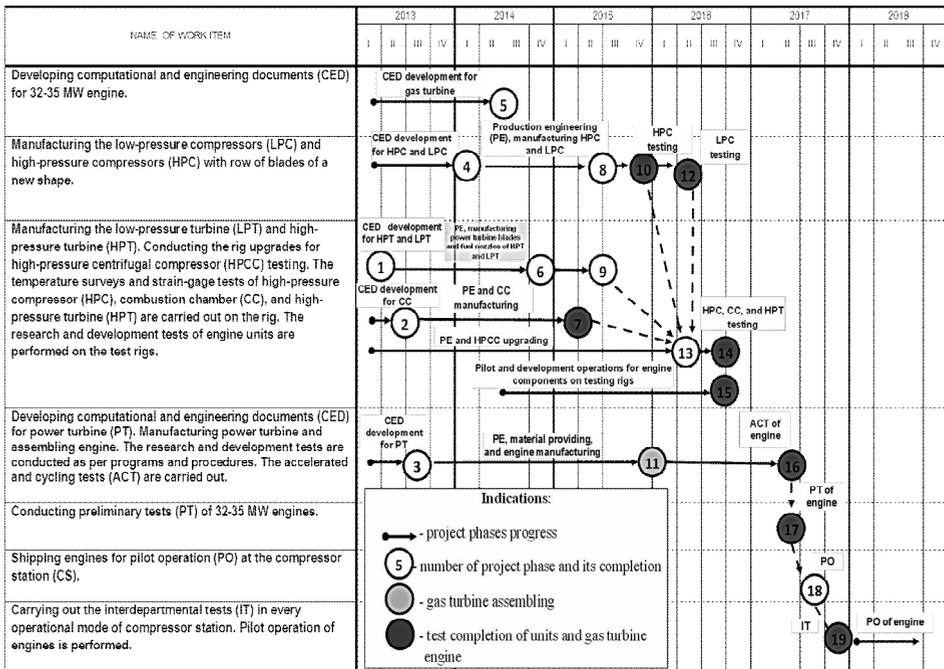


Fig. 1. Master schedule and milestone chart of 32-35 MW engine development and manufacturing at Zorya-Mashproekt

The master schedule consists from the following phases:

1. Developing computational and engineering documents (CED) for 32-35 MW engine.
2. Manufacturing the low-pressure (LPC) and high-pressure compressors (HPC) with the blade row of a new shape.
3. Manufacturing the low-pressure (LPT) and high-pressure turbines (HPT). Conducting the rig upgrades for high-pressure centrifugal compressor (HPCC) testing. The temperature surveys and strain-gage tests for high-pressure compressor (HPC), combustion chamber (CC), and high-pressure turbine (HPT) are carried out on the rig. The pilot and development works of engine units are performed on the test rigs.

4. Developing computational and engineering documents (CED) for power turbine (PT). Manufacturing power turbine and assembling engine. The research and development tests are conducted as per programs and procedures. The accelerated and cycling tests (ACT) are carried out.

5. Conducting preliminary tests (PT) of 32-35MW engines.

6. Shipping engines for pilot operation (PO) at the compressor station (CS).

7. Carrying out the interdepartmental tests (IT) in every operational mode of compressor station. Pilot operation of engines is performed.

The every phase has own budget or several budgets. The consolidated budget of the project for development and manufacturing 32-35 MW engine consists from the phase budgets. The contract cost of engine and cost estimating documentation result in the project cost estimation.

Conclusion. In the present study we proposed the model of cost management at the levels of departments and workshops of enterprise. The developed model is used as a foundation for the corresponded informational system.

Proposed mechanisms for cost management are the base for the development of the tools of project management gas turbine manufacturing enterprises.

REFERENCES

1. *Lundwall B.A. National business systems and national styles of innovations // Int. Studies of Manag. & Organization. – 2005. – Vol. 29. – № 2.*
2. *Glazev S.Yu. The theory of long-time technical and economic development. – M.: Vldar publishing house, 2010.*
3. *Razu M.L. Project management: fundamentals of project management. – M.: Knorus publishing house, 2007. – P. 768.*
4. *Ferns D.C. Developments in program management // International Journal of Project Management. – Vol. 9. – № 3. – August 1991.*
5. *McGahon A.M. Competition, Strategy and Business Performance, Calif. Manag. Review. – 2008. – Vol. 41. – № 3.*

Стаття надійшла до редакції 10.09.2015

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, директор інституту Комп'ютерних і інженерно-технічних наук, завідувач кафедри ІУСТ Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **К.В. Кошкін** (м. Миколаїв)

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Програмне забезпечення автоматизованих систем» Національного університету кораблебудування **І.І. Коваленко** (м. Миколаїв)

УДК 005.8: 519.876.5

Н.Р. Кнырик

**МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Постановка проблемы в общем виде. Под организационной системой понимают объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил [6]. Наличие процедур и правил, регламентирующих совместную деятельность членов организации, является определяющим свойством и отличает организацию от группы и коллектива.

Эффективное функционирование и развитие организационных систем требует проведение постоянного мониторинга и прогнозирования на его основе возможных сценариев развития событий в зависимости от изменяющихся факторов. Наибольшей сложностью при этом является определение конфигурации системы для достижения необходимых целевых состояний. Данная проблема вызвана особенностью организационных систем – активностью поведения их элементов (людей). Это обуславливает низкую эффективность применения аналитических моделей для прогнозирования будущих состояний.

Проведенные исследования показали, что данная проблема может эффективно решаться методами имитационного моделирования.

Анализ исследований и публикаций. Исследования социально-экономических систем с применением метода имитационного моделирования проводились в различных сферах человеческой деятельности. Серия интересных имитационных моделей была предложена создателем системной динамики Дж. Форрестером – модель социально-экономического развития города, первый вариант модели системной динамики мировой социально-экономической системы [1]. Целью его исследований было изучение типов поведения систем и разработка мер, способных улучшить результаты их функционирования.

Ким Уоррен, профессор Лондонской школы бизнеса, рассматривает организацию как открытую систему, активно взаимодействующую с окружающей средой. Формирование и анализ стратегически важных ресурсов позволяет проследить влияние управленческих решений на развитие организации, найти точки приложения управленческого решения, которые позволяют влиять на эффективное функционирование организации. [4, 5].

Одну из первых агентных моделей по социально-экономической тематике разработал Томас Шеллинг еще в 1970-х гг. Он исследовал расовую сегрегацию в американских городах [3]. Множество агентных

моделей посвящено проблемам пешеходного и автомобильного трафика, вопросам эвакуации и поведения людей в чрезвычайных ситуациях. Например, уже ставшее классическим исследование Д. Хелбинга, Т. Вицека и И. Фаркаша по поведению толпы в экстремальной ситуации [2].

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Для решения проблем управления социальными и экономическими системами в середине прошлого столетия сформировались и развивались теория активных систем, теория иерархических игр и дизайн механизмов (mechanism design). На сегодняшний день можно говорить о полном слиянии этих научных направлений и появлении нового синтетического направления – теории управления организационными системами [8].

Однако в этой теории детально проработанными являются только отдельные механизмы (планирования, мотивации, контроля и т.п.) и недостаточно внимания уделяется их системной интеграции. Как уже отмечалось выше, в силу низкой эффективности применения аналитических моделей, обусловленной активностью поведения участников, такую интеграцию целесообразно производить на базе имитационного моделирования.

Целью работы является разработка подходов к имитационному моделированию организационных систем для осуществления эффективного мониторинга их функционирования и развития.

Изложение основного материала исследования. Особенностью организационных систем является то, что в них субъект и объект управления совпадают. Более того, организационные проекты являются подсистемами организационной системы, которую они трансформируют. Другими словами, изменяя организационную систему, проекты сами испытывают воздействие результатов такого изменения. Сложность управления организационными проектами многократно увеличивается при одновременном протекании нескольких трансформационных процессов.

Для согласования действий участников и уменьшения неопределенности при управлении портфелем проектов трансформации организационных систем необходима модель, отражающая влияние входных и выходных параметров проектов друг на друга и на организационную систему в целом [7]. Предлагается для этой цели использовать модель, в которой установлены зависимости между входными и выходными параметрами, определенные особенностями организационной системы и спецификой трансформационных процессов. Здесь возможно использование, как моделей системной динамики, так и агентных моделей, а также их комбинации.

Для иллюстрации взаимного влияния параметров организационной системы и параметров проектов с помощью инструментальной системы AnyLogic создана модель производственного предприятия.

Идея моделирования заключается в создании достоверного, наглядного и простого для понимания описания деятельности предприятия. Описание модели позволяет охватить предприятие в целом, сконцентрироваться на ключевых процессах, обнаружить взаимозависимости, которые являются наиболее существенными.

Правильно построенный алгоритм взаимосвязей позволяет просчитать различные сценарии развития предприятия и оценить последствия тех или иных управленческих решений.

Для понимания поведения системы в целом и динамики происходящих в ней процессов выбран промежуток модельного времени – 50 дней.

Ядром модели являются выстроенные определенным образом динамические связи между изменяемыми (моделируемыми) параметрами, на которые может повлиять предприятие вследствие реализации одного или нескольких проектов и результирующими показателями (прибыль, рентабельность и т. д.).

Параметры созданной модели можно условно разделить на три категории:

- показатели, которые описывают рыночное окружение предприятия;
- показатели операционной деятельности;
- показатели, которые описывают финансовые результаты деятельности предприятия.

Рыночное окружение производственного предприятия характеризуется общим спросом (емкостью рынка) в трудовом измерении, долей рынка (%) и спросом на продукцию предприятия в трудовом измерении.

Ключевые показатели процесса производства – производственная мощность в трудовом измерении и объем производства. Объем производства равен величине производственной мощности в том случае, если спрос на продукцию предприятия превышает мощность, и принимает значение спроса, если производственная мощность больше, чем спрос на продукцию предприятия.

В качестве основных параметров, отражающих финансовую сторону производства, рассматриваются цена, выручка, удельные затраты, прямые затраты, постоянные затраты, прибыль, нераспределенная прибыль. «Выручка» – это стоимость всей произведенной продукции, она изменяется прямо пропорционально цене и объему производства. Прямые затраты зависят от удельных затрат и объема производства в отличие от постоянных затрат. Прибыль предприятия вычисляется как разность выручки и суммы всех затрат (прямых затрат, постоянных затрат и налогов).

В созданной модели предприятия определены факторы, на которые можно оказывать влияние. Переменные состояния, значения которых может меняться под воздействием окружающей среды – доля рынка, общий спрос, производственная мощность, удельные затраты, постоянные затраты, цена, нераспределенная прибыль.

На моделируемом производственном предприятии реализуется портфель проектов (рис. 1). Каждый проект, являясь частью организационной системы, оказывает влияние на один или несколько факторов модели.

- доля предприятия в общем объеме продаж на момент времени t , %;
- производственная мощность предприятия в трудовом выражении на момент времени t , нормо-часы;
- суммарные постоянные затраты предприятия на момент времени t , грн.;
- накопленная к текущему моменту времени t сумма прибыли, грн.

Динамику использования ресурсов, формирования бюджета, изменения целевого параметра организационной системы вследствие реализации проекта отображают таблично заданные функции. Профиль использования ресурсов – производная функции потребности проекта в трудовых ресурсах. Профиль бюджета – производная функции потребности проекта в финансовых ресурсах. Профиль результата – производная функции изменения параметра моделируемой системы, на который оказывает влияние организационный проект. Все перечисленные функции фактически представляют собой таблицы приращений соответствующих параметров в каждый момент времени реализации проекта. Для нахождения промежуточных значений функций используется механизм линейной интерполяции.

Старт любого проекта может осуществляться в произвольный момент времени прогона имитационной модели. Кроме того, допускается прерывание выполнения проекта либо при принятии соответствующего управленческого решения, либо по причине нехватки ресурсов и/или денежных средств. При остановке проекта ресурсы возвращаются в организационную систему, а бюджет проекта замораживается. Состояние всех параметров остановленного проекта остается неизменным до момента его возобновления.

В случае остановки проекта по решению менеджера, его выполнение может быть возобновлено в любой момент времени. Так как на моделируемом предприятии реализуется портфель проектов, то остановленный проект может быть продолжен и в том случае, если его выполнение было прервано по причине отсутствия свободных ресурсов или средств. Проект возобновится в тот момент времени, когда за счет операционной деятельности и реализации других проектов накоплено достаточное количество ресурсов и денежных средств. Текущее состояние проекта определяется признаком активности и значением проектного времени.

Проект реализуется за определенный интервал модельного времени, поэтому независимо от того, прерывалась или нет работа проекта, суммарное время его реализации не может превысить заданное в модели.

С моделью предприятия с тремя организационными проектами, для того, чтобы определить лучшее время начала каждого из проектов, был проведен оптимизационный эксперимент (рис. 2).

Результаты показали, что при заданных в модели значениях входных параметров максимальную прибыль можно получить в случае, если проект 1 начать в первый день модельного времени, а второй и третий проекты в 50-й день. Так как работа предприятия моделируется на временном интервале 50 дней, очевидно, что проект 2 и проект 3 при заданных в модели исходных данных реализовывать не выгодно, затраты на относительно небольшом интервале времени не окупаются.

Оптимизационный эксперимент

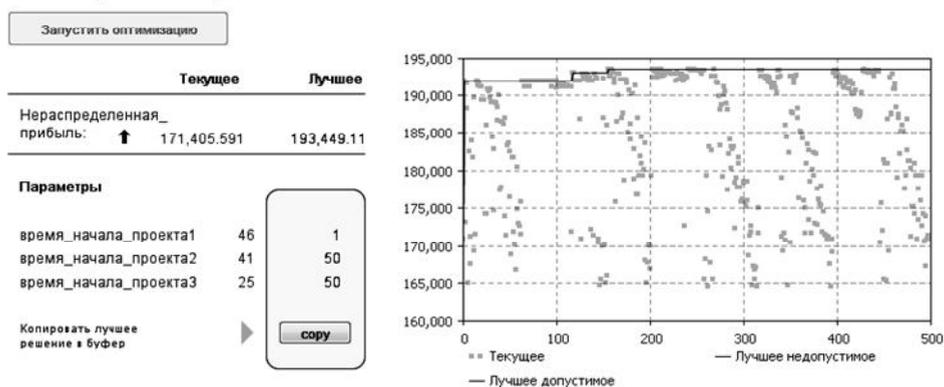


Рис. 2. Оптимизационный эксперимент

Степень взаимного влияния параметров организационной системы можно определить, проведя анализ результатов эксперимента по методу Монте-Карло. Эксперимент Монте-Карло реализует метод статистических испытаний. Теоретической основой метода являются предельные теоремы теории вероятностей (теорема Чебышева, теорема Бернулли, теорема Пуассона). Принципиальное значение предельных теорем состоит в том, что они гарантируют высокое качество статистических оценок при большом числе испытаний.

Эксперимент Монте-Карло позволяет выполнить несколько повторных запусков модели со стохастически меняющимися параметрами и отобразить полученный набор результатов моделирования с помощью гистограмм.

Гистограмма (рис. 3) показывает % случайных выборок времени начала проектов, при котором прибыль предприятия будет иметь то или иное значение. Количество испытаний – 500. Диапазон, из которого случайным образом выбираются значения параметров [1-50].

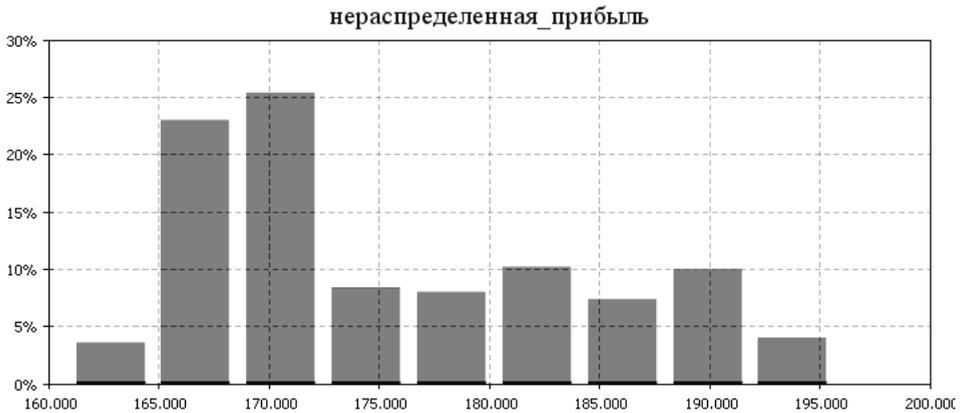


Рис. 3. Статистические испытания (Монте-Карло)

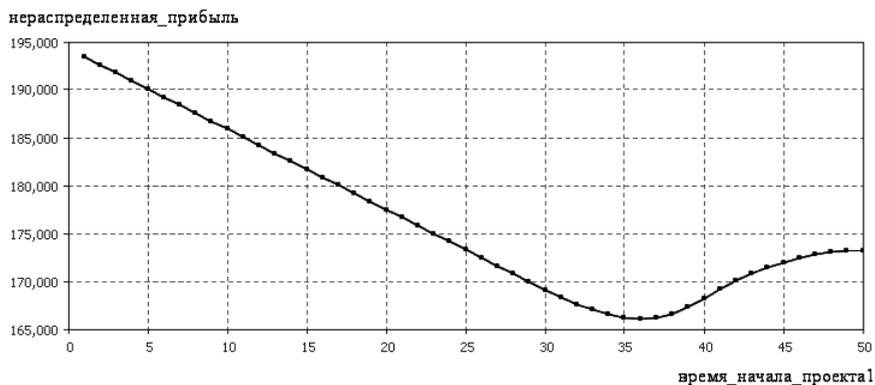
Максимальная сумма прибыли предприятия по результатам метода статистических испытаний совпадает со значением прибыли, которое получено при проведении оптимизационного эксперимента.

Эксперимент анализа чувствительности помогает оценить чувствительности результатов моделирования от конкретных параметров модели. Он выполняет несколько «прогонов» модели, варьируя значения одного из параметров и показывая, как результаты моделирования зависят от этих изменений.

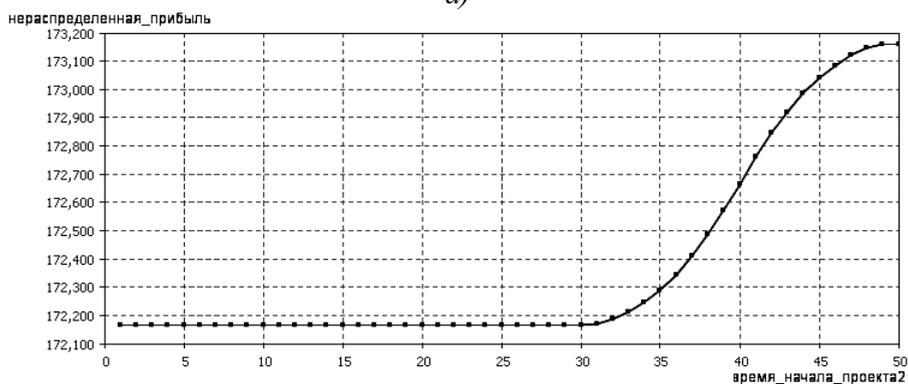
Анализ чувствительности модели – процедура оценки влияния исходных гипотез и значений ключевых факторов на выходные показатели модели. Обычно эксперимент с варьированием параметров и анализом реакции модели помогает оценить, насколько чувствительным является выдаваемый моделью прогноз к изменению гипотез, лежащих в основе модели.

Чувствительность созданной модели предприятия к изменениям параметров времени начала каждого из проектов можно определить, проведя соответствующие эксперименты (рис. 4).

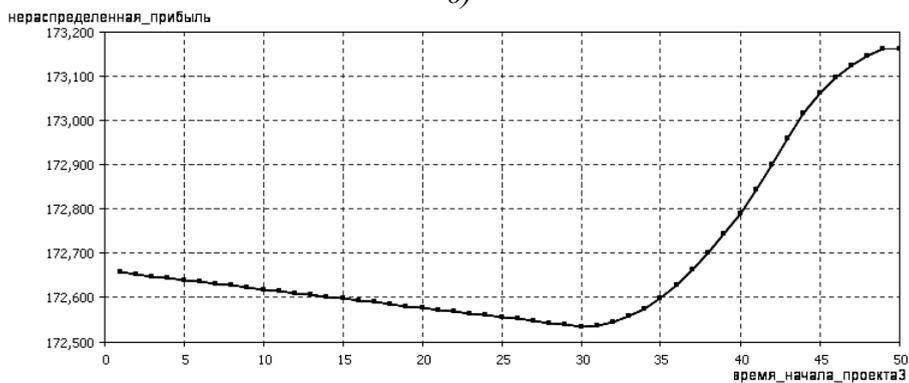
Результаты экспериментов анализа чувствительности совпадают с результатами, которые получены при проведении оптимизационного эксперимента. Значительный рост прибыли моделируемого предприятия, на котором реализуются три организационных проекта, возможен в том случае, когда проект 1 начинается в первый день моделируемого интервала времени, а проект 2 и проект 3 вообще не реализуются.



а)



б)



в)

Рис. 4. Анализ чувствительности к изменению параметров
времени начала проектов:
а – проекта 1; б – проекта 2; в – проекта 3

Выводы

1. В силу низкой эффективности применения аналитических моделей интеграцию механизмов управления организационными системами целесообразно производить на базе имитационного моделирования.

2. Для эффективного мониторинга функционирования и развития организационных систем предложена системно-динамическая модель с несколькими организационными проектами.

3. На основе полученных результатов экспериментов с имитационной моделью сделаны выводы о том, какое решение из области допустимых обращает в максимум показатель эффективности системы.

Перспективы дальнейших исследований. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку агентных моделей отдельных элементов организационных систем для анализа влияния активности их поведения в широком диапазоне стратегий.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Forrester J. *Urban Dynamics [Text]* / J. Forrester. – Cambridge: MIT Press, 1969. – 299 p.
2. Helbing D. *Simulating dynamical features of escape panic [Text]* / D. Helbing, T. Viscek, I. Farkas // *Nature*. – 2000. – № 407. – P. 487-490.
3. Schelling T. *Micromotives and Macrobehavior [Text]* / T. Schelling. – New York : W.W. Norton & Company, 2006. – 272 p.
4. Warren K. *Competitive Strategy Dynamics [Text]* / K. Warren. – New York : John Wiley & Sons, 2002. – 330 p.
5. Warren K. *Strategic Management Dynamics [Text]* / K. Warren. – New York : John Wiley & Sons, 2008. – 77 p.
6. Бурков В.Н. *Введение в теорию управления организационными системами [Текст]: Учебник* / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков / Под ред. чл.-кор. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
7. Возный А.М. *Оценка сценариев развития организационных систем на основе модельных экспериментов* / А.М. Возный, К.В. Кошкин, Н.Р. Кнырик // *Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. – X., 2014. – № 2 (1045). – С. 27-32.
8. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами*. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.

Стаття надійшла до редакції

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, директор інституту, завідувач кафедри ІУСТ Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **К.В. Кошкін**

доктор технічних наук, професор, Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова **С.К. Чернов**

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Великий Денис Ігорович – асистент кафедри Енергетичного та водногосподарчого будівництва Одеської державної академії будівництва та архітектури

Вичужанін Володимир Вікторович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету

Гірін Олександр Георгійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент

Данілян Анатолій Григорович – старший викладач кафедри Судноводіння і енергетики суден Національного університету «Одеська морська академія»

Дмитрієв Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри Енергетичного та водногосподарчого будівництва Одеської державної академії будівництва та архітектури

Дурнев Євген Юрійович – заст. головного конструктора Морського інженерного бюро, м. Одеса

Єгоров Геннадій В'ячеславович – доктор технічних наук, професор, генеральний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

Ільницький Ігор Анатолійович – 1-й заступник генерального директора Морського інженерного бюро, м. Одеса

Кабанова Наталя Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри Теорії та проектування суден Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова

Книрик – старший викладач кафедри Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова

Коновалов Сергій Дмитрович – магістрант кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету

Конопльов Анатолій Васильович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теорія механізмів і машин й деталей машин» Одеського національного морського університету

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Корнієць Тетяна Євгенівна – кандидат технічних наук, в.о. доцента кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Крук Юрій Юрійович – аспірант кафедри «Менеджмент і маркетинг на морському транспорті» Одеського національного морського університету

Мурад'ян Арсен Олегович – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Найденов Андрій Ігорович – асистент, аспірант кафедри Судноводіння і енергетики суден Національного університету «Одеська морська академія»

Нільва Володимир Олександрович – молодший науковий співробітник Морського інженерного бюро, м. Одеса

Панова Ірина Миколаївна – викладач Одеського морехідного коледжу технічного флоту Національного університету «Одеська морська академія»

Перепічко Майя Євгенівна – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Петров Ігор Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, професор Національного університету «Одеська морська академія», професор кафедри «Морські перевезення» НУ «ОМА», академік Транспортної академії України, член Морського інституту Великобританії, капітан дальнього плавання

Пізінцалі Людмила Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету

Пітерська Варвара Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Раскевич Ігор Вікторович – кандидат економічних наук, доцент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Рогачко Станислав Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри Енергетичне та водногосподарче будівництво Одеської державної академії будівництва і архітектури

Руденко Сергій Васильович – доктор технічних наук, професор, ректор Одеського національного морського університету

Русанова Світлана Сергіївна – в.о. асистента кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Самойловська Валентина Петрівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету

Тонюк Валерій Іванович – технічний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

Урсолов Олександр Ігорович – магістрант кафедри Теорії та проектування суден Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова

Чернова Любава Сергіївна – аспірант кафедри «Управління проектами» Миколаївського національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова

Чимшир Валентин Іванович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Судноводіння і енергетики суден Національного університету «Одеська морська академія»

Шибасва Наталя Олегівна – аспірант Одеського національного морського університету

Наукове видання

**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

Випуск 2 (44)

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 2015 .
Формат 70x108/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. .
Замовлення № .

Надруковано у Видавництві ОНМУ
65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.
Тел. 728 31 14