

ВІСНИК



ОДЕСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

38

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Збірник наукових праць

ВИПУСК 2 (38)

Заснований у червні 1997 року

Одеса – 2013

**ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**№ 2 (38)
2013**

Заснований у червні 1997 року

Виходить 4 рази на рік

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

УДК 629.12.002(082)

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

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

Редакційна колегія:

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

д-р техн. наук, проф.	Вассерман О.А.	д-р економ. наук, проф.	Ланкіна І.О.
д-р техн. наук, проф.	Гришин В.О.	д-р фіз.-мат. наук, проф.	Андронов І.Л.
д-р техн. наук, проф.	Єгоров Г.В.	д-р економ. наук, проф.	Постан М.Я.
д-р техн. наук, проф.	Євдокімов В.Д.	д-р техн. наук, проф.	Івановський В.Г.
д-р техн. наук, проф.	Іванченко О.О.	д-р техн. наук	Дульнєв О.І.
	(Росія)		(Росія)
д-р техн. наук, проф.	Клованич С.Ф.	д-р техн. наук, проф.	Козляков В.В.
д-р техн. наук, проф.	Дубровський М.П.	д-р техн. наук, проф.	Сизов В.Г.
д-р економ. наук, проф.	Махуренко Г.С.	д-р техн. наук, проф.	Яровенко В.О.

**Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеського національного морського університету
(протокол № 9 від 27 березня 2013 р.)**

Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей.

Висловлені у цих статтях думки можуть не збігатися з точкою зору редакційної колегії, не покладають на неї ніяких зобов'язань.

Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

© Вісник Одеського національного
морського університету, 2013

ЗМІСТ

ТЕОРІЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ КОРАБЛЯ

Егоров Г.В., Тонюк В.И. Обоснование параметров однотрюмного сухогрузного судна длиной около 85 м с высокой ледовой категорией и максимально возможным дедвейтом	5
Егоров Г.В., Ильницкий, И.А., Калугин Я.В. «Линейка» круизных пассажирских судов для внутренних водных путей	20

ПОРТИ ТА ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ

Гришин В.А. Морские искусственные острова. Ч.2	41
Дубровский М.П., Хонелия Н.Н., Кострец Н.В. К оценке несущей способности системы «Причальное сооружение-грунтовая среда»	54
Зубко Н.Ф. Прогнозирование коэффициентов динамичности в элементах крановых механизмов	63
Кириллова Е.В., Мелешенко Е.С. Динамические показатели критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома	72
Вишневский Д.О. Система формирования вычислений в линейном судоходстве	95
Верещака М.А. Системна оптимізація інвестицій у річковий флот, порти та інфраструктуру внутрішніх водних шляхів	107

ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Яровенко В.А. Критерии динамического подобия в сравнительных оценках проектов ГЭУ электроходов	122
Вычужанин В.В. Развитие инфраструктурных решений для технологии облачных вычислений	135

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Руденко С.В., Гловацкая С.Н., Колесникова Е.В. Модель оценки эффективности портфеля проектов	149
Шамов А.В., Шахов А.В. Модель энергетического баланса в управлении проектно-ориентированными организациями	155
Питерская В.М., Логинов О.В. Кластерный подход в проектной стратегии инновационного научно-технологического развития	162
Нещерет В.И. Об инвариантных многообразиях в задаче локально- оптимального управления	171
Мурадян А.О. Анализ ёмкости склада перевалочного комплекса	183
Леонова С.Н. Модель управления этапами реализации программы	192
АВТОРИ ЗБІРНИКА	201

УДК 629.12

Г.В. Егоров, В.И. Тонюк

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОДНОТРИУМНОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА
ДЛИНОЙ ОКОЛО 85 М С ВЫСОКОЙ ЛЕДОВОЙ КАТЕГОРИЕЙ
И МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫМ ДЕДВЕЙТОМ**

Обґрунтовані характеристики багатоцільового суховантажного судна необмеженого району плавання з довжиною близько 85 м з високою льодовою категорією і максимально можливим дедвейтом. У результаті, не дивлячись на високий льодовий клас, на проекті DCV36 були отримані хороші питомі техніко-економічні характеристики, а дедвейт склав близько 5000 т при осадці за ЛВВЛ (тобто на 500 т більше суден-конкурентів, що забезпечує серії помітні переваги на одних з ними лініях). Такі параметри досягнуті за рахунок створення нових ефективних обводів і призначення судну максимальної осадки відповідно до МК про вантажну марку, і раціонального розподілу товщини і категорій матеріалу сталевих корпусу з позицій забезпечення загальної поздовжньої міцності і місцевих навантажень.

Ключові слова: проектування, суховантажні судна, льодова категорія, Фінсько-Шведські правила, теоретичне креслення.

Обоснованы характеристики многоцелевого сухогрузного судна неограниченного района плавания с длиной около 85 м с высокой ледовой категорией и максимально возможным дедвейтом. В итоге, несмотря на высокий ледовый класс, на проекте DCV36 были получены хорошие удельные технико-экономические характеристики, а дедвейт составил около 5000 т при осадке по ЛГВЛ (т.е. на 500 т больше судов-конкурентов, что обеспечивает серии заметные преимущества на одних с ними линиях). Такие параметры достигнуты за счет создания новых эффективных обводов и назначения судну максимальной осадки в соответствии с МК о грузовой марке, и рационального распределения толщин и категорий материала стального корпуса с позиций обеспечения общей продольной прочности и местных нагрузок.

Ключевые слова: проектирование, сухогрузные суда, ледовая категория, Финско-Шведские правила, теоретический чертеж.

Characteristics of multi-purpose dry-cargo vessel of unrestricted sailing area with length about 85 m with high ice category and maximally possible deadweight are grounded. In a result, despite of high ice class, good specific technical and economic characteristics have been received and deadweight has made about 5000 t at SWL draught on vessels of DCV36 project (deadweight is on 500 t more than vessels-competitors deadweight. That provides series appreciable advantages on same with vessels-competitors lines).

© Егоров Г.В., Тонюк В.И., 2013

Such parameters are achieved due to creation of new effective hull form and assignment of vessel's maximal draught according to Load Lines IC and rational distribution of thickness and categories of steel hull material from positions of general longitudinal strength and local loadings providing.

Keywords: *designing, dry-cargo vessels, ice class, Finnish-Swedish Ice Regulations, lines drawing.*

Постановка проблемы. В европейском судоходстве широко распространены класс одноотрюмных сухогрузных судов – «коастеров» с расчетной длиной¹ не более 85 м (без спасательных шлюпок) [2]. Такие суда предназначены для перевозки разнообразных генеральных и навалочных грузов в европейском морском «каботаже» между небольшими морскими портами, мелководными причалами больших морских портов, устьевыми портами, портами на внутренних водных путях партиями от 1000 до 4500 тонн. При габаритной длине до 100 м эти суда не требуют лоцманского обеспечения.

Принципиальным отличием работы «коастеров» от судов смешанного плавания является их интенсивная эксплуатация именно в морских условиях, относительно большая осадка по ЛГВЛ, неограниченный район плавания, а также то, что при расчетной длине до 85 м наибольший дедвейт «коастеров» не превышает, как правило, 4500 тонн при вместимости грузового трюма около 200 тыс. кубофутов и валовой вместимости до 3000 единиц.

До появления судов проекта 003RSD04 типа «Каспиан Экспресс» [3] в практике отечественного проектирования и строительства судов такой класс отсутствовал. Однако «Каспиан Экспрессы» проектировались с учетом эксплуатации по внутренним водным путям России (для проходов через Волго-Донской судоходный канал) и необходимостью работы на мелководные морские и устьевые порты Азовского моря, что наложило ограничения на габаритные размеры, в первую очередь на ширину, осадку и надводный габарит, и как следствие, ограниченный дедвейт судна. Кроме того, с целью снижения массы судна порожнем был назначен R2 ограниченный район плавания и ледовая категория Ice 1 (достаточная зимой для портов Азовского моря).

Впоследствии Морское Инженерное Бюро разработало проект классического европейского коастера дедвейтом около 4500 т – многоцелевое сухогрузное судно пр. DCV33 типа «EMI Proud» [4], которое ориентировано на работу в условиях Балтийского и Северного морей, порты Франции, Британии и другие морские порты Европы. Серия из шести судов неограниченного плавания с ледовой категорией по Финско-Шведским Правилам 1В (Ice 3) была построена на Онежском судостроительном заводе.

¹ В соответствии с Международной Конвенцией по грузовой марке 1966 года

Развитием DCV33 явился проект многоцелевого сухогрузного судна DCV36 типа «Аметист». Контракт на постройку судов проекта DCV36 был заключен в апреле 2008 года. Строительство серии сухогрузных судов проекта DCV36 происходило на верфи HYUNDAI в Циндао (Китай) и завершилось в декабре 2012 года. Серия из десяти судов была построена для концерна «Управление транспортными активами», объединяющим Северо-Западное и Волжское пароходства, ВФ танкер и другие предприятия.

При создании нового концепта 85-метрового «коастера» заказчиком была поставлена задача при сохранении всех выше перечисленных преимуществ достижения максимально возможного дедвейта. Суда проекта DCV36 ориентировались на работу с Северо-Западными портами России (Санкт-Петербург, Архангельск), в том числе зимой (категория по Финско-Шведским Правилам 1В).

Целью статьи является обоснование характеристик сухогрузного коастера с длиной около 85 м с высокой ледовой категорией и максимально возможным дедвейтом.

Изложение основного материала. Созданию проекта предшествовал технико-экономический анализ наиболее эффективных из существующих судов прибрежного класса («коастеров»). Все суда имели дедвейты 4500 т и меньше.

При проектировании были приняты следующие ограничения:

- длина наибольшая не более 89,95 м;
- длина между перпендикулярами до 85,00 м;
- дедвейт около 5000 т при осадке по ЛГВЛ около 6,40 м;
- ледовая категория по Финско-Шведским Правилам 1В (Ice 3 по

Правилам РС);

- неограниченный район плавания;
- «ящичный» трюм;
- скорость судна около 12 узлов (плюс минус 0,2 узла) при использовании 90% максимально длительной мощности (МДМ) главного двигателя (ГД) с учетом потребления валогенератора (150 кВт).

Фактически, для получения заданного дедвейта в 5000 т оставались только два пути (в сравнении с прототипом DCV33, имевшим дедвейт 4500 т) [1]:

- увеличение ширины;
- увеличение коэффициента общей полноты.

Оба этих пути приводили к росту сопротивления движению и к снижению ледопроеходимости.

С учетом полноты и соотношений главных размерений судна улучшению его ходкости способствует заострение кормовой оконечности за счет переноса объемов в носовую часть. При этом стремление к заострению кормовой части в данном случае обусловлено не только соображениями снижения сопротивления формы относительно тихоходного судна,

но и желанием избежать отрыва пограничного слоя (ПС) в районе формирования попутного потока движителя.

Однако, со стороны Финско-Шведских Правил для заданной ледовой категории и мощности ГД к форме корпуса предъявляются требования, ограничивающие полноту носовой оконечности.

Как следствие, была разработана максимально полная форма носовых обводов, обеспечивающая выполнение требований Финско-Шведских Правил «на пределе». Поскольку при наличии носового бульба угол входа КВЛ принимается равным 90° независимо от формы бульба и жесткие требования предъявляются к форме КВЛ лишь на середине ширины судна, было принято решение перенести максимум объемов в бульб, в результате чего площадь его сечения в плоскости 20 теоретического шпангоута по отношению к площади мидель-шпангоута достигла 16,5 %. За счет этого удалось добиться смещения центра величины (ЦВ) на $\sim 1\%$ в нос от середины длины по КВЛ.

Размещение необходимого водоизмещения в корпусе с полученными носовыми обводами позволило довести длину кормового заострения до 26 м. При этом критерий безотрывности обтекания Бэкера для данного судна составляет $L_A \geq 4,08\sqrt{S_M} = 38,46$ м.

Несмотря на некоторую излишнюю жесткость критерия Бэкера применительно к современным судам рассматриваемого типа, слишком большая разница между его значением и фактической величиной указывало на большую вероятность развитого отрыва ПС².

С учетом этих соображений (при невозможности пересмотра основных характеристик судна), было принято решение об увеличении полноты кормовой оконечности в районе ее свеса с соответствующим увеличением погруженной площади транца для заострения, по крайней мере, кормового обтекателя и обеспечения углов схода ватерлиний в районе формирования попутного потока менее $33-36^\circ$. Это условие удалось выполнить до высоты, охватывающей примерно 82 % площади диска гребного винта при диаметре винта 3,4 м.

В итоге, был создан теоретический корпус судна с цилиндрической вставкой протяженностью 0,46L. Форма кормовой оконечности (транцевая корма) была оптимизирована для обеспечения подтока воды к винту регулируемого шага, форма носовой оконечности разработана с учетом работы судна в ледовых условиях и в условиях предельного волнения в соответствии с классом судна (см. рис. 1).

² Забегая вперед, следует отметить, что отрыв пограничного слоя на построенных корпусах зафиксирован не был, что собственно и обеспечило судам требуемую скорость без использования полупреднасадок

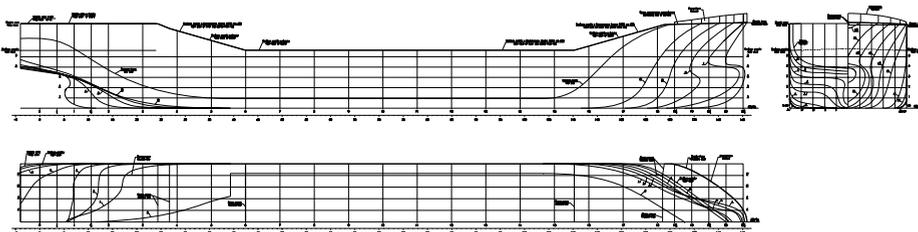


Рис. 1. Теоретический корпус коастера
длиной 85 м максимального дедвейта

С помощью CFD моделирования был выполнен расчет ходовых качеств судна проекта DCV36. Согласно результатам расчета, на тихой и глубокой воде скорость судна в полном грузу со свежеекрашенным корпусом составляла 12,1 узла при 90 % мощности ГД, с учетом потребления валогенератором 150 кВт (пропульсивная мощность 2226 кВт). Ожидаемая скорость на испытаниях по расчетам при 0,9МДМ была 12,7 узла.

Теоретические расчеты были проверены специалистами ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова с помощью буксировочных и самоходных испытаний модели судна.

Исходя из результатов расчетного определения сопротивления судна, для главной энергетической установки заказчиком выбран среднеоборотный дизель 8M25C фирмы MaK со спецификационной МДМ 2640 кВт при 750 об./мин. Расчет ходовых качеств судна приведен в табл. 1. Оптимальный винт регулируемого шага имел следующие характеристики: диаметр гребного винта $D_p = 3,4$ м, дисковое отношение гребного винта $A_E/A_O = 0,55$, число лопастей $z = 4$.

На ходовых испытаниях в балласте скорость головного судна серии «Аметист» составила при использовании 90 % мощности ГД 12,8 узла.

В итоге, несмотря на высокий ледовый класс, на проекте DCV36 были получены неплохие удельные технико-экономические характеристики, а самое главное, что в отличие от большинства классических европейских коастеров (см. табл. 2), дедвейт составил около 5000 т при осадке по ЛГВЛ (т.е. на 500 т больше судов-конкурентов, что обеспечивало серии заметные преимущества на одних с ними линиях).

Такие характеристики были достигнуты за счет создания эффективных обводов, назначения судну максимальной осадки в соответствии с МК о грузовой марке и рационального распределения толщин и категорий материала стального корпуса с позиций обеспечения общей продольной прочности и местных нагрузок.

Мидель-шпангоут судна проекта DCV36 приведен на рис. 2.

Таблиця 1

Расчет ходовых качеств судна

Обозначение характеристики	Расчетные точки			Примечание
	I	II	III	
Скорость V_s , уз.	11,5	12,0	12,5	
Полное буксировочное сопротивление R_t , кН	168,5	193,2	220,7	
Коэффициент эффективного попутного потока W_t	0,269	0,269	0,269	
Коэффициент засасывания t_p	0,197	0,197	0,197	
Скорость гребного винта в свободной воде V_A , м/с	4,327	4,515	4,703	
Упор гребного винта T , кН	209,8	240,6	274,8	
Обратный коэффициент нагрузки движителя по упору при постоянном диаметре K_{DT}	1,028	1,002	0,977	
Относительная поступь гребного винта J	0,460	0,450	0,440	
Число оборотов гребного винта n , об/мин	166	177	189	
Шаговое отношение винта P/D_p	0,830	0,821	0,819	
Коэффициент упора гребного винта K_T	0,200	0,202	0,203	
Коэффициент момента гребного винта K_Q	0,0272	0,0269	0,0269	
Коэффициент полезного действия гребного винта в свободной воде η_o	0,538	0,537	0,528	
Коэффициент полезного действия передачи мощности от главного двигателя на гребной винт (редуктор и валопровод), η_s	0,950	0,950	0,950	Редуктор и валопровод
Пропульсивный коэффициент η_p	0,562	0,560	0,551	
Эффективная мощность N_E , кВт	1776	2129	2575	Потребная мощность
\bar{P} , Н/м ²	270,3	310,1	354,1	Проверочный расчет на кавитацию
Дисковое отношение гребного винта A_E/A_O min	0,31	0,35	0,41	

Таблиця 2

Сравнение технико-экономических характеристик судов коастровер

Характеристика	Пр. DCV36	Пр. DCV33	Пр. 1/1942	ARKLOW RALLY	ALEGRA	Пр. 00221	IZABELLA
Проектант	Морское Инженерное Бюро	Морское Инженерное Бюро	Factoria Naval de Marin, s.a., Spain	Shipbuilder/Shipyards Bijnema Lemmer, The Netherlands	Intersee Schiffahrtsgesellschaft mbH & Co. KG	OAO KB «Варьян»	Intersee Schiffahrtsgesellschaft mbH & Co. KG
Класс судна	KM Ice 3 AUT1	☑ 100 A5 E2, G, DBC, SOLAS II-2, Reg.19, Multi Purpose Dry Cargo Ship, Equipped for Carriage of Containers * MC E2 AUT		* HULL * MACH * AUT-UMS General cargo ship - Heavy Cargo (150 kN/m ²) Unrestricted navigation INWATER-SURWEY STRENGTHBOTTOM (BV)	* 100 A5 * E G MCE AUT Strengthened for Heavy Cargoes up to 18 t/m ² . Ice Class I-C, sailing area: Area - A3 (GL)	* 100 A5 E1 * MCE1 AUT (GL)	* 100 A1, * LMC, UMS (Lloyds Register)
Длина наибольшая, $L_{об}$, м	89,96	89,99	89,50	89,95	89,90	93,30	89,90
Длина между перпендикулярами, $L_{пр}$, м	84,94	84,43	83,40	84,98	84,99	84,30	84,99
Ширина габаритная, $B_{габ}$, м	-	-	-	14,45	-	16,30	-
Ширина B , м	14,50	14,00	13,70	14,40	13,17	16,30	13,17
Высота борта, H , м	7,20	7,15	8,00	7,35	7,15	7,60	7,15
Осадка по ШВЛ, м	6,40	5,812	5,90	5,79	5,69	6,25	6,22
Высота габаритная от ОП до верхних несъемных частей, м	-	-	-	23,00	-	-	-
Кубический модуль, $L_{куб}$	9392	9008	9809	9533	8465	11700	8465
Валовая вместимость, GT	3306	3989	3000	2999	2805	3767	2844
Чистая вместимость, NT	1833	1628	-	1671	-	-	-
Объем грузовых трюмов (до нижней кромки люковых закрывки), м ³ / куб. футов	6228 / 219507	5611 / 198151	5700 / 201294	6063 / 214113	5718 / 201872	6260/221070	5718 / 201872
Контейнероёмкость всего в трюмах, TEU	178/102	138/102	111/111	138/102	213/117	274	213/117
Размер грузового трюма, $l \times b \times h$, м	60,0×11,5×9,2	60,0×11,5×8,4	60,51×11,0×8,3	63,0×11,70×8,4			

Продолжение табл. 2

Характеристика	Пр. DCV36	Пр. DCV33	Пр. 1/1942	ARKLOW RALLY	ALEGRA	Пр. 00221	IZABELLA
Размер грузового люка, $l \times b$, м	56,4x11,5	55,2x11,5	60,51x11,0	62,40x11,7	62,50x11,0	53,25x12,8 (два трюма)	62,50x11,00
Тип люкового закрытия	Folding	Поптожные с козловым краном	Поптожные козловым краном	Поптожные с козловым краном	Поптожные с козловым краном	Folding	Поптожные с козловым краном
Нагрузка на второе део, $g \times m^2$	14	12	12	15	18	10	18
Количество, мощность (кВт) и тип главных двигателей	1x2640 MaK 8M25C	1x1950 Wartsila 6L26A2	1x1850 MaK 6M25	1x1800 MaK 6M25	1x2200 Deutz MWM TBD 645 L6	1x3520 MaK 8M32	1x2200 Deutz MWM TBD 645 L6
Скорость при осадке по ЛТВЛ при 90 % МДМ, узл.	12,1 при МДМ 2266 кВт	11,5	12,0 (при 100 % МДМ)	11,5 (при 100 % МДМ)	12,5	14,7	12,0
Двигательно-рулевой комплекс	ВРШ + руль	ВРШ + руль	ВРШ + руль	ВРШ + руль	ВРШ + руль	ВРШ + руль	ВРШ + руль
Мощность вспомогательных ДГ и ВГ, кВт	ДГ 2x180 + ВГ 1x292	ДГ 2x180 + ВГ 1x292	ДГ 2x214 + ВГ 1x448	ДГ 2x140 + ВГ 1x312	ДГ 2x136 + ВГ 1x360	ДГ 2x300 + ВГ 1x300	ДГ 2x136 + ВГ 1x360
Мощность аварийного ДГ, кВт	1x85	1x90			1x62	1x80	1x62
Подруливающее устройство, кВт	170	170	220	260	300	200	300
Автономность, сут.	25	30				30	
Экипаж/количество мест	10 / 13	11 / 12	9			10 / 15	
Вес судна порожнем, т	1973	1514	1460	1450			
Волозменение, т	6999	6017	5960	5950			
Коэффициент обшей полноты, δ	0,840	0,854	0,863	0,819			
Дельтейт, т	5026	4503	4500	4500	4223	4500	4716
Спецификационный УПО груза, ж/т	1,366	1,37	1,36	1,43	1,43		
Коэффициент использования волозменения по дельтейту	0,718	0,748	0,755	0,756			
Энергозатраты на единицу транспортной производительности, мощность (дельтейт x x скорость), кВт/т.узл.	0,0372	0,0339	0,0343	0,0348	0,0375	0,0532	0,0350

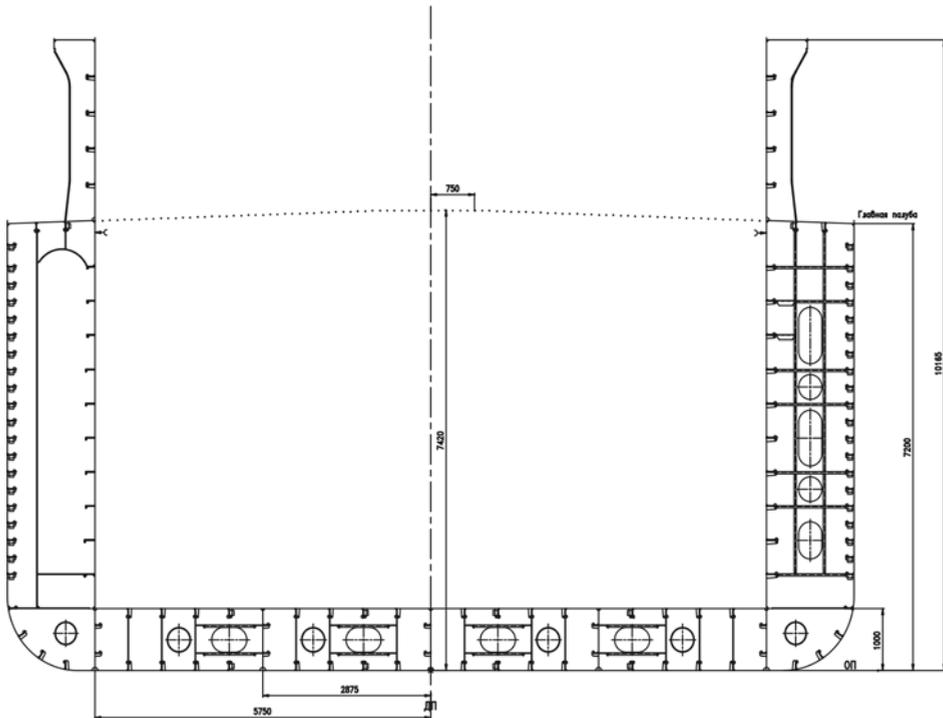


Рис. 2. Мидель-шпангоут судна проекта DCV36

Суда проекта DCV36 предназначены для морских перевозок генеральных и навалочных грузов, включая 20-ти и 40-футовые контейнеры международного стандарта высотой до 9,5 футов (в том числе часть из них рефконтейнеры), металла, зерна, леса, угля, крупногабаритных и тяжеловесных грузов, опасных грузов классов 1.4S, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 и Приложения В Кодекса ВС. Высокая ледовая категория Ice 3 позволяет работать на Балтийском и Белом морях зимой.

Архитектурно-конструктивный тип судна: стальной однопалубный, однотрюмный, одновинтовой теплоход, с баком и ютом, с кормовым расположением жилой рубки и машинного отделения, с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, со съёмными зерновыми переборками, с бульбовой носовой и транцевой кормовой оконечными осями, с люковыми закрытиями типа «Folding», с носовым подруливающим устройством (см. рис. 3).

Судно удовлетворяет всем требованиям международных конвенций, действующих на дату закладки судна.

В носовой оконечности с высоким для данного типов судов баком расположены форпик, помещение лага и эхолота, шкиперская, малярная, помещение CO₂, а также носовое подруливающее устройство типа «винт в трубе» мощностью 170 кВт.

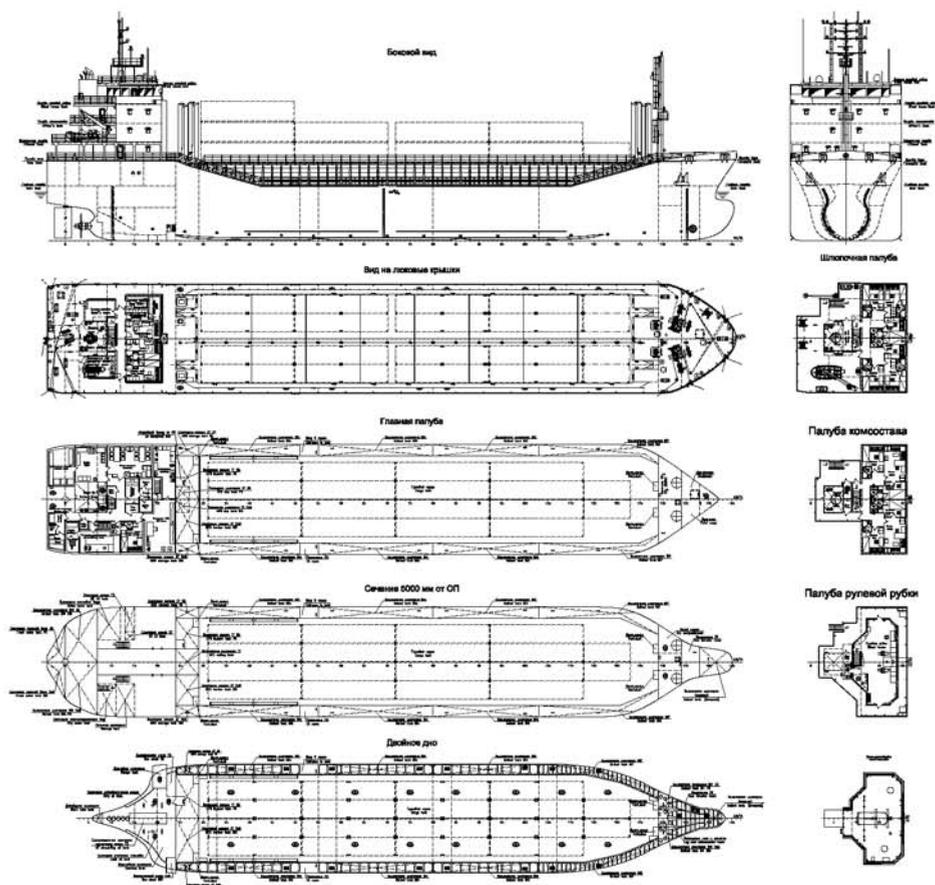


Рис. 3. Общее расположение судна проекта DCV36

В кормовой оконечности судна расположены МО, развитая высокая надстройка юта и четырехъярусная кормовая рубка со служебными и жилыми помещениями для экипажа численностью 10 чел. (13 мест). Рулевая рубка выполнена с круговым обзором и минимальными зонами затенения в соответствии с ISO 8468 и циркулярным письмом MSC/Circ.982 от 5 декабря 2000 г.

Трюм выполнен ящичной формы, гладкостенный, удобный для проведения грузовых работ и размещения груза без штивки. Размеры грузового трюма 60,00 x 11,5 x 9,20 м, что гарантирует размещение трех ярусов контейнеров высотой до 9,5 футов, а также обеспечивает возможность перевозки крупногабаритных нестандартных грузовых мест.

Оригинальное расположение балластных цистерн с перегородками обеспечило выполнение требований МК СОЛАС к вероятностному индексу деления на отсеки.

Грузовой трюм оборудован люковыми закрытиями типа «Folding».

Движение судна обеспечивается одним винтом регулируемого шага. Число лопастей винта – 4, диаметр винта – 3400 мм. Привод к винту механический от главного дизеля через редуктор. Управление судна осуществляется при помощи обтекаемого подвесного руля на фланце, расположенного в ДП судна. Площадь пера руля составляет 8,35 м², средняя высота – 3,74 м. Рулевое устройство обеспечивает перекладку полностью погруженного руля с 35 ° одного борта на 35 ° другого борта при максимальной скорости переднего хода при соответствующей осадке. Рулевое устройство обеспечивает при тех же условиях перекладку руля с 35 ° одного борта на 30 ° другого борта за время не более 28 с. Для работы с пером руля устанавливается роторная электрогидравлическая рулевая машина фирмы Rolls-Royce с крутящим моментом 64 кНм.

В качестве материала основных конструкций корпуса применяется судостроительная сталь категории D и A с пределом текучести 235 МПа, категории D32 с пределом текучести 315 МПа. Верхняя часть непрерывных продольных комингсов люков выполняется из судостроительной стали категории D36 с пределом текучести 355 МПа. Элементы конструкций палуб бака и юта, а также жилой надстройки выполняются из стали категории D и A.

Корпус имеет двойное дно, двойные борта, верхнюю палубу с шириной раскрытия 0,80 В, непрерывные продольные комингсы грузовых люков высотой 2,95 м.

Продольные комингсы грузового трюма установлены в плоскости продольных переборок трюма.

Поперечные переборки – плоские. Двойное дно, двойные борта, днище, верхняя и главная палубы, продольные комингсы люков и палуба юта выполняются по продольной системе набора; конструкции машинного отделения, палуба бака, оконечности судна – по поперечной.

Расстояние между продольными ребрами жесткости двойного дна составляет 575 мм, двойного борта – 550 мм. В средней части поперечная шпация – 600 мм, рамные диафрагмы двойного борта установлены на каждой четвертой шпации (через 2400 мм). По наружному борту дополнительно между диафрагмами установлены рамные шпангоуты.

Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки 14,0 т/м², а также на работу грейфером.

Корпус судна спроектирован на ледовую категория Ice3, предполагающий круглогодичное плавание в Балтийском и Белом морях. Обводы, ледопроемимость и прочность корпуса, мощность главного двигателя полностью соответствуют новым требованиям Финско-Шведских ледовых правил. Расчетная температура наружного воздуха +35 °С при влажности 65 % летом и -25 °С при влажности 85 % зимой, воды от +32 °С до 0 °С соответственно. Защита корпуса от коррозии гарантируется применением короткозамкнутой протекторной защиты и эффективного лакокрасочного покрытия.

Главный двигатель работает на тяжелом топливе вязкостью до 380 сСт.

Запасы топлива размещаются в диптанках в районе носовой переборки МО.

Электроэнергетическая установка сухогруза состоит из одного валогенератора мощностью 292 кВт, двух дизель-генераторов мощностью по 180 кВт и одного аварийного дизель-генератора мощностью 85 кВт. Приводные двигатели генераторов работают на дизельном топливе.

На судне установлены вспомогательный и утилизационный паровые котлы и инсинетратор. Котельная установка обеспечивает подогрев тяжелого топлива перед сепараторами; подогрев масла перед сепаратором; подогрев тяжелого топлива перед ГД; подогрев тяжелого топлива в цистернах; подогрев цистерн шламовой и утечного топлива; подогрев цистерны нефтесодержащих вод; подогрев циркуляционной цистерны смазочного масла ГД; подогрев трубопроводов тяжелого топлива при помощи спутников; подогрев воздуха в системе кондиционирования; подогрев воздуха в системе общесудовой вентиляции; подогрев питьевой воды; отопление хозяйственно-бытовых и служебных помещений; продувку донной и бортовой арматуры, клюзов, пропаривание цистерн; сжигание нефтяного шлама и твердого мусора.

Предусмотренные судовые устройства обеспечивают выполнение требований надзорных органов к данному типу судна.

Судно снабжается двумя носовыми станowymi якорями повышенной держащей силы массой по 1845 кг каждый. Якорные цепи для носовых станowych якорей сварные, второй категории прочности, калибром 44 мм, суммарной длиной 467,5 м. Для подъема и отдачи якорей и для швартовки устанавливаются автоматические якорно-швартовные лебедки с электрическими приводами.

Для швартовных операций предусматриваются носовые якорно-швартовные лебедки и кормовая швартовная лебедка, которые обеспечивают автоматическое натяжение и травление швартовных канатов при швартовных операциях. Для буксировки судна используется буксирный канат, кнехты, клюз, установленные в диаметральной плоскости судна на палубе бака. Для швартовки предусматриваются швартовные и буксирные кнехты, клюзы литые, клюзы с роульсами.

В качестве спасательных средств используются два плота вместимостью по 14 человек каждый. Плот, установленный по правому борту, спускаемого типа. На шлюпочной палубе по ПрБ установлена дежурная шлюпка с подвесным мотором, вместимостью 6 человек. Подъем и спуск дежурной шлюпки и спускаемого плота осуществляется краном.

Для улучшения управляемости на малых ходах, при проходе узкостей и при швартовках на судне предусматривается носовое ПУ мощностью 170 кВт, установленное в носу, типа «винт в трубе» с винтом фиксированного шага. Управление ПУ – дистанционное из рулевой рубки с

пульта судовождения и аварийное – ручное непосредственно из помещения подруливающего устройства.

Состав средств связи предусмотрен в объеме требований Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ) для морских районов А1+А2+А3. Комплекс современного судового радиоборудования обеспечивает связь при бедствиях и безопасность мореплавания, а также эксплуатационную связь общего назначения.

Гирокомпас с репитерами, главный магнитный компас, лаг, эхолот, приемоиндикатор GPS, две радиолокационные станции, а также АИС обеспечивают судоводителя и системы-потребители навигационной информацией.

Для приема и выдачи балласта на судне имеется балластно-осушительная система, обслуживаемая двумя электроприводными центробежными самовсасывающими насосами производительностью по 200 м³/ч каждый и двумя водоструйными эжекторами производительностью по 40 м³/ч каждый. Одновременная работа этих средств дает возможность откачать весь балласт за время не более 8 ч.

Управление судном, главной энергетической установкой, ВРШ и подруливающим устройством, радионавигационными средствами осуществляется из центрального объединенного пульта управления в рулевой рубке. Функции управления судном могут осуществляться также с бортовых пультов. Автоматизированная система предусматривает управление судном из рулевой рубки без несения постоянной вахты в машинном отделении.

Для размещения экипажа численностью 10 человек предназначаются 2 одноместных блок-каюты и 8 одноместных кают с санузелом и душем. Предусматривается двухместная каюта для практикантов и каюта для лоцмана. Общее число мест – 13.

8 ноября 2011 года в доке Istanbul Shipyard (Тузла, Турция) на корпус судна «Агат» проекта DCV36 впервые в отечественной практики была осуществлена установка корректирующих полупреднасадок WED, предназначенных для снижения расхода топлива.

WED (от wake equalizing duct) – энергосберегающее устройство, предложенное профессором Шнееклютом в 1985 г. и предназначенное для выравнивающих поле скоростей номинального попутного потока. Проект этого устройства выполнен немецкой фирмой Schneekluth Hydrodynamik. Она же изготовила WED для всей серии DCV36.

Обоснование целесообразности корректирующих полупреднасадок с определением их оптимального положения относительно винта было выполнено в 2009 году специалистами 2 отделения ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова под руководством профессора Григория Каневского (были проведены буксировочные и самоходные испытания модели судна без преднасадок в грузу и в балласте; самоходные испытания модели с корректирующими преднасадками при варьировании их углов установки относительно диаметральной плоскости судна и проведены самоходные

испытания модели судна с корректирующими преднасадками, закрепленными штатно в оптимальном положении).

В результате испытаний было показано, что при установке преднасадок увеличивается коэффициент влияния корпуса, пропульсивный коэффициент возрастает на 6 % в грузу и на 7 % в балласте.

При выбранном оптимальном расположении полупреднасадок WED относительно корпуса, необходимая мощность судна проекта DCV36 уменьшается на величину около 5 % в грузу и на 6,5 % в балласте при сохранении заданной скорости. В настоящее время идет опытная эксплуатация судна «Агат» с целью натурной проверки теоретических результатов, после чего будет принято решение на применение полупреднасадок на других судах серии.

Всего на верфи Qingdao Hyundai Shipbuilding Co. Ltd (Китай), построено десять судов проекта DCV36 (см. табл. 3).

Таблица 3

Хронология строительства серии судов проекта DCV36

Название	Строительный номер	Дата закладки	Дата спуска	Дата сдачи
Аметист	QHS-301	16.11.2009	17.05.2010	22.04.2011
Агат	QHS-302	03.12.2009	15.06.2010	27.06.2011
Бирюза	QHS-303	23.12.2009	14.07.2010	21.10.2011
Лазурит	QHS-304	15.01.2010	04.09.2010	30.11.2011
Малахит	QHS-305	02.04.2010	20.12.2010	03.02.2012
Нефрит	QHS-306	04.05.2010	02.08.2011	10.04.2012
Оникс	QHS-307	19.07.2010	25.10.2011	28.06.2012
Сердолик	QHS-308	13.09.2010	20.12.2011	31.08.2012
Чароит	QHS-309	02.12.2010	19.03.2012	25.10.2012
Яшма	QHS-310	28.02.2011	22.05.2012	18.12.2012

Заключение. Таким образом, была построена серия сухогрузных судов, ориентированных на Санкт-Петербург и Архангельск. В отличие от сухогрузов, которые строились для холдинга «УГА» ранее и которые строятся сейчас по проектам RSD44 и RSD49, проект DCV36 изначально является морским судном неограниченного района плавания с соответствующими запасами прочности, толщинами связей корпуса и мощностью главных двигателей.

Проект DCV36 носит ярко выраженный инновационный характер, так как впервые был достигнут дедвейт более 5000 тонн для современного сухогрузного однотрюмного судна с расчетной длиной до 85 м.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
2. Егоров Г.В. Обоснование характеристик морских малотоннажных и среднетоннажных сухогрузных судов для отечественных судовладельцев // Вісник ОНМУ. – Одеса: ОНМУ, 2008. – Вип. 25. – С. 49-60.
3. Егоров Г.В., Алекперов Р., Тонюк В.И. Сухогрузные суда типа «Каспиан Экспресс» и их модификации // Морская Биржа. – 2010. – № 1 (31). – С. 14-21.
4. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Многоцелевое морское сухогрузное судно проекта DCV33 дедвейтом около 4500 т // Судостроение. – 2009. – № 3. – С. 17-22.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2013

Рецензент – 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, Я.В. Калугин

**«ЛИНЕЙКА» КРУИЗНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ
ДЛЯ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ**

Обгрунтовано параметричний ряд сучасних річкових круїзних суден (КС), які являють інтерес для вітчизняних судноплавних компаній. Вибір основних елементів річкових КС визначається шляховими умовами та стратегією туроператора, його позицією на ринці, відданістю до тих чи інших ліній та рівню комфортабельності з врахуванням потреб, прихильностей та інтересів пасажирів, для яких ці судна, власне, й створюються. Такий вибір, при всій його зовнішній суб'єктивності, здійснюється з дискретного числа альтернатив, які цілком об'єктивно виникли на вітчизняному туристичному ринці як результат компромісу під час вибору шляхових обмежень та чисельності груп туристів (400-500 людей, 250-300 людей, 200-250 людей, 100-150 людей).

Ключові слова: *пасажирське круїзне судно, шляхові умови, проектування, параметричний ряд, судна внутрішнього плавання, судна змішаного ріка-море плавання.*

Обоснован параметрический ряд современных речных круизных судов, представляющих интерес для отечественных судоходных компаний. Выбор основных элементов речных КС определяется путевыми условиями и стратегией туроператора, его позицией на рынке, приверженностью к тем или иным линиям и уровню комфортабельности с учетом потребностей, склонностей и интересов пассажиров, для которых эти суда, собственно, и создаются. Такой выбор, при всей его внешней субъективности, осуществляется из дискретного числа альтернатив, вполне объективно возникших на отечественном туристическом рынке как результат компромисса при выборе путевых ограничений и численности групп туристов (400-500 человек, 250-300 человек, 200-250 человек, 100-150 человек).

Ключевые слова: *пасажирское круизное судно, путевые условия, проектирование, параметрический ряд, суда внутреннего плавання, суда смешанного река-море плавання.*

A parametrical line modern river cruise ships (CS) representing interest for the domestic shipping companies is proved. The choice of basic elements river CS is determined by traveling conditions and strategy of tour operator, his position in the market, adherence to those or other lines and comfort level in view of requirements, propensities and interests of passengers for which these ships are created actually.

Such choice, subjectivity at all, is carried out from discrete number of the alternatives which quite objectively have arisen in the domestic tourist market as result of the compromise at a choice of traveling restrictions and number of groups of tourists (400-500 person, 250-300 person, 200-250 person, 100-150 person).

Keywords: *passenger cruise ship, traveling conditions, designing, a parametrical line, ships of internal navigation, mixed river – sea navigation ships.*

Постановка проблемы. В состоявшейся 30 октября 2012 года встрече Президента Российской Федерации Владимира Путина с транспортниками страны был поднят вопрос о настоятельной необходимости вмешательства государства для создания нового поколения речных пассажирских судов.

Потребность обсуждения этой проблемы на самом высшем государственном уровне назрела давно. И дело не только в страшной трагедии с «Булгарией». Средний возраст российских речных круизных судов (КС) по данным РРР составляет 38,5 лет [4]. Понятно, что при предельном сроке эксплуатации таких судов (по мировым данным) 45-50 лет в пределах 5-15 лет существующие КС будут выведены из эксплуатации.

Снижение общего количества КС потребует замены устаревшего флота на современный. На это, в свою очередь, потребуются достаточно много лет, значительных финансовых и трудовых затрат. Ограниченность сроков навигации на внутренних водных путях значительно увеличивает сроки окупаемости инвестиций (более 15-20 лет) и делает недоступным привлечение кредитных ресурсов коммерческих банков и использование средств лизинговых компаний, работающих на рынке.

Именно поэтому в новейшей истории СНГ было построено (причем, по сути, опираясь на энтузиазм и преданность флоту вполне конкретных людей – руководителей судоходных компаний) всего два новых судна такого типа – трехпалубное КС повышенной комфортабельности класса «М» проекта PV08 «Александр Грин» на 112 пассажиров для ОАО «Московское речное пароходство» и мелкосидящий КС с инновационным колесным движителем класса «Р» «Сура» на 40 пассажиров для компании «ГАМА», остальные были получены до 1990 года. При этом только на Дунае, Рейне и Майне, Одере и других европейских реках за этот же период с 1991 по 2012 год вступило в строй более 110 новых КС.

Понятно, что новое поколение отечественных круизных судов должно быть более безопасным, экологически чистым и более комфортабельным.

Целью статьи является обоснование (на основании исследований 2010-2012 годов, проведенных Морским Инженерным Бюро) параметрического ряда современных речных круизных судов, представляющих интерес для отечественных судоходных компаний.

Изложение основного материала. Создание концептов базировалось как на общих подходах к проектированию судов внутреннего и смешанного плавания [2, 5], так и на основании специальных решений [1, 3, 6, 7]. Принципиальную роль играло обсуждение проблем с ведущими специалистами пассажирской отрасли – К.О. Анисимовым, В.Ф. Березиным, А.А. Трофимовым, Д.Г. Рябовым, Д.Н. Галкиным, А.Е. Смолиным, А.А. Семиным.

Как показано в [3], для наших условий может быть рекомендован традиционный монокорпусный тип пассажирского судна с широким внедрением модульного принципа формирования внутреннего пространства жилого блока судна. Применение стандартных модульных кают позволяет в одном и том же корпусе варьировать в достаточно широком диапазоне пассажироместности судна за счет изменения набора модулей пассажирских кают различной площади (в зависимости от требуемого уровня комфортабельности судна).

При этом принципиальным является возможность кругового обзора, как главной особенности именно речных круизов (либо за счет солнечной палубы, либо за счет носового салона, либо за счет прогулочных галерей). В отличие от морских путешествий, интерес представляют виды с обоих бортов, тем более обычно речные путешественники берут билеты только в один конец и просто вид из окна (балкона) каюты недостаточен.

Для безопасного и ускоренного процесса эвакуации пассажиров могут быть использованы современные эвакуационные системы, состоящие из рукава и принимающей площадки (иногда посадка пассажиров может осуществляться напрямую на спасательное средство), на которую спускаются пассажиры во время эвакуации и с которой пассажиры перебегают на спасательные шлюпки и плоты.

Экипаж должен формироваться, исходя из автоматизации СЭУ, автоматизации палубных работ (автоматические якорно-швартовные лебедки), автоматизации процесса погрузки припасов и механизации процесса уборки палуб (моечные машинки и т.п.) и с учетом использования совмещения специальностей.

Новое поколение речных КС для отечественных ВВП, по нашему мнению, будет характеризоваться следующими особенностями:

1. По главным размерениям судов. Определяющим является наличие ограничений путей условий района эксплуатации судна (глубины, габариты судового хода, размеры гидротехнических сооружений и т.п.).

2. По архитектурно-конструктивному типу судов:

а) так называемые «плавучие гостиницы» с надстройкой по всей ширине судна без проходов по бортам (с устройством полноценных балконов/террас или «французских» балконов при каютах) – для КС, ориентированных на иностранных туристов. Верхняя «солнечная» палуба оборудуется бассейном и тентами от солнца;

б) с прогулочными галереями по бортам на всех палубах, обеспечивающими пассажирам круговой обзор достопримечательностей (такой

вариант на новых проектах применяется редко, далеко не каждому туристу приятно наличие случайных людей в непосредственной близости от окна его каюты);

в) с носовым обзорным салоном, также обеспечивающим обзор достопримечательностей с обоих бортов.

Применяется промежуточный вариант (для КС, ориентированных на российских туристов), который представляет собой в той или иной степени сочетающий упомянутых выше вариантов. Практически все новые КС, причем как морские, так и речные, за рубежом строятся с максимальным количеством балконов.

3. По планировке внутренних помещений судов: модульные принципы формирования, как жилых блоков в целом, так и самих каютных модулей (стандартные каюты) и вертикальное зонирование жилых и общественных помещений (рестораны, салоны и бары размещаются в отдельных вертикальных зонах от жилых помещений, над каютами пассажиров и экипажа не размещаются помещения, в которых может создаваться шум). Общая площадь составляет примерно 13-30 м², включая балкон/ «французский» балкон (как правило, каюты 2-х местные). Устройство ресторана с числом мест, равным числу пассажиров; конференц-зала, баров, интернет-салонов, детских комнат, салона красоты, сувенирного киоска, фитнес-центра, солярия на открытой солнечной палубе. Для людей с ограниченными возможностями – лифты, соединяющие все палубы; коммуникации и туалеты.

4. Применение составных судов, состоящих из секции с судовой энергетической установкой и ходовым мостиком и секции с жилыми и общественными помещениями. Суда этого типа не только обеспечивают более комфортные условия по уровням шума и вибрации, но и имеют широкие возможности по продлению эксплуатационного периода.

5. Для работы в условиях низкого надводного габарита (Москва река, Волхов, Дунай) оборудование судов подъемными и опускаемыми рулевыми рубками. Подъемные рулевые рубки в основном требуются для составных судов (кормовое расположение). Опускаемые рулевые рубки в основном для судов с сильным ограничением надводного габарита. Для опускаемых рулевых рубок применимы следующие положения относительно палубы – приподнятое, на уровне палубы, частично утопленное (до уровня окон рулевой рубки) и полностью опущенная рубка заподлицо с палубой (наблюдение ведется по приборам и визуально судоводителем из открытого люка в крыше рулевой рубки).

6. По пропульсивным установкам судов:

6.1. Классические трехвальные установки с гребными винтами.

6.2. Трехвальные установки с гребными винтами по бортам и винторулевая колонка (ВРК) в ДП.

6.3. Для двухвальных установок ВРК по бортам, существенно увеличивающие управляемость (безопасность) судов и позволяющие уменьшить размеры машинных отделений (повышение экономической эффек-

тивности судна из-за возможности использования высвобождающихся площадей под пассажирские помещения). Как правило, ВРК работают от дизель-электрической СЭУ.

6.4. Для судов с ограниченной осадкой – современные типы гребных колес.

7. По судовым энергетическим установкам актуальны следующие новые типы, существенно уменьшающие загрязнение окружающей среды и повышающие экономическую эффективность судна из-за возможности более рационального использования энергетических ресурсов:

7.1. Газовые двигатели, работающие на сжиженном природном газе (СПГ) и на компримированном природном газе (КПГ).

7.2. Гибридные двигатели (со встроенным компонентом электродвижения, как правило, актуальны на судах, предназначенных для круизов одного дня).

7.3. Системы, использующие в качестве вспомогательных источников энергии солнечную энергию.

В целом, выбор основных элементов речных КС определяется путевыми условиями [5] и стратегией туроператора, его позицией на рынке, приверженностью к тем или иным линиям и уровню комфортабельности [7] с учетом потребностей, склонностей и интересов пассажиров, для которых эти суда, собственно, и создаются.

Такой выбор, при всей его внешней субъективности, должен быть осуществлен из дискретного числа альтернатив, вполне объективно возникших на отечественном туристическом рынке как результат компромисса при выборе путевых ограничений и численности групп туристов (400-500 человек, 250-300 человек, 200-250 человек, 100-150 человек).

Особо следует выделить круизные суда повышенной комфортности (по сути, яхты) и суда для круизов одного дня (безкаютные). Часто такие суда вообще не относят к круизным судам в силу значительных отличий в подходах к пассажирской зоне и к ряду специальных вопросов (наличия дополнительных возможностей для водных видов активного отдыха и т.п.). В настоящей работе приведены примеры таких концептов Морского Инженерного Бюро (PV09 и PV01).

При проектировании новых судов однозначно следует исходить из заданного заказчиком уровня комфортабельности в виде количества условных звезд либо коэффициента комфортабельности, который будет служить регулирующим фактором эффективности будущего судна в виде функции определяющей потребные площади палуб и помещений, габаритные размеры судна, его пропульсивные характеристики, и, в итоге, – его экономическую эффективность.

В качестве критерия оценки проектной комфортабельности пассажирских судов можно применить пятизвездочную шкалу, неофициально используемую практически всеми туроператорами. Количество звезд увеличивается в соответствии с повышением уровня качества обслуживания и комфорта.

Коэффициент комфортабельности судна, необходимый для ввода его в формулы проектирования, может быть определен по методике А.А. Семина [7], основанной на подробном учете конструктивных особенностей каждого круизного судна (размещение пассажиров в каютах; номенклатура, местонахождение, конфигурация и вместимость пассажирских кают и общественных помещений; соотношения количества кают для пассажиров к общему количеству мест; удельная площадь каютного блока на одного пассажира; эстетичность и дизайн помещений; наличие устройств и систем, создающих благоприятные условия пребывания на судне, предоставление различных услуг и т.д.).

Главные размерения концептов круизных пассажирских судов выбираются, исходя из данных, представленных в таблице 1. Подробнее см. в работе [5].

Таблица 1

Сводная информация по главным размерениям речных КС

Класс судна		Габаритная длина L_M , м	Габаритная ширина B_M , м	Осадка d , м	Надводный габарит $H_{НГ}$, м
«Волго-Балт макс»		≤ 185	$\leq 16,95-20,1$	2,90-3,80	$\leq 13,2$
«Волго-Дон макс»		≤ 140	$\leq 17,0$	3,20-3,70	$\leq 14,0$
«ББК макс»		≤ 132	$\leq 13,63$	2,90-3,80	$\leq 11,9$ м*
«Дунай макс»	Дунай до Пассау	≤ 135	$\leq 13,40$	2,00-2,50	$\leq 6,7$
	Выше Пассау**	≤ 135	$\leq 11,45$	1,70-2,00	$\leq 6,03$
* если не ожидать разводки моста на 1330,6 км или 24 м, если проходить при разведенном пролете					
** включая сквозной проход до Северного моря (система Дунай-Майн-Рейн)					

Выбор класса Российского морского регистра судоходства (РС) или РРР для перспективных круизных пассажирских судов предполагал следующее:

- назначение классов по районам плавания в соответствии с планируемыми направлениями перевозок;
- определение ледовой категории в соответствии с накопленным опытом работы и тенденций к продлению навигационного периода, в том числе зимней эксплуатации;
- задание экономически обоснованного срока службы судна.

Поэтому для концепта «Волго-Дон макс» класса PV300VD с вы-

ходом в Каспийское, Азовское, Черное и Средиземное моря и для концепта «Дунай макс» класса с выходом в Черное, Азовское, Средиземное и Северное моря PV200D был назначен класс PC R2-RSN. Для концептов «ББК макс» класса PV200BB и PV09 с выходом в Белое море – класс PPP M-ПР 2,5.

Базируясь на накопленном опыте работы Морского Инженерного Бюро, для судов, предназначенных для работы в Азовском, Черном, Средиземном и Каспийском морях зимой (и/или в Балтийском, Белом и Северном морях летом) предполагается назначить класс ледовых подкреплений PC (Ice 1) или PPP (Лед 20-Лед 30), а для судов, предназначенных для работы в Балтийском, Белом и Северном морях зимой – PC (Ice 2) или PPP (Лед 40).

Требования к мореходным (класс «М») и ледовым качествам («лед 30») проектов PV500VB, PV300, PV08, PV06, PV150 определяются требованием прохождения Ладожским озером на маршруте круизов Москва – Санкт-Петербург. Требования к мореходным (класс «О») и ледовым качествам («лед 20») концепта PV250 определяются Волжскими водохранилищами.

Анализ подобных альтернатив позволил выстроить параметрический ряд круизных судов смешанного и внутреннего плавания, объективно востребованных отечественными судовладельцами и на его основе разработать в МИБ проекты новых судов.

Версия такой линейки новых проектов дана в таблице 2. В состав данной сетки проектов входят востребованные на современном рынке туристических услуг следующие основные классы речных круизных судов (причем рассматривались как суда внутреннего плавания, так и суда смешанного река-море плавания):

1. «Волго-Балт макс» класс (размеры определяются условиями Волго-Балтийского пути, пассажировместимость около 500 человек, проект PV500VB). Предполагает эксплуатацию на линиях, соединяющих порт Санкт-Петербург и порт Москва. Для варианта с классом смешанного плавания – возможность выхода в Финский залив, до портов Кронштадт и Выборг, а также Балтийское и Северное моря. Габариты и повышенная управляемость за счет полноповоротных винто-рулевых колонок и подруливающих устройств позволяют работать по Волге, вплоть до Астрахани.

Концепт круизного пассажирского судна PV500VB пассажировместимостью 518 человек предполагает эксплуатацию на линиях, соединяющих порт Санкт-Петербург и порт Москва, с возможностью выхода в Финский залив, до портов Кронштадт и Выборг, и на Балтийское и Северное моря.

Таблиця 2
Основные типоразмеры крупных судов, спроектированных Морским Инженерным Бюро

Отличительная особенность класса судна, номер проекта Морского Инженерного Бюро	Вид сборки, номер рисунка (см. таблицу 3)	Габаритные длина x ширина x высота борта, м	Пассажир-местность, чел.	Средняя площадь пассажирской каюты, м ²	Категория комфортабельности *	Скорость в эксплуатации км/ч	Класс Регистра
«Волго-Балт мазко» класс							
PV500VB	1	179,86×17,00×5,50	518	17,30	4*	22	✠ M-ГР 2,5 (плат 30) A
«Волго-Дон мазко» класс							
PV300VD	2	140,19×16,60×5,50	300	14,10	4*	22	KM ✠ IseI R2-RSN AUT1-ICS
PV300	3	138,90×16,80×5,00	300	15,70	4*	22	✠ M3,0 (плат 30) A
PV250	4	139,80×16,80×4,50	250	13,70	4*	22	✠ O 2,0 (плат 20) A
«Дунай мазко» класс							
PV200D	5	135,00×11,40×3,50	200	13,00	4*	22	KM ✠ IseI R2-RSN AUT3-ICS
«ББК мазко» класс							
PV200BB	6	114,00×13,60×4,00	200	14,50	4*	22	✠ M-ГР 2,5 (плат 30) A
PV09	7	95,80×13,80×3,80	36	37,50	5*	22,5	✠ M-ГР 2,5 (плат 20) A
Пассажирместностью 100-150 пассажиров							
PV150	8	98,50×16,40×4,00	150	14,00	4*	22	✠ M3,0 (плат 30) A
PV06	9	95,80×14,30×4,30	120	11,25	3*	22,2	✠ M3,0
PV08	10	90,10×14,76×4,00	112	15,30	4*	22	✠ M3,0
Круизы озера Дня							
PV01	11	45,08×14,05×2,82	250	-1	3*	20,4	✠ M-ГР 2,5

* – каюты на судне не предусмотрены проектом.

Архитектурно-конструктивный тип концепта PV500VB – стальное самоходное трехвинтовое (с полноповоротной винто-рулевой колонкой в ДП) судно с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с удлинённой надстройкой бака, надстройкой юта, со средним расположением четырехъярусной надстройки, с носовым расположением рулевой рубки, с машинным отделением в кормовой части.

Имеет следующие основные характеристики: класс PPP  М-ПР 2,5 (лед 30) А; длина габаритная 179,86 м; длина между перпендикулярами 176,0 м; ширина габаритная 17,00 м; ширина расчетная 16,80 м; высота борта 5,50 м; осадка наибольшая 3,20 м; высота габаритная от ОП 16,4 м; экипаж и обслуживающий персонал – 117 чел.; автономность по топливу – 15 суток, по прочим видам запасов – 10 суток.

Схема компоновки круизного судна в варианте пассажировместимости 518 чел. (97 стандартных двухместных кают площадью 15,5 м², 72 двухместных кают с французским балконом площадью 17 м², 64 двухместных кают с балконом площадью¹ около 17 м², 24 двухместных «Люкс» кают с балконом площадью¹ около 26 м² и 2 «Люкс» апартаментов с балконом площадью¹ 41 м² приведена на рисунке 1. Пассажировместимость судна может варьироваться в зависимости от установленных каютных модулей.

Каюты пассажиров размещаются в средней вертикальной зоне на 4-х ярусах надстройки и в корпусе на нижней палубе. Каюты капитана и комсостава располагаются на солнечной палубе рядом с рулевой рубкой. Размещение остальных 107 членов экипажа предусмотрено в корпусе в средней (жилой) вертикальной зоне. Каюты на верхней и солнечной палубах имеют собственные балконы со сдвижными секциями для обеспечения сквозного прохода по палубе в аварийных ситуациях. В носовой вертикальной зоне размещаются ресторан, панорамный театрально-музыкальный салон с баром и террасой, трансформируемые конференц-залы, камбуз, буфет, провизионные кладовые, кают-компания и салон отдыха для экипажа, помещения установок кондиционирования воздуха и обработки пресной воды. Кормовая вертикальная зона отведена под «24 часа» бар с террасой, гриль бар, видеосалон, библиотеку, магазины, бюро информации, детскую комнату, интернет-офис, сауну, парикмахерскую, СПА салон, массажную, тренажерный зал, кладовые, машинное отделение и помещение обработки сточных вод.

¹ Площадь без учета балконов

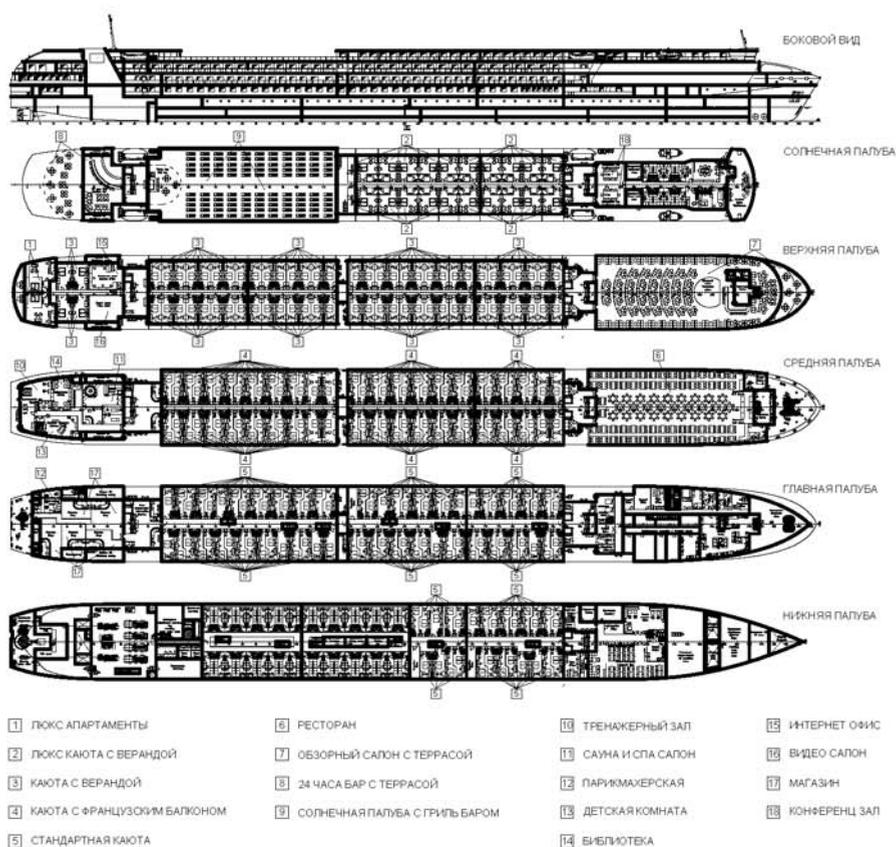


Рис. 1. Схема общего расположения круизного пассажирского судна «Волго-Балт макс» класса проекта PV500VB в варианте пассажировместимости 518 чел.

2. «Волго-Дон макс» класс (размеры определяются путевыми условиями Волго-Донского судоходного канала, пассажировместимость около 250-300 человек). Предполагает эксплуатацию на линиях, соединяющих порт Санкт-Петербург и порт Москва, по Волго-Донскому судоходному каналу с выходом в Азовское, Черное, Средиземное моря, по Волге с выходом в Каспийское море, так и по Волго-Балтийскому водному пути с выходом в Балтийское и Северное моря. В рамках общих представлений о классе судна были рассмотрены три проекта: PV300VD – с возможностью работы в морских условиях, PV300 – Ладога и Онега в разряде «М», PV250 – Ладога и Онега в разряде «О», с возможностью прохода по реке Волхов.

Архитектурно-конструктивный тип концепта PV300VD – стальное самоходное трехвинтовое судно с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с удлиненной надстройкой бака, надстройкой юта, со средним расположением четырехъярусной надстройки, с носовым расположением рулевой рубки, с

машинним отделением в кормовой части. Имеет следующие основные характеристики: класс PC KM  Icel R2-RSN AUT1-ICS; длина габаритная 140,19 м; длина между перпендикулярами 130,80 м; ширина габаритная 16,60 м; ширина расчетная 16,20 м; высота борта 5,50 м; осадка наибольшая 3,20 м; высота габаритная от ОП 17,2 м; экипаж и обслуживающий персонал – 76 чел.; автономность по топливу – 15 суток, по прочим видам запасов – 10 суток.

Схема компоновки круизного судна в варианте пассажировместимости 300 чел. (144 стандартные двухместные каюты площадью около 13 м², включая 4 каюты с дополнительными местами, + 6 кают «Люкс») приведена на рисунке 2. Пассажировместимость судна может варьироваться от 250 до 300 мест в зависимости от установленных каютных модулей (площадь стандартных кают от 18 до 13 м²).

Каюты пассажиров размещаются в средней вертикальной зоне на 4-х ярусах надстройки. Каюты «Люкс» имеют собственные балконы. Каюты капитана и старшего механика располагаются на тентовой палубе рядом с рулевой рубкой. Размещение остальных 74 членов экипажа предусмотрено в корпусе в средней (жилой) вертикальной зоне. В носовой вертикальной зоне размещается панорамный театрално-музыкальный салон с баром, трансформируемые конференц-залы, СПА салон с сауной, фитнес-центр, интернет офис, помещения установок кондиционирования воздуха и водоподготовки. Кормовая вертикальная зона отведена под ресторанный комплекс, размещающийся на двух ярусах, камбуз с провизионными кладовыми, машинное отделение.

Особый интерес представляет пассажирский барже-буксирный состав концепта PV250 (см. рисунок 3), который предполагает эксплуатацию судна на дальних круизных линиях Москва – Санкт-Петербург, Москва – Астрахань и Москва – Ростов-на-Дону с проходом Волго-Донским каналом, на водохранилищах и районах разряда «О».

Для уменьшения шума и вибрации концепт выполнен составным, состоящим из жилой секции и энергетической секции. При этом в зимний период жилая секция может самостоятельно выполнять функцию плавучей гостиницы с подключением энергии от берегового источника питания, в то время как энергетическая секция будет проходить межнавигационный ремонт и обслуживание.

Архитектурно-конструктивный тип концепта PV250 – стальное судно с трехъярусной жилой надстройкой, надстройками бака и юта, с кормовым расположением энергетической секции МО и подъемной рулевой рубкой, с пропульсивной установкой состоящей из 2-х ВРК с гребными винтами в насадках. Каюты пассажиров размещаются в средней вертикальной зоне жилой секции на 3-х ярусах надстройки и частично в корпусе. Каюты люкс имеют собственные балконы. В этой же зоне в корпусе размещены жилые помещения обслуживающего персонала экипажа. Палубы на всех ярусах имеют прогулочные галереи по бортам (как вариант, могут быть трансформированы в индивидуальные каютные балконы).

В носовой вертикальной зоне размещаются панорамный театрально-музыкальный салон с баром, трансформируемые конференц-залы, ресторанный комплекс, камбуз с провизионными кладовыми, помещения установок кондиционирования воздуха и обработки сточных вод. В энергетической секции размещаются, машинное отделение, каюты и общественные помещения команды, подъемная рулевая рубка.

3. «Дунай макс» класса (размеры определяются путевыми условиями реки Дунай и межбассейнового соединения Дунай-Майн-Рейн, пассажироместность около 200 человек PV200D). Предполагает эксплуатацию по внутренним водным путям России, а также по реке Дунай, с возможностью выхода в Азовское, Черное и Средиземное моря. Кроме того, предполагается эксплуатация по системе Дунай-Майн-Рейн (ДМР) с выходом в Северное море. Судно «Дунай макс» класса может эксплуатироваться на линиях судов «Волго-Балт макс», «Волго-Дон макс», «ББК макс».

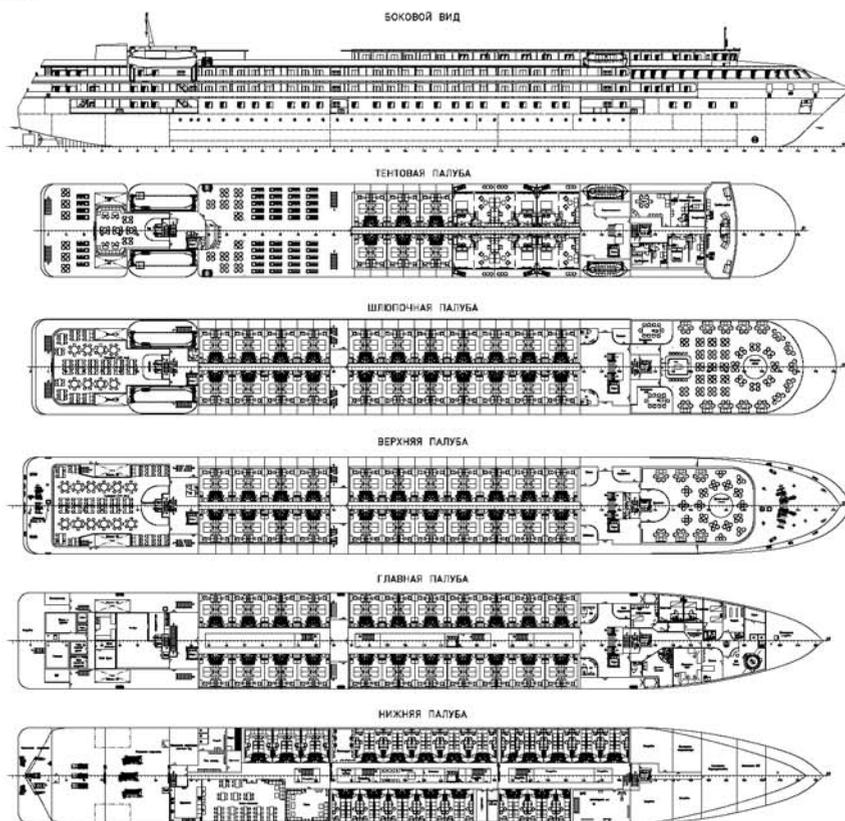


Рис. 2. Схема общего расположения круизного пассажирского судна проекта PV300VD «Волго-Дон макс» класса смешанного «река-море» плавания класса «R2-RSN» PC в варианте пассажироместности 300 чел.

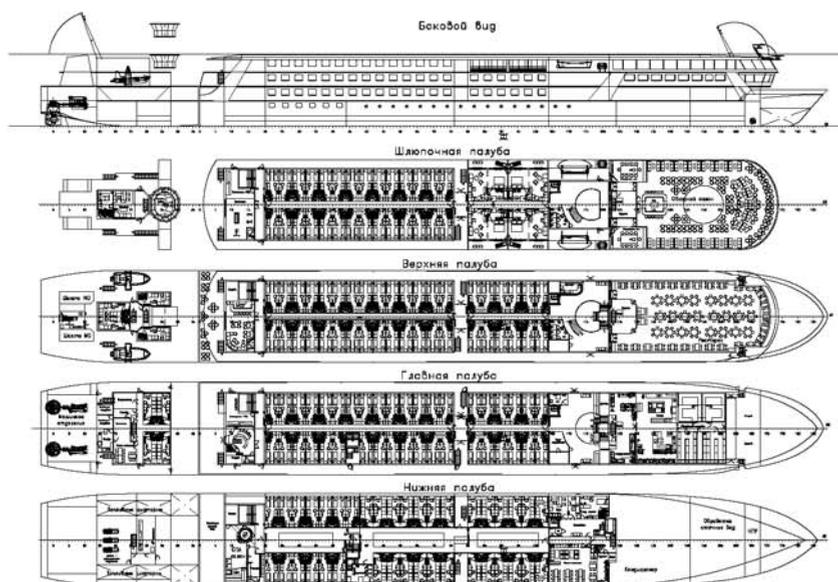


Рис. 3. Схема общего расположения речного составного круизного судна проекта PV250 класса «О» РРР в варианте пассажироместности жилой секции 250 чел.

Архитектурно-конструктивный тип концепта PV200D – стальное самоходное двухвинтовое судно с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с удлинённой надстройкой бака, надстройкой юта, со средним расположением двухъярусной надстройки, с носовым расположением рулевой рубки, с машинным отделением в кормовой части. Имеет следующие основные характеристики: класс РС КМ  Ice1 R2-RSN AUT3-ICS; длина габаритная 135,00 м; длина между перпендикулярами 129,80 м; ширина габаритная 11,40 м; ширина расчетная 11,00 м; высота борта 3,50 м; осадка наибольшая 2,10 м; высота габаритная от ОП 8,80 м; экипаж и обслуживающий персонал – 58 чел.; автономность по топливу – 10 суток, по прочим видам запасов – 10 суток.

Компоновка круизного судна в варианте пассажироместности 200 чел. включает 72 стандартные двухместные каюты площадью 13,0 м² плюс 16 стандартных двух/трех/четырёх местных кают площадью 11,0 м² плюс 2 каюты «Люк». Пассажироместность судна может варьироваться от 180 до 250 мест в зависимости от установленных каютных модулей (площадь стандартных кают от 18 до 11 м²).

Каюты пассажиров размещаются в средней вертикальной зоне на 2-х ярусах надстройки и в корпусе в средней (жилой) вертикальной зоне. Каюты экипажа располагаются на нижней палубе. В носовой части судна на верхней палубе имеются прогулочные галереи по бортам. Носовая вер-

тикальная зона отведена под ресторанный комплекс, размещаемый на двух ярусах, камбуз с провизионными кладовыми, кают-компанию. В кормовой вертикальной зоне размещается детская комната, трансформируемый конференц-зал, СПА салон с сауной, тренажерный зал, массажная, машинное отделение.

4. «ББК макс» класс (размеры определяются путевыми условиями Беломорско-Балтийского канала, пассажировместимость около 200 человек, проект PV200BB). Предполагает эксплуатацию на линиях, соединяющих порт Санкт-Петербург и порт Москва, порт Санкт-Петербург и порт Беломорск через Беломорско-Балтийский канал, с возможностью выхода в Белое море и на Соловецкие острова. Судно «ББК макс» класса может эксплуатироваться на линиях судов «Волго-Балт макс» и «Волго-Дон макс» классов.

При удержании осадки судна в пределах 1,40 м некоторые суда этого класса (концепт PV09) могут совершать круизы Москва – Нижний Новгород («малая кругосветка») и Москва – Уфа, т.е. работать в условиях реки Ока и реки Белая.

Архитектурно-конструктивный тип концепта PV200BB – стальное самоходное судно с двумя ВРК, с наклонным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с избыточным надводным бортом, с надстройкой полубака, со средним расположением трехъярусной надстройки, с носовым расположением рулевой рубки, с машинным отделением в кормовой части. Имеет следующие основные характеристики: класс PPP ✠ М-ПР 2,5 (лед 30) А; длина габаритная 114,00 м; длина между перпендикулярами 110,92 м; ширина габаритная 13,60 м; ширина расчетная 13,40 м; высота борта 4,00 м; осадка наибольшая 2,00 м; высота габаритная от ОП 11,8 м; экипаж и обслуживающий персонал – 58 чел.; автономность по топливу – 10 суток, по прочим видам запасов – 10 суток.

Компоновка круизного судна в варианте пассажировместимости 200 чел. включает 75 стандартных двухместных кают площадью 14,2 м², 16 стандартных двух/трех/четырёх местных кают площадью около 13,0 м² + 2 каюты «Люкс».

Каюты пассажиров размещаются в средней вертикальной зоне на 4-х ярусах надстройки. Каюты «Люкс» имеют собственные балконы. Каюта капитана располагается на шлюпочной палубе рядом с рулевой рубкой. Командный состав экипажа располагается в корпусе в средней (жилой) вертикальной зоне на нижней палубе (128-148 шп.). Размещение остальных 9 членов экипажа предусмотрено в корпусе в средней (жилой) вертикальной зоне на нижней палубе (53-86 шп.). Обслуживающий персонал в количестве 40 человек располагается в корпусе в средней (жилой) вертикальной зоне на нижней палубе (53-86 шп.). В носовой вертикальной зоне размещается фитнес-центр с сауной, обзорный салон, офисы, детская комната, помещения установок кондиционирования воздуха и обработки сточных вод. Кормовая вертикальная зона отведена под панорамный театрально-музыкальный салон с баром, трансформируемый в конференц-

залы, ресторанный комплекс, камбуз с провизионными кладовыми, машинное отделение. Тренажерный зал размещен на главной палубе.

5. Суда с пассажироместимостью 100-150 пассажиров.

Концепт PV08 («Александр Грин») подробно описан в публикации [1].

Концепт PV150 пассажироместимостью 100-150 человек предполагает эксплуатацию судна на круизных линиях Москва-Новгород Великий с переходами по Ладожскому и Онежскому озерам, мелководным рекам Волжского бассейна. Надводный габарит концепта ограничен для возможности прохода по реке Волхов.

Архитектурно-конструктивный тип концепта – стальное судно с трехъярусной жилой надстройкой, надстройками бака и юта, с кормовым расположением МО, с трехвальной пропульсивной установкой с гребными винтами, с носовым расположением рулевой рубки и со следующими характеристиками: длина габаритная 98,0 м; длина по ватерлинии 95,0 м; ширина габаритная 16,40 м; ширина расчетная 16,20 м; высота борта 4,00 м; осадка эксплуатационная 1,40 м (в районах «М» увеличивается за счет принятия водяного балласта); высота габаритная от ОП 12,0 м.

Некоторые суда класса при условии ограничения габаритов судна могут также совершать круизы Москва – Нижний Новгород (по река Ока) и Москва – Уфа.

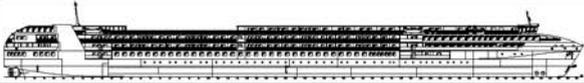
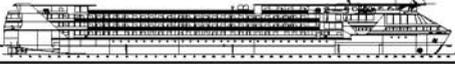
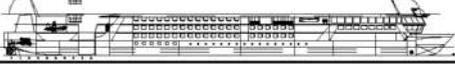
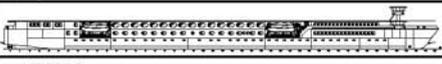
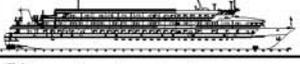
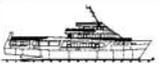
6. Суда для круизов одного дня (безкаютные). Представлены концептом PV01 на 250 пассажиров («Империя»), который был реализован в 2008 году и успешно работает на черноморском побережье России, осуществляя однодневные прогулки отдыхающих. Концепт PV01 – стальной трехпалубный двухвинтовой теплоход, с баком, без юта, с седловатостью и погибью палубы, со средним расположением рубки и кормовым – машинного отделения, одинарными бортами, с наклонным форштевнем и транцевой кормой. В трюме предусматриваются три каюты для размещения обслуживающего персонала (12 человек); на первом ярусе располагается ресторан, помещение для подогрева пищи, кладовые продуктов, прачечная и гримерная; на втором ярусе располагается ресторан и плавбассейн; на третьем ярусе располагается ходовой мостик и помещения для экипажа (5 человек).

Следует обратить внимание на то, что большинство пассажиров прогулочных рейсов в районе Берлина, Парижа, Лондона и Амстердама – местные и иностранные туристы. Появление Морского Фасада и введение безвизовых 72 часов для пассажиров морских КС, заходящих в Санкт-Петербург, обеспечило «взрывной» рост прогулочного флота Санкт-Петербурга. Смягчение визового режима для туристов и строительство гостиниц также сможет придать импульс развития судов для круизов одного дня как в Москве, так и в других российских городах на реках.

Схемы общих боковых видов предлагаемого ряда речных круизных судов МИБ приведены в едином масштабе в таблице 3.

Таблиця 3

*Схемы общих боковых видов
параметрического ряда круизных судов МИБ*

	Проект, максимальная пассажироместимость	Вид сбоку
«Волго-Балт макс» класс		
	PV500VB, 518 чел.	
«Волго-Дон макс» класс		
	PV300VD, 300 чел.	
	PV300, 300 чел.	
	PV250, 250 чел.	
«Дунай макс» класс		
	PV200D, 200 чел.	
«ББК макс» класс		
	PV200BB, 200 чел.	
	PV09, 36 чел.	
Пассажироместимостью 100-150 пассажиров		
	PV150, 150 чел.	
	PV06, 120 чел.	
0	PV08, 112 чел.	
Круизы одного дня		
1	PV01, 250 чел.	

ЗАО «ЦНИИМФ» под руководством заместителя директора, к.т.н. С.И. Буянова выполнил моделирование эксплуатационной деятельности основных классов судов из предлагаемой линейки.

При этом в расчеты закладывались следующие схемы эксплуатации:

1. Концепт PV500VB – эксплуатация судна на линии Санкт-Петербург – Москва.

2. Концепт PV300VD – используется комбинированная схема эксплуатации:

- в период с мая по октябрь выполнение рейсов на линии Москва – Санкт-Петербург;

- в конце навигации переход с туристами в Ростов-на-Дону (рейсы Москва – Самара, Самара – Ростов-на-Дону);

- переход судна с туристами на Красное море: Ростов-на-Дону – Ялта – Одесса – Стамбул (Турция), Стамбул (Турция) – Александрия (Египет);

- зимний период: выполнение рейсов в Красном море из порта Шарм-эль-Шейх.

3. Концепт PV200D – используется комбинированная схема эксплуатации:

- в период с мая по август выполнение рейсов на линии Санкт-Петербург – Москва;

- переход на внутренние водные пути Европы (р. Дунай): рейсы Москва – Самара, Самара – Ростов-на-Дону, Ростов-на-Дону – Ялта – Одесса, Одесса – Будапешт;

- с сентября по январь и с марта по апрель – выполнение рейсов на р. Дунай на линии Будапешт – Нюрнберг.

4. Концепт PV200BB – эксплуатация судна на Северо-Западе России на линиях Санкт-Петербург – Валаам – Кижы – Петрозаводск – Санкт-Петербург, Санкт-Петербург – Валаам – Санкт-Петербург, Санкт-Петербург – Кижы – Соловки – Москва.

Таким образом, предполагается, что круизные суда проектов PV500VB и PV200BB эксплуатируются только в период «летней» навигации – около 160 суток, а суда проектов PV300VD и PV200D эксплуатируются около 300 суток за счет перехода в районы с продленной (осенне-весенней) и круглогодичной навигацией.

Основные характеристики расчетных судов приведены в табл. 4.

Таблиця 4

Основные характеристики расчетных судов

Параметры	PV500V B	PV300V D	PV200D	PV200BB
Пассажировместимость, чел.	518	300	200	200
- кат. 1 (люкс апартаменты)	4	12	4	4
- кат. 1 (люкс пл. 26 м ²)	40	-	-	-
- кат. 1 (2-х местн. с балконом пл. 17 м ²)	136	-	-	-
- кат. 2 (2-х местн. с французским балконом пл. 17 м ²)	144	-	-	-
- кат. 2 (2-х местн. стандарт пл. 15 м ²)	194	-	-	-
- кат. 2 (2-х местн. стандарт пл. 14,2 м ²)	-	-	-	150
- кат. 2 (2-х местн. стандарт пл. 13 м ²)	-	288	144	-
- кат. 3 (2-х местн. пл. 13 м ²)	-	-	-	12
- кат. 3 (3-х местн. пл. 13 м ²)	-	-	-	18
- кат. 3 (4-х местн. пл. 13 м ²)	-	-	-	16
- кат. 3 (2-х местн. пл. 11 м ²)	-	-	6	-
- кат. 3 (3-х местн. пл. 11 м ²)	-	-	18	-
- кат. 3 (4-х местн. пл. 11 м ²)	-	-	28	-
Численность экипажа, чел.	20	18	18	18
Численность обслуж. персонала, чел.	97	58	40	40
Эксплуатационная скорость судна, км/ч	20,0	20,0	20,0	20,0
Валовая вместимость	11 600	8 900	3 400	4 800
Мощность главных двигателей, кВт	3 600	3 000	1 740	1 560
Расход топлива, т/сут.				
- тип топлива	ТТ 380	ТТ 380	ДТ	ДТ
- на ходу	14,1	9,8	7,6	7,0
- на стоянке	6,0	3,5	2,7	2,7
Автономность плавания, сут.				
- по топливу	15	15	10	10
- по запасам	10	10	10	10

При расчете экономики было учтено, что суда будут зарегистрированы в Российском международном реестре судов (РМРС). Регистрация судов, работающих в каботаже, в РМРС стала возможной после принятия

Федерального Закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией мер по поддержке российского судостроения и судоходства» от 07.11.2011 г. № 305-ФЗ (далее – закон о поддержке судостроения и судоходства). Соответственно, тарифы страховых взносов для плательщиков, производящих выплаты членам экипажей судов, зарегистрированных в РМРС, составляют 0,0 %. Также из состава амортизируемого имущества исключаются основные средства, зарегистрированные в Российском международном реестре судов. В результате из состава расходов исключаются страховые взносы и амортизационные отчисления, а также суда освобождаются от налогов на прибыль, на имущество и транспортного налога. В структуре расходов присутствуют платежи в РМРС: регистрационный и ежегодный.

Доходы формировались за счет выручки от продажи билетов на круизы, расходы – исходя из себестоимости содержания судов и ходового и стояночного времени, а также дополнительных расходов по обслуживанию туристов в рейсе (питание, экскурсионная программа в местах стоянок, развлекательная программа на борту судна и т.п.).

Расчеты показателей экономической эффективности выявили, что для судов PV500VB, PV300VD, PV200D проектный срок окупаемости составил от 10,7 до 13,8 лет, для судна PV200BB – около 33 лет (см. таблице 5).

Для судов PV300VD, PV200D данный результат обусловлен продолжительным периодом эксплуатации (около 300 суток).

Судно PV500VB, несмотря на строительную стоимость на 70 % большую, чем у судна PV200BB, выигрывает за счет значительно большей пассажироместимости. Еще одним существенным фактором является то, что судно PV500VB эксплуатируется на тяжелом топливе, а PV200BB – на дизельном.

Таблица 5

*Оценка показателей экономической эффективности
эксплуатации пассажирских круизных судов*

Показатели	PV500VB	PV300VD	PV200D	PV200BB
Навигационный период	161	326	291	158
Межнавигационный период	204	39	74	207
Доходы	260 130,00	257 174,00	220 364,00	97 270,00
Расходы	110 621,68	162 890,14	128 888,54	68 308,54
Годовой финансовый результат	149 508,32	94 283,86	91 475,46	28 961,46
Ежегодный платеж в Российский международный реестр судов	134,36	115,19	45,08	60,76
Чистая прибыль	149 373,96	94 168,67	91 430,38	28 900,70

Продолжение табл. 5

Показатели	PV500VB	PV300VD	PV200D	PV200BB
Инвестиции:	1 600 077,00	1 300 070,25	1 050 041,96	950 048,12
Стоимость судна	1 600 000,00	1 300 000,00	1 050 000,00	950 000,00
Регистрационный взнос в Российский международ- ный реестр судов	77,00	70,25	41,96	48,12
Срок окупаемости, лет	10,7	13,8	11,5	32,9

Источник: [ЗАО «ЦНИИМФ»]

Заключение. Полученные результаты могут использоваться как база для качественной оценки привлекательности рассмотренных концептов, так как оценка производилась, исходя из использования судовладельцем собственных денежных средств.

Соответственно, особое внимание на себя обращают концепты круизных судов «Волго-Балт макс» (PV500VB) и «Волго-Дон макс» (PV300VD) класса, которые обеспечивают наиболее экономически оправданные решения для постройки судов нового поколения.

По оценке специалистов ОАО «Московское речное пароходство», при ставке по кредитам в 6 % годовых, срок окупаемость проекта PV500VB составит около 20 лет.

В действительности, сами судоходные компании не имеют достаточного объема собственных денежных средств, а российские банки не выделяют дешевые и длинные кредиты на строительство речного флота.

В этих условиях, система лизинга речных судов на принципах софинансирования со стороны государства, банков и заказчиков судов, включая государственные субсидии на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам и лизинговым платежам, является наиболее действенным механизмом решения задач постройки нового пассажирского флота.

Таким образом, решение актуальной задачи обновления социально значимого, экологически чистого и безопасного пассажирского речного флота возможно только с привлечением государственных инвестиций.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимов К.О., Егоров Г.В. Как сохранить российские речные круизы? // *Морская Биржа*. – 2012. – № (41). – С. 24-34.
2. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
3. Егоров Г.В. Анализ опыта европейских речных круизов и его влияние на новое поколение отечественных пассажирских судов // *Морской вестник*. – 2012. – № 3(43). – С. 23-28.
4. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Исследование надежности и безопасности существующих речных пассажирских круизных судов // *Труды НТК по СМК памяти акад. Ю.А. Шиманского*. – СПб: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2011. – С. 28-29.
5. Егоров Г.В., Ильницкий И.А. Определение главных размерений судов ограниченных районов плавания на основе анализа путевых условий // *Вісник ОНМУ*. – Одеса: ОНМУ, 2007. – Вип. 22. – С. 20-39.
6. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Калугин Я.В. Принципы проектирования корпусов круизных пассажирских судов для европейской части ВВП России // *Труды НТК по СМК памяти акад. Ю.А. Шиманского*. – СПб: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2011. – С. 30-31.
7. Семин А.А. Влияние комфортабельности на выбор главных размерений пассажирских круизных судов внутреннего и смешанного плавания // *Вісник ОНМУ*. – Одеса: ОНМУ, 2005. – Вип. 17. – С. 39-45.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2013

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

УДК 69.05:658.562:728.1

В.А. Гришин

МОРСКИЕ ИСКУССТВЕННЫЕ ОСТРОВА
(ЧАСТЬ 2)

Приведены некоторые исторические и современные природные сведения о морях Украины.

Ключевые слова: море, гидрологические, гидрографические, геологические, геоморфологические, метеорологические условия.

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

Ключові слова: море, гідрологічні, гідрографічні, геологічні, геоморфологічні, метеорологічні умови.

Some historical and modern natural data on the seas of Ukraine are resulted.

Keywords: sea, hydrological, hydrographic, geological, geomorphological, meteorological conditions.



Данная статья является продолжением работы [1], в которой намечено кратко, описать состояние морей Украины. В дальнейшем, опираясь на этот вспомогательный материал, будут исследованы вопросы возможного и рационального строительства искусственных островов на этих морях.

При проектировании и возведении искусственных островов на море необходимо учитывать большое количество естественных условий места их строительства. К ним в первую очередь относятся гидрографические, гидрологические, геологические, геоморфологические и метеорологические факторы. Рассмотрим наиболее важные из них.

Вначале немного истории. На рисунке 1 приведена современная карта рельефа дна Черного и Азовского морей. Но несколько десятков миллионов лет тому назад на этом месте существовало громадное море, которое называлось по имени дочери бога Нептуна как Тетис. Оно состояло из западной части, которая включало современное Средиземное море, и восточной части, которая содержало современные Мраморное, Черное, Азовское, Каспийское и Аральское моря. Примерно 13 миллионов лет тому назад при образовании Альпийских гор эти две части были разделены сушей. Восточная часть стала представлять собой замкнутое Сарматское море без выхода в океан. Около 8-ми миллионов лет тому назад в результате эволюционных изменений образовалось Понтическое море, которое включало в себя современное Черное и Каспийское моря. Примерно через 5 миллионов лет в результате поднятия суши произошло разделение этого моря на Меотическое, связанное с океаном, и замкнутое Каспийское. 20 тысяч лет назад на месте современного Черного моря возникло пресноводное Новоевксинское озеро-море, т. е. связь с океаном была утеряна. Сильнейшее землетрясение, происшедшее 8 тысяч лет назад разделило сушу. Возник современный пролив Босфор, и море снова соединилось с океаном. Огромные массы соленой средиземноморской воды устремились в котлован Черного моря, следствием чего стало катастрофическое повышение его уровня почти на 100 метров. Это в свою очередь привело к затоплению обширной шельфовой зоны (в общей сложности 100 тыс. км²) и образованию Азовского моря. Такой приток соленой воды вызвал гибель огромного количества пресноводных обитателей. Их погибло так много, что разложение остатков их организмов в глубине моря, лишенной кислорода, создало тот первоначальный запас сероводорода, который продолжает существовать до сих пор. В настоящее время происходит подъем воды в Черном море на 20-25 см в столетие.



Рис. 1. Карта рельефа дна Черного и Азовского морей

Современное Черное море является одним из самых крупных и глубоких внутренних морей, его обмен водой с Атлантическим океаном через проливы Босфор и Дарданеллы (Сцилла и Харибда в греческой мифологии) затруднен, ввиду их малых размеров, поэтому в Черном море нет приливов и отливов. Черное море занимает собою поверхность около 411540 км^2 , а его объем составляет 492565 км^3 воды.

Максимальная глубина Черного моря равна 2210-2258 м. Длина его береговой линии (без лиманов), относящаяся к Украине составляет 1330 км. Украинским является самый большой полуостров Крым, а также острова Змеиный и Березань и наиболее крупные заливы: Одесский, Каркинитский, Каламитский и Феодосийский. Сравнительно небольшая глубина моря северо-западного пологого шельфа (например, на расстоянии 100 км от берега глубина не превышает 30 м), имеющего ширину 190 км, занимающего 16 % акватории моря (68390 км^2) и 0,7 % объема его вод (3555 км^3), в образовании которого принимают участие выносимые наносы самых крупных впадающих в море рек (Дунай, Днепр, Днестр и Южный Буг), которые приносят в морские воды более 296 км^3 речных вод, является наиболее подходящим местом для строительства искусственных островов. К другим, менее обширным шельфовым областям Черного моря Украины относятся: Керченско-Таманский (шириной до 50 км) и часть южного побережья Крыма от мыса Херсонес до мыса Ай-Тодор (шириной до 30 км).

Водный баланс Черного моря составляют атмосферные осадки (230 км^3 в год), материковый сток (310 км^3 в год), поступление воды из

Азовского моря (30 км^3 в год), испарение воды с поверхности моря (-360 км^3 в год) и вынос воды через пролив Босфор (-210 км^3 в год). Уровень Черного моря на 4-5 метров выше среднего уровня Атлантического океана, благодаря этому формируется верхнее течение, направленное из Черного моря через пролив Босфор. Толща воды Черного моря подразделяется на три слоя: верхний, средний и нижний-сероводородный. Более подробно с этим и другими темами можно ознакомиться в работе [2]. Верхний слой до глубины 40-60 метров, подвержен сезонным колебаниям температуры в среднем у поверхности: от 7 градусов Цельсия зимой и до 24 летом. Средний слой простирается от глубины 40-60 до 100-150 метров. Его температура составляет 6-8 градусов круглый год. Глубина верхней границы сероводородного заражения Черного моря неравномерна. В срединной части моря она составляет 80-100 метров, а у берегов Крыма – 150 метров. Далее сероводород насыщает воду до самого дна моря. Сероводородная зона Черного моря необитаема. В такой, лишенной кислорода воде не могут жить организмы, кроме некоторых бактерий. Часть объема Черного моря представляет собой гигантский резервуар, наполненный не только сероводородом, но и метаном, который образуется, скорее всего, в процессе деятельности микроорганизмов, но также возможно, что он выделяется со дна моря.

Азовское море является внутренним морем Атлантического океана, расположенное в пределах Украины и России. Его площадь равна 39 тыс. км^2 , средняя глубина 4-7 м, а максимальная – 15 м. Уровень глубины 5 метров в среднем расположен в 2 километрах от берега. Дно моря очень ровное, лишь от песчаных кос простираются отмели. Керченским проливом Азовское море соединено с Черным морем. В море впадает река Дон и Кубань, а также другие небольшие реки. В северо-восточной части море образует далеко вдающийся в сушу, мелководный, Таганрогский залив, вытянутый в восточном направлении почти на 75 миль. На западе расположен сильно осолоненный мелководный залив Сиваш, отделенный от моря песчано-ракушечной пересыпью под именем Арабатская стрелка и связанный с морем проливом Тонкий. Керченский пролив ограничен высокими берегами, в нем расположены Камыш-Бурунская и Керченская бухты, а также обширный Таманский залив. Местами от берегов пролива выступают песчаные косы, из которых наибольшими являются Тузла и Чушка.

Из гидрологических факторов наиболее важным является морское волнение, показанное на рисунке 2. Известно, что высота волн зависит от глубины моря, чем оно глубже, тем выше волны. Большинство работ на море могут производиться при волнении до 2 баллов (высоты волн до 0,75 м), а отсыпка песка, щебня и камня может выполняться при волнении до 4 баллов (высота волн до 2 м). Разрушение берега обычно наступает при воздействии на него волн высотой 0,5 м. Максимальная высота волн на Черном море равна 7 м, но на северо-западном шельфе она не превышает 2-3 м. Следовательно, в этом отношении шельф наиболее благоприятен

для строительства искусственных островов. В мелком Азовском море возникают очень крутые волны высотой до 3 м.

Воды Черного моря почти никогда не замерзают, но иногда на непродолжительное время покрывается льдом северо-западная его часть под Одессой. Так в очень суровую зиму, в январе 1911 г., лед в 60 см толщиной, правда, на короткое время покрыл всю площадь от Одессы до мыса Тарханкута и острова Фидониси. У Геродота есть сведения, что в 5 веке до Рождества Христова лед покрыл Понт Евксинский (гостеприимный) от Херсонеса до Пантикапеи, а византийские летописцы сообщают о замерзании всего Понта Евксинского в 401 г. и 762 г. после Рождества Христова.

Азовское море покрывается льдом каждый год, но время его появления и занимаемое им пространство очень непостоянны. Так, самое раннее появление льда в Таганрогском заливе отмечалось в конце октября, а в Керченском проливе – в конце декабря. Самое позднее очищение ото льда происходит в конце апреля в Темрюкском заливе и Керченском проливе, затем в начале мая освобождается ото льда юго-западной части моря, куда обычно господствующими ветрами сгоняется плавучий лед. В суровые зимы большая часть моря покрыта сплошным или очень сплоченным плавучим льдом, но иногда оно замерзает полностью. В мягкие зимы открытое море обычно остается свободной ото льда и только в феврале покрывается плавучим льдом.

На рис. 3 показана схема поверхностных течений Черного моря.

В схеме течений Чёрного моря выделяются два огромных замкнутых круговорота с длиной волны 350-400 км. В честь океанолога Николая Книповича, который первым описал эту схему, её назвали «Очки Книповича». По схеме течений на глубине моря пока единого мнения нет. Следует отметить, что у берегов Дубая на начальной стадии строительства морских искусственных островов не были учтены подводные течения, и это привело их к размыву и опусканию. Средняя скорость течений верхнего слоя воды Черного моря показана на рисунке 4.

В прибрежной зоне Черного моря преобладают грубообломочные отложения: галька, гравий, песок. С удалением от берега их сменяют мелкозернистые пески и алевриты. В северо-западной части Чёрного моря на шельфе широко распространены ракушечники, для склона и ложа морской впадины характерны илы. Дно Азовского моря представляет собой мелководную равнину, в основном состоящую из суглинков, покрытых морскими осадками. Только у берегов широкой полосой залегают песчаные грунты с примесью ракушки, а скалистый грунт встречается лишь у южного берега моря.



Рис. 2. Волны на море

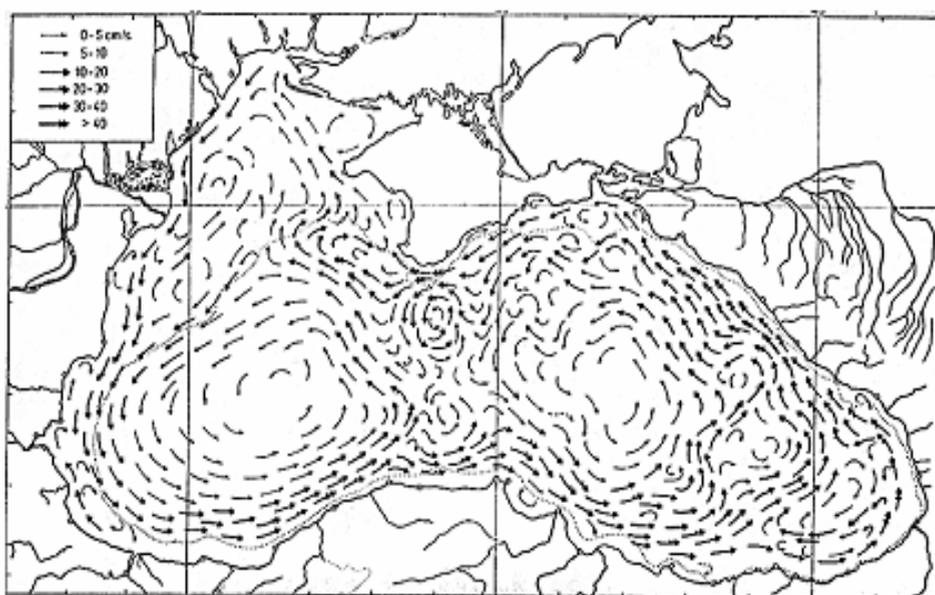


Рис. 3. Схема поверхностных течений Черного моря

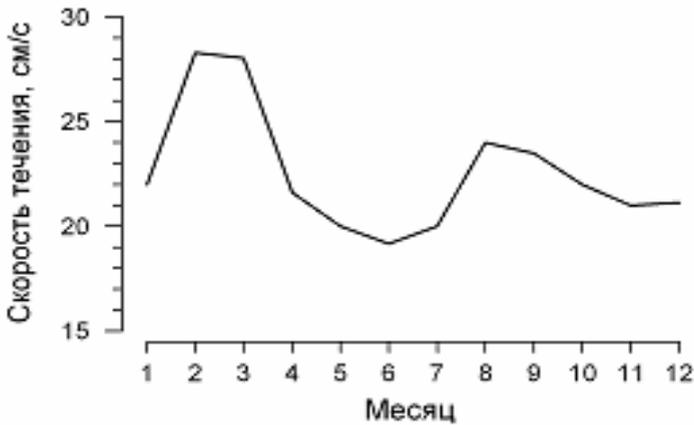


Рис. 4. Сезонний хід середньої швидкості течій в Чорному морі в шарі 0-100 м по даним інструментальних вимірювань в 1955-1983 гг.

Середня температура январа в северной части Чёрного моря составляет $+2^{\circ}\text{C}$, но может опускаться и до -5°C . На территориях, прилегающих к Южному берегу Крыма зима гораздо мягче: температура редко опускается ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Снег, тем не менее, периодически выпадает в северных районах моря. Средняя температура июля на севере моря равна $25-27^{\circ}\text{C}$. Максимальные температуры не столь высоки благодаря смягчающему действию водного объема моря и обычно не превышают $+37^{\circ}\text{C}$. Значительное влияние на погоду над Чёрным морем оказывает Атлантический океан, над которым зарождается большая часть циклонов, приносящих на море плохую погоду и бури. Юго-западными ветрами обычно в черноморский регион приносятся тёплые и достаточно влажные средиземноморские воздушные массы. Для большей части территории моря характерна тёплая влажная зима и жаркое сухое лето.

В осенне-зимнее время на Азовское море воздействует отрог сибирского антициклона. Это обуславливает ярко выраженное преобладание северо-восточных и восточных ветров со средней скоростью $4-7\text{ м/с}$. Усиление интенсивности этого отрога вызывает сильные, до штормовых, ветры, сопровождающиеся резким похолоданием. Среднемесячная температура воздуха в январе составляет -2°C — -5°C , однако во время северных и северо-восточных штормов она понижается до -25°C и ниже. В весенне-летнее время на Азовское море воздействует отрог азовского максимума. Для этого периода характерно преобладание маловетреной, безоблачной и теплой погоды. Ветры неустойчивы по направлению, их скорость незначительна ($3-5\text{ м/с}$). Часто наблюдается полный штиль. Весной над морем возникают средиземноморские циклоны, которые сопровождаются юго-западными ветрами со скоростью $4-6\text{ м/с}$. Прохождение атмосферных фронтов вызывает грозы и кратковременные ливни. Летом воз-

дух над морем сильно прогревается, в июле среднемесячная температура воздуха равна 23-25 °С. Среднее годовое количество осадков составляет от 340 до 500 мм. Причем наименьшее их количество выпадает в центральных районах моря с апреля по октябрь, а в западном и юго-западном районах с ноября по март.

Ветер непосредственно влияет на циркуляцию и перемешивание вод и на тепловой и водный баланс. Стандартные регулярные наблюдения за ветром на береговых станциях показывают, что для юго-восточного побережья моря и Южного берега Крыма характерны слабые ветры (среднегодовая скорость ветра <3 м/с). В западной и северо-западной части моря, а также вблизи Керченского пролива наблюдаются более сильные ветры (среднегодовая скорость ветра >4 м/с). Для черноморского побережья на рисунке 5 показан ход скорости ветра за период 1961-1990 гг.

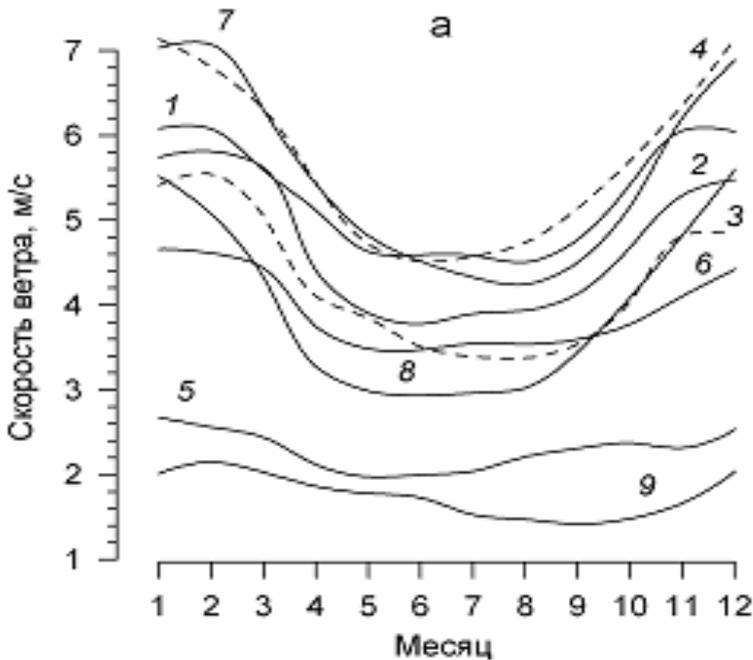


Рис. 5. Сезонный ход скорости ветра, м/с: а – по данным береговых станций за период 1961–1990 гг.: 1 – Одесса; 2 – Черноморское; 3 – Евпатория; 4 – Херсонесский маяк; 5 – Ялта; 6 – Феодосия; 7 – Анапа; 8 – Туапсе; 9 – Батуми

Прозрачность воды Черного моря в прибрежье редко превышает 7 метров; исключением являются южные берега Крыма, где даже летом, прозрачность воды достигает 15-20 метров.

Избыток пресных вод в Азовском море, вызванный речным стоком и осадками, а также ограниченным поступлением более соленых черноморских вод через нижнее течение в Керченском проливе обуславливают низкую соленость вод этого моря. Она примерно в 1,5 раза ниже солености черноморских вод и почти в 3 раза ниже солености океанских вод. Пространственное распределение солености характеризуется значительным ее уменьшением в восточной части Таганрогского залива и на взморье Кубани и повышенной соленостью в районе, прилегающем к Керченскому проливу. Поле солености в Черном море формируется балансом пресных вод и водообменом через нижнее течение пролива Босфор. Превышение поступления пресной воды с речного стока и от осадков над испарением приводит к относительно низкому содержанию солей в сравнении с 18 промилле (грамм соли в литре), это почти вдвое меньше, чем соленость поверхностных вод Мирового океана. Поле солености на поверхности моря во многом определяется речным стоком и атмосферными осадками. Так пониженная соленость характерна для северо-западного шельфа (реки Дунай, Днепр и Днестр). На Керченско-Таманском шельфе и юго-восточном побережье Крыма определенное влияние на понижение солености до 12-15 промилле оказывает приток вод из Азовского моря. Соленость вод растет с глубиной от 18 промилле на поверхности моря до 22,33 промилле у дна.

Остановимся на экологических проблемах морей Украины. Побережье Чёрного моря и бассейн рек, впадающих в него, являются районами с высоким антропогенным воздействием и плотно заселёнными человеком ещё с античных времён. Экологическое состояние Чёрного моря в целом неблагоприятное. Основным международным документом, регулирующим вопросы охраны Чёрного моря, является Конвенция о защите Чёрного моря от загрязнения, подписанная шестью черноморскими странами – Болгарией, Грузией, Россией, Румынией, Турцией и Украиной в 1992 в Бухаресте (Бухарестская конвенция). Также в июне 1994 года представителями Австрии, Болгарии, Хорватии, Чешской Республики, Германии, Венгрии, Молдавии, Румынии, Словакии, Словении, Украины и Европейского союза в Софии была подписана Конвенция о сотрудничестве по защите и устойчивому развитию реки Дунай, стоки которой наиболее загрязняют море. Как результат указанных соглашений, были созданы Черноморская комиссия (Стамбул), и Международная комиссия по охране реки Дунай (Вена). Данные органы выполняют функцию координации природоохранных программ. Ежегодно 31 октября во всех странах Черноморского региона отмечается Международный день Чёрного моря.

Всего в Черное море попадает 350 км^3 речной воды в год. Земная поверхность, с которой реки собирают эту воду, как показано на рисунке 6, в 5 раз больше площади самого Черного моря.



Рис. 6. Водосборный бассейн Черного моря

В северо-западную часть Черного моря с речным стоком поступает более 80 % загрязняющих морскую среду веществ (минеральные удобрения, органические вещества, нефтепродукты, промышленные отходы). Значительный вклад в формирование загрязнения моря приходится на сбросы с промышленных предприятий, муниципальные сточные воды, ливневые и дождевые стоки с береговой прибрежной водосборной зоны и загрязнение морских вод в результате судоходства.

Например, за период 2001 года в пределах Украины в Черное море было сброшено следующее количество сточных вод:

- без очистки – 2,6 млн. м³;
- недостаточно очищенных – 56,1 млн. м³;
- нормативно чистых – 162,7 млн. м³;
- нормативно чистых без очистки – 197,4 млн. м³.

В результате этих сбросов у Черное море поступило 5,9 тыс. тонн взвешенных веществ и 3,7 тыс. тонн органических веществ БПК₅. За последние пять лет на Украине наметилась четкая тенденция снижения объемов сбрасываемых в Черное море возвратных вод: объем сбросов без очистки снизился почти в 2 раза, а недостаточно очищенных на 40 %.

Самыми загрязненными нефтью и нефтепродуктами является западная часть моря, на которую приходится наибольший объем танкерных перевозок, а также акватории 20 морских портов и 7 судоремонтных заводов. Как следствие, это приводит к гибели морских животных, попавших в нефтяные пятна, а также загрязнению атмосферы за счёт испарения нефти и нефтепродуктов с поверхности воды. В прибрежной части Украины расположен 21 приморский город и около 35 поселков городского типа. От неразумной деятельности объектов коммунального хозяйства

населенных пунктов в морские воды поступает значительная часть загрязняющих веществ.

Обратимся к рисунку 7, на котором еще раз изображена модель котлованов Черного и Азовского морей [2].

На нем хорошо видны шельфовые зоны, принадлежащие Украине. Это наиболее крупный северо-западный шельф, мелководное Азовское море и другие, более мелкие шельфы, как Керченско-Таманский и часть южного побережья Крыма. В настоящее время человечество начинает интенсивно осваивать моря для добычи на них различных полезных ископаемых. Это нефть, газ, металлы и другие ценные материалы, которые имеются на шельфах Украины. Для их добычи строятся буровые вышки и искусственные острова, рисунок 8. Шельфы, имеющие малые глубины, к которым относятся перечисленные выше, являются стартовыми площадками для этой цели. Другим важным направлением, использования шельфов, является создание на них искусственных островов для строительства различных предприятий. К ним относятся различные заводы с вредным производством, аэродромы, атомные станции и другие, нежелательные на суше сооружения, рисунок 9. Третьим направлением является строительство на искусственных островах, возведенных на шельфе, жилых зданий, гостиниц для отдыха и культурных и туристических комплексов, рис. 10.

Моря Украины, как показано выше, имеют обширные мелководные шельфы, которые удобны и экономичны для возведения на них сооружений различного назначения, в том числе и искусственных островов.

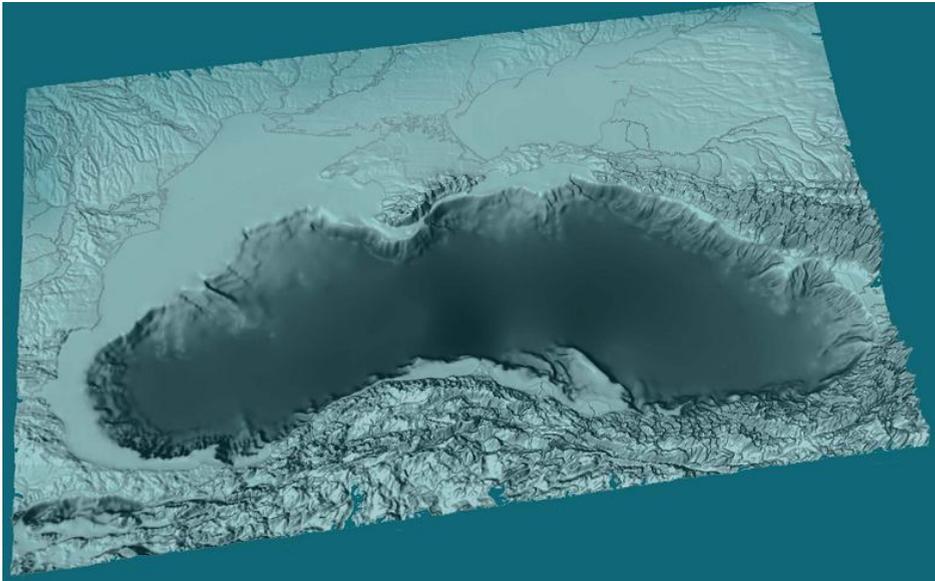


Рис. 7. Котлованы Черного и Азовского морей



Рис. 8. Буровая платформа на шельфе



Рис. 9. Промышленное предприятие на искусственном острове



Рис. 10. Проект искусственного острова в Авазе

Последние могут использоваться как долговременные стационарные сооружения для бурения нефтегазопромысловых скважин, добыче, хранения и переработке различных полезных газовых, жидких и твердых ископаемых. На них могут возводиться жилые, туристические, культурные и промышленные объекты. Они могут также использоваться для разведения, выращивания и переработке водорослей, моллюсков и ценных пород рыб.

Следующие статьи автора будут посвящены расчетам конструкций, которые должны обеспечить надежное состояние искусственных морских островов от действия различных природных явлений.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гришин В.А. Морские искусственные острова (Ч. 1) // Вісник ОНМУ. – № 36. – 2012. – С.54 .
2. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь. – 2011. – 209 с.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2012

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

УДК 627.33:624.046

М.П. Дубровский, Н.Н. Хонелия, Н.В. Кострец

**К ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ
«ПРИЧАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ-ГРУНТОВАЯ СРЕДА»**

Рассмотрены результаты исследований на основе расчетной модели, которая устанавливает влияние допредельных характеристик грунта на отпорную способность оснований.

Ключевые слова: боковое давление, предельное и допредельное напряженное состояние, грунтовая среда, несущая способность.

Розглянуто результати досліджень на основі розрахункової моделі, яка встановлює вплив дограничних характеристик ґрунту на відпорну здатність основ.

Ключові слова: бічний тиск, граничний та дограничний напружений стан, ґрунтова середовище, несуча здатність.

Results of researches based on the new calculation model are presented. The model determines influence of soil sublimit characteristics on reactive capacity of the soil foundations.

Keywords: lateral pressure, bearing capacity, sublimit and limit stressed state, soil media.

Постановка проблемы. Правильная оценка надежности грунтовых оснований является одним из главных факторов при проектировании и в дальнейшем при строительстве причальных гравитационных сооружений. Повышение надежности оснований причальных сооружений зависит от создания усовершенствованных методов расчета их отпорной (несущей) способности, позволяющих с необходимой степенью точности отразить реальные условия взаимодействия рассматриваемых сооружений с грунтовой средой.

В настоящее время методы расчета оснований, которые применяются при проектировании причальных сооружений гравитационного типа, например изложенные в работах [1, 2], не учитывают в грунтовом основании, взаимодействующем с подошвой сооружения, наличие и трансформацию зон предельного и допредельного напряженного состояния.

Предложение об учете допредельных характеристик грунта основания, оказывающих существенное влияние на величину отпорной способности, было сделано Ю.К. Зарецким [3] на основе выполненных экспериментальных исследований.

Таким образом, современный уровень оценки работы причальных сооружений гравитационного типа связан с разработкой методов расчета [4, 5], которые позволяют определить отпорную способность оснований в рамках модели смешанного напряженного состояния под подошвой сооружения и вокруг нее.

Следует отметить, что важнейшим фактором, который влияет на оценку отпорной способности грунтовых оснований причальных сооружений гравитационного типа и во многом определяет характер работы системы «сооружение-основание», являются величина и характер нагрузок, действующих на сооружение, в том числе и нагрузка от бокового давления грунта.

Цель работы. Для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «причалное сооружение гравитационного типа – грунтовая среда» с учетом особенностей работы сооружения и грунтовой засыпки выполнено численное моделирование рассматриваемой системы в широком диапазоне нагрузок от бокового давления грунта засыпки.

Изложение основного материала. Для рассматриваемых сооружений характерны два этапа взаимодействия с грунтовой засыпкой: этап возведения, включающий устройство обратной засыпки, и этап эксплуатации, при котором на сооружение воздействует эксплуатационная нагрузка q .

Схема причального сооружения гравитационного типа, взаимодействующего с грунтовой засыпкой, для этапа его эксплуатации показана на рис. 1.

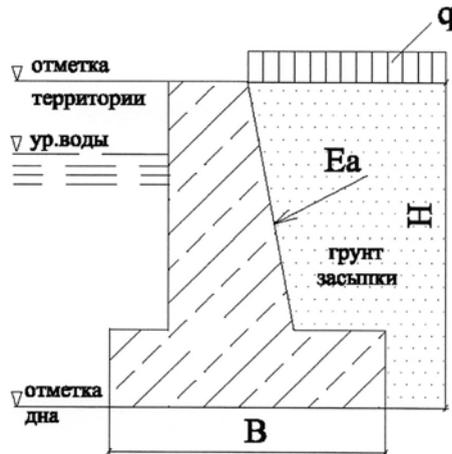


Рис. 1. Схема причального сооружения гравитационного типа:
 H – высота сооружения; B – ширина подошвы сооружения;
 Ea – активное давление грунта засыпки; q – эксплуатационная
равномерно-распределенная нагрузка

На первом этапе возведения сооружения распорное боковое давление от действия обратной засыпки уменьшается от начального (максимального) значения, соответствующего давлению покоя E_0 до минимального значения, соответствующего активному давлению Ea (рис. 2). Распорное давление обратной засыпки обусловлено действием ее собственного веса при отсутствии поверхностной эксплуатационной нагрузки q .

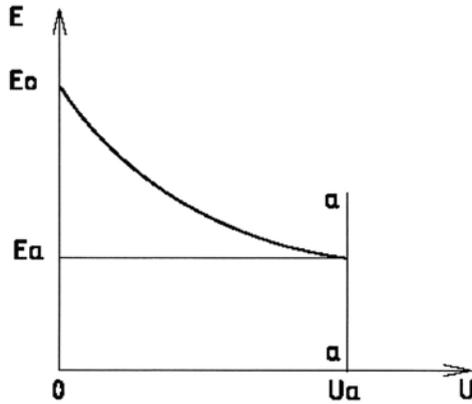


Рис. 2. Зависимость распорного бокового давления грунта засыпки E от смещения сооружения U на этапе его возведения:
 a – a граница достижения активного давления грунта E_a

В работе рассматривается второй этап взаимодействия сооружения с грунтовой засыпкой (этап эксплуатации), при котором по мере приложения и увеличения интенсивности равномерно-распределенной нагрузки q значения активного давления грунта засыпки будут увеличиваться от E_a до E_{np} (рис. 3); соответственно будет происходить мобилизация отпорной способности основания под подошвой сооружения и вокруг нее. Здесь E_{np} – величина активного давления, соответствующая предельной равномерно-распределенной нагрузке q_{np} , превышение которой приводит к потере устойчивости подпорной стенки.

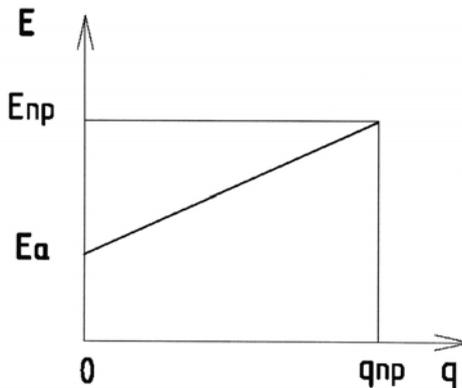


Рис. 3. Зависимость бокового давления грунта засыпки E от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки q

Следует отметить, что в эксплуатационной стадии начальным состоянием системы «сооружение-грунтовая среда» считается отсутствие поверхностной эксплуатационной нагрузки q , когда на подпорную стенку действует только активное (т.е. минимальное распорное) давление Ea обратной засыпки позади тыловой контактной грани стенки. В этом состоянии устойчивость сооружения обеспечивается балансом сдвигающих (от активного давления Ea) и удерживающих (за счет реактивного сопротивления грунтового основания, находящегося в допредельном напряженном состоянии) сил.

По мере приложения и увеличения эксплуатационной нагрузки q будут расти как сдвигающие силы (за счет увеличения значения активного давления Ea), так и реакция основания (за счет появления и развития в нем зон предельного напряженного состояния). Этот процесс может продолжаться до достижения в грунтовом основании сооружения предельной несущей способности (когда весь грунт, взаимодействующий с подошвой сооружения, переходит в предельное напряженное состояние). Дальнейший рост внешней нагрузки может привести к потере устойчивости подпорной стенки вследствие исчерпания несущей способности грунтового основания.

Рост равномерно-распределенной нагрузки q приводит к увеличению активного давления грунта засыпки. Этот процесс сопровождается трансформацией областей предельного и допредельного напряженных состояний грунта основания, при которой увеличиваются размеры первых и сокращаются размеры вторых. На рис. 4 показан пример трансформации рассматриваемых зон по мере увеличения нагрузки q .

При трансформации зон предельного напряженного состояния грунта основания 1, 2, 3 и 4, которые проходят через точки контактной грани подошвы сооружения (соответственно по ширине b_{1e} , b_{2e} , b_{3e} и b_{4e}), их границы опускаются вниз, оставаясь параллельными вследствие постоянства угла ϑ_e . Границы зон предельного напряженного состояния грунта основания 1, 2, 3 и 4 в области выпора, расположенной за подошвой сооружения, опускаются вниз, оставаясь параллельными вследствие постоянства угла $45^\circ - \varphi_e/2$. Границы зон предельного напряженного состояния грунта основания 1, 2, 3 и 4 в промежуточной области (зона Прандтля), очерчиваемой по логарифмической спирали, опускаются вниз вследствие постоянства угла θ_e , где θ_e – угол раствора логарифмической спирали рассматриваемой области.

Одновременно с этим, границы зон допредельного напряженного состояния 1', 2', 3' и 4' под подошвой сооружения изменяют наклон к горизонту от угла ϑ'_1 до значений ϑ'_2 , ϑ'_3 и ϑ'_4 по мере увеличения активного давления в интервале значений от Ea до Enp .

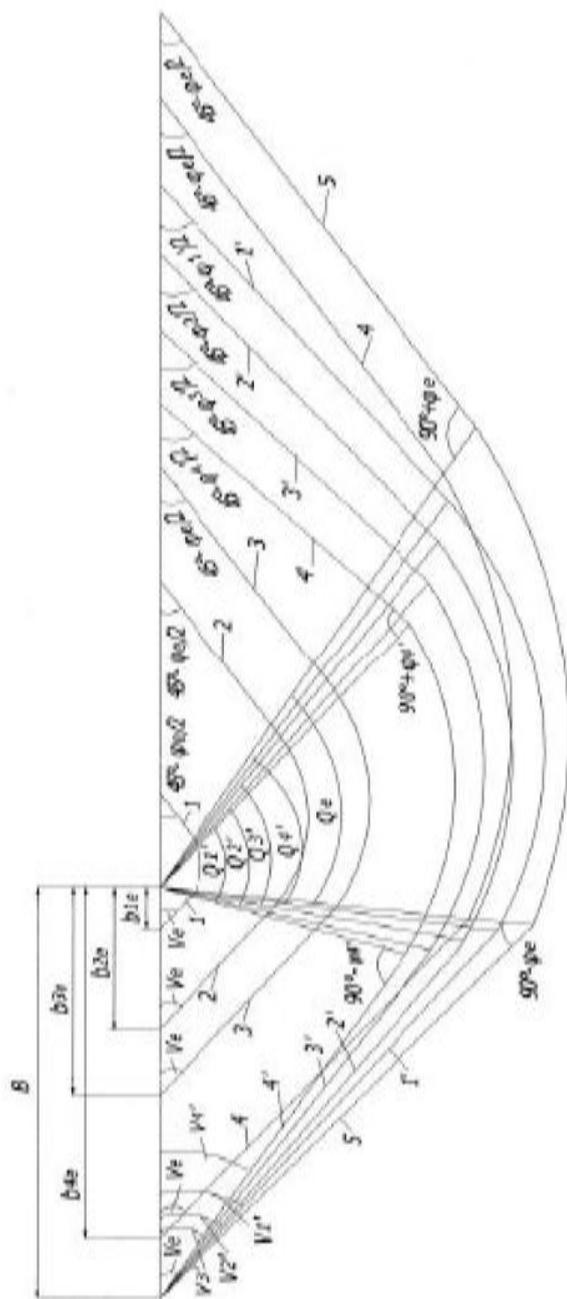


Рис. 4. Трансформація зон передельного і допередельного напруженого состояний ґрунтя освоюється:

1' – границя зони допередельного напруженого состояння ґрунтя освоюється при сполученні
 дрівлення 1;
 2, 2'; 3, 3'; 4, 4' – границі зон передельного і допередельного напруженого состояння ґрунтя
 освоюється по мере росту експлуатаційної навантажки q ; 5 – границя прилеглих при досягненні
 передельної опірної спроможності ґрунтя освоюється

Границы зон допредельного напряженного состояния 1', 2', 3' и 4' в области выпора, расположенной за подошвой сооружения, изменяют наклон к горизонту от угла $45^\circ - \varphi_1'/2$ до значений $45^\circ - \varphi_2'/2$, $45^\circ - \varphi_3'/2$ и $45^\circ - \varphi_4'/2$ в соответствии с рассмотренным интервалом значений активного давления. Границы зон допредельного напряженного состояния 1', 2', 3' и 4' в промежуточной области, очерчиваемой по логарифмической спирали, изменяют угол от значения θ_1' до значений θ_2' , θ_3' и θ_4' .

Применение предложенной модели для оценки влияния активного давления грунта Ea на трансформацию рассматриваемых зон напряженного состояния грунта основания в интервале нагрузок $[0; qnp]$ позволило определить характер поверхностей скольжения и размеров допредельных зон напряженного состояния в начальной стадии формирования предельных зон. Как показано на рис. 5, рост равномерно-распределенной нагрузки q в рассматриваемом интервале $[0; qnp]$ в момент формирования зон предельного напряженного состояния сокращает размеры зон допредельного напряженного состояния (1', 2', 3', 4') и изменяет очертание границ поверхностей скольжения. Такой процесс продолжается до тех пор, пока ширина зоны предельного напряженного состояния под подошвой сооружения не достигнет величины $be = B$.

На основе разработанной расчетной модели выполнены исследования системы «причальное сооружение - основание» в интервале эксплуатационных нагрузок $[0; qnp]$ и соответствующих значений активного давления грунта засыпки $[Ea; Enp]$, некоторые качественные результаты которых показаны на рис. 6.

Зависимости отпорной способности грунтового основания, представленные на рис. 6, показывают, что в промежутках между крайними значениями давлений Ea и Enp :

- предельная составляющая отпорной способности основания Ne возрастает от нуля при активном давлении грунта за стенкой сооружения Ea до отпорной способности Nnp , соответствующей некоторой величине активного давления Enp , которая соответствует величине qnp ;

- допредельная составляющая отпорной способности основания N' уменьшается от отпорной способности Na , соответствующей активному давлению грунта Ea до нуля;

- результирующая отпорная способность грунта основания N , равная векторной сумме предельной и допредельной составляющих, увеличивается от отпорной способности Na , соответствующей активному давлению грунта за стенкой Ea , до отпорной способности, соответствующей величине давления Enp , при которой объем зоны предельного напряженного состояния грунта основания максимален.

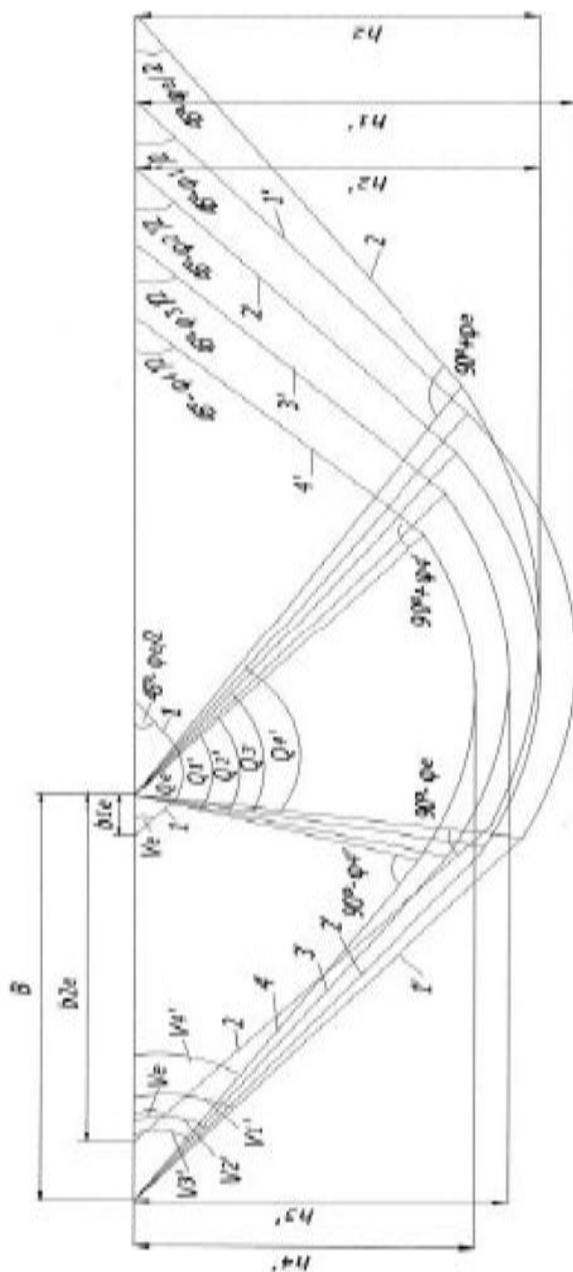


Рис. 5. Трансформація зон допредельного напруженого стану ґрунта основанія с ростом рівномірно-распределенной напруги q ; 1' – границя зони допредельного напруженого стану ґрунта основанія в початковій стадії образования границы зони предельного напруженого стану 1; 2; 3; 4' – границы зон допредельного напруженого стану ґрунта основанія по мере роста эксплуатационной напруги q ; 2 – зона предельного напруженого стану ґрунта основанія при $h_e \rightarrow B$

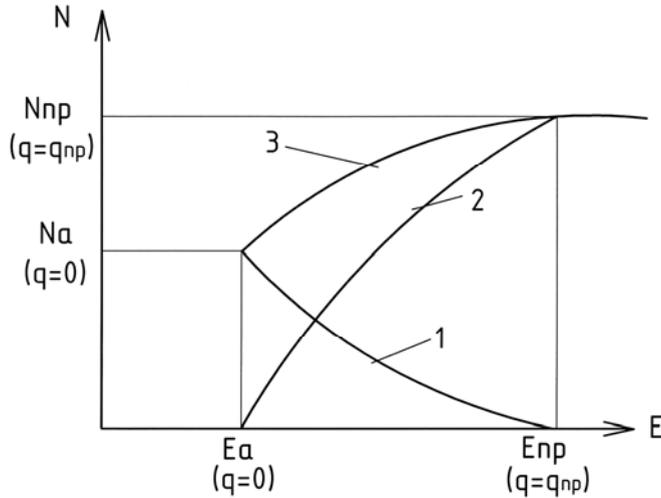


Рис. 6. Зависимости отпорной способности грунтового основания в интервале давлений грунта засыпки $[E_a; E_{np}]$:

- 1 – допредельная составляющая отпорной способности грунта основания N' ; 2 – предельная составляющая отпорной способности грунта основания N_e ;
3 – результирующая отпорная способность грунта основания N

Выводы. Рассмотрена модель системы «причалное сооружение-грунтовая среда», применение которой позволяет получить величины отпорной способности грунтового основания в широком диапазоне нагрузок от бокового давления грунта для условий эксплуатации сооружения. Областью практического применения выполненных исследований может стать проектирование, строительство новых и усиление существующих причальных сооружений, а также анализ технического состояния эксплуатируемых сооружений, включающих в свой состав жесткие подпорные стенки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Яковлев П.И. Несущая способность оснований портовых сооружений. – М.: Транспорт, 1978. – 207 с.
2. Малышев М.В., Савенков А.С., Елизаров С.А. Развитие областей предельного состояния грунта в основании квадратного штампа // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1991. – № 2. – С. 15-17.
3. Зарецкий Ю.К. О несущей способности песчаных оснований фундаментов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2006. – № 3. – С. 2-8.

4. Хонелия Н.Н. Исследование несущей способности оснований портовых гидротехнических сооружений // Вестник ОГАСА. – Одесса: Изд-во ОГАСА, 2011. – № 7. – С. 141-153.
5. Дубровский М.П., Хонелия Н.Н. Определение силы бокового давления связного грунта на подпорные стенки при смешанном напряженном состоянии // Известия Вузов. Строительство. – 1997. – № 3. – С. 27-31.
6. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 46 с.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2013

Рецензент – доктор технічних наук, професор, завідуючий лабораторією «Дослідження конструкцій гідротехнічних споруд» ЧорноморНДІпроекту **М.Б. Пойзнер**

УДК 621.876.1:624.042.8

Н.Ф. Зубко

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИНАМИЧНОСТИ
В ЭЛЕМЕНТАХ КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ**

Исследовано влияние на динамические нагрузки в упругих связях крановых механизмов с электрическим приводом частотного управления или гидравлическим приводом типичных законов изменения ускорений в процессе пусков и торможений. Применительно к рассмотренным законам получены математические зависимости для определения коэффициентов динамичности с учётом свойств механизма и параметров переходного процесса. Предложена формула прогнозирования максимальных значений коэффициентов динамичности с целью формирования эквивалентных циклов нагрузки в элементах крановых механизмов при производстве перегрузочных работ.

Ключевые слова: прогнозирование, динамические нагрузки, грузоподъёмные краны.

Досліджено вплив на динамічні навантаження в пружних зв'язках кранових механізмів з електричним приводом частотного управління або гідравлічним приводом типових законів зміни прискорень в процесі пусків і гальмувань. Стосовно до розглянутих законів отримано аналітичні залежності для визначення коефіцієнтів динамічності з урахуванням властивостей механізму і параметрів перехідного процесу. Запропонована формула прогнозування максимальних значень коефіцієнтів динамічності з метою формуванні еквівалентних циклів навантаження в елементах кранових механізмів при виконанні перевантажувальних робіт.

Ключові слова: прогнозування, динамічні навантаження, вантажопідйомні крани.

Investigation of the influence of typical laws of changing of accelerate in the process of start and braking of crane mechanisms with electric drive of control by frequency or with hydraulic drives on dynamic loads in the elastic elements is regarded. Mathematical expressions for definition of dynamic coefficients with taking into account of the properties of mechanisms and parameters of transition process are received. The formula for forecasting of maximal values of such coefficients will be forming of the cycles with the equivalent loading of elements of crane mechanisms at performance of cargo handling works is proposed.

Keywords: forecasting, dynamic loads, load-lifting cranes.

Введение. Благодаря большому объёму теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в области динамики механических систем, в том числе металлоконструкций и механизмов грузоподъёмных кранов, созданы достаточно точные методики и компьютерные программы расчёта динамических нагрузок при проектировании машин. Вместе с тем, многообразие условий и режимов последующей эксплуатации в большинстве случаев со временем вызывает заметные отклонения реальных показателей их качества, в частности показателей надёжности, от расчётных значений. Значения части показателей надёжности, например среднюю наработку на отказ или коэффициент готовности, при определённых условиях удаётся сохранить и даже повысить в процессе эксплуатации машины. Значительно труднее поддерживать в требуемых пределах показатели долговечности основных несущих элементов металлоконструкции и узлов рабочих механизмов, в первую очередь определяющих безопасность использования машины. Поэтому, в частности, для ряда грузоподъёмных кранов нормативными документами установлены сроки службы, по истечении которых обязательно экспертное обследование технического состояния и проведение расчётов остаточного ресурса крана с целью обоснования возможности его дальнейшей эксплуатации и срока следующего экспертного обследования. Эти расчёты, кроме многих других данных, требуют прогнозирования параметров эквивалентного нагрузочного цикла крана с учётом его конструкции, привода механизмов, системы управления, видов грузов, технологии работ и иных факторов.

Постановка задачи. Одним из важнейших составляющих параметров эквивалентного нагрузочного цикла крана, необходимого для расчёта его остаточного ресурса, является динамическая нагрузка при пусках механизмов в процессе работы крана с различными грузами. В практике расчётов эту нагрузку принято выражать через её отношение к статической нагрузке, например от силы тяжести груза, называемое коэффициентом динамичности $k_d(t)$. Прогнозирование значений этого коэффициента для заданных режимов технологической эксплуатации кранов - основная задача предлагаемого исследования.

Результаты исследования. Современные системы электропривода с частотным регулированием и гидропривода крановых механизмов позволяют обеспечивать достаточно благоприятные законы управления в отношении динамических нагрузок в их упругих связях. Из анализа тахограмм рабочих циклов кранов с указанными системами привода следует, что при наличии предпусковой ступени для выборки зазоров в трансмиссиях и слабины грузовых канатов скорость механизмов при пусках нарастает до максимального значения по S-образной кривой с плавными сопряжениями (рис. 1, кривая $v(t)$).

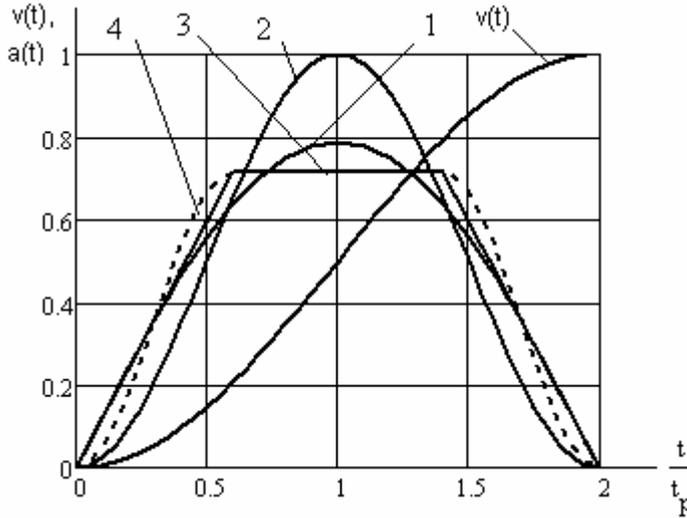


Рис. 1. Графики скорости и ускорений, принятые для анализа динамических нагрузок. Номера графических зависимостей ускорений соответствуют формулам (1), (2), (3), (4)

Заметим, что предупредительная ступень для выборки слабину грузовых канатов (зазоров в сопряжениях) также как и применение электрического торможения предусматривается на всех современных кранах, а также при модернизации более ранних моделей. Форма кривой убывания скорости при торможении подобна форме кривой её возрастания при пуске.

Представленному на рис. 1 характеру нарастания скорости $v(t)$ соответствуют несколько законов изменения ускорения $a(t)$ и, следовательно, избыточного усилия $P_{изб}(t) = m_{np} a_i(t)$, (m_{np} – суммарная приведенная масса движущихся элементов механизма), которые оказывают различное влияние на величину динамических нагрузок при работе кранов.

Ниже приведен анализ нагрузок в упругих элементах механизмов для четырёх возможных законов управления $a(t)$, рис. 1, соответствующих рассматриваемому характеру нарастания скорости в период переходных процессов. При этом вследствие относительной краткости этих процессов массы движущихся элементов механизмов полагаются неизменными.

Рассмотрены следующие зависимости параметра управления $a_i(t)$:

- синусоида

$$a_1(t) = \frac{v_y \pi}{2t_p} \sin\left(\frac{\pi t}{t_p}\right) \quad (1)$$

- косинусоида

$$a_2(t) = \frac{v_y}{t_p} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{t_p}\right) \right]. \quad (2)$$

- прямолинейная трапеция

$$a_3(t) = a_{31}(t) + a_{32}(t) + a_{33}(t). \quad (3)$$

В формуле (3)

$$\begin{aligned} a_{31}(t) &= \left[\frac{v_y}{t_p(1-\lambda\tau)} \right] \frac{t}{t_n} \quad \text{для} \quad t < t_n, \\ a_{32}(t) &= \frac{v_y}{t_p(1-\lambda\tau)} \quad \text{для} \quad t_n < t < (t_p - t_n), \\ a_{33}(t) &= \left[\frac{v_y}{t_p(1-\lambda\tau)} \right] \frac{t}{t_n} \quad \text{для} \quad (t_p - t_n) < t < t_p; \end{aligned}$$

- трапеция с плавными сопряжениями

$$a_4(t) = a_{41}(t) + a_{42}(t) + a_{43}(t), \quad (4)$$

при этом

$$\begin{aligned} a_{41}(t) &= \frac{v_y}{2t_p(1-\lambda\tau)} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi t}{t_n}\right) \right] \quad \text{для} \quad t < t_n \\ a_{42}(t) &= \frac{v_y}{t_p(1-\lambda\tau)} \quad \text{для} \quad t_n < t < (t_p - t_n) \\ a_{43}(t) &= \frac{v_y}{2t_p(1-\lambda\tau)} \left[1 - \cos\left(\frac{\pi(t_p - t)}{t_n}\right) \right] \quad \text{для} \quad (t_p - t_n) < t < t_p. \end{aligned}$$

В формулах (1), (2), (3), (4) и их составляющих приняты следующие условные обозначения:

t – текущее время;

t_p – время разгона механизма до установившейся скорости v_y ;

T – период собственных колебаний системы в упругом звене, связывающем приведенные массы;

t_n – время нарастания ускорения $a(t)$ до значения $\max a(t)$, (избыточного усилия двигателя до значения $\max P_{i\text{изб}}(t)$), для законов (3) и (4);

λ – отношение времени t_n к периоду собственных колебаний системы, $\lambda = t_n / T$;
 $\tau = T / t_p$ – отношение периода собственных колебаний системы к времени разгона механизма.

Рядом исследований, в частности приведенных в работах [1, 3], установлено, что с достаточной точностью расчёт максимальных динамических нагрузок в механизмах грузоподъёмных кранов и многих других машин можно выполнять на основе двух массовых расчётных схем с постоянными массами, коэффициентами жёсткости упругих звеньев и силами статического сопротивления. В этом случае, например нагрузка в канатах грузовой лебёдки крана $F(t)$, определяется зависимостью [2]

$$F(t) = G[(1 - \cos(kt)) + F_0 \cos(kt) + \frac{\partial F_0}{\partial t} \sin(kt) + \frac{c}{m_1 k} \int_0^t P_{изб}(u) \sin k(t-u) du, \quad (5)$$

где G – сила тяжести груза;

t – текущее время;

u – промежуточная переменная интегрирования;

m_1 – масса движущихся элементов механизма, приведенная к концам канатов, сбегающих с грузового барабана; m_2 – масса груза;

$P_{изб}(t)$ – избыточный момент двигателя в период пуска механизма;

F_0 – начальная нагрузка в канатах в момент изменения закона управления в процессе пуска механизма (см. управления (3) и (4));

c и k – соответственно, коэффициент жёсткости канатной подвески груза и основная частота собственных колебаний.

При этом

$$P_{изб}(t) = (m_1 + m_2) a_i(t), \quad k = \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)c}{m_1 m_2}} \quad \text{и} \quad T = \frac{2\pi}{k}. \quad (6)$$

Избыточное усилие двигателя $P_{изб}(t)$ должно обеспечивать разгон механизма до установившейся скорости v_y за заданное время t_p , то есть на основании первой зависимости (6) должно отвечать условию

$$\int_0^{t_p} P_{изб}(t) dt = (m_1 + m_2) \int_0^{t_p} a_i(t) dt = v_y. \quad (7)$$

При анализе рабочих циклограмм кранов в процессе их эксплуатации или экспертных обследований достаточно легко определяются длительности отдельных операций, скорости их реализации и продолжительности пусков и торможений. Поэтому коэффициент динамичности в

упругом звене, в данном случае в грузовых канатах, $k_d(t) = F(t) / G$, из уравнений (5) и (7) после ряда несложных преобразований целесообразно выразить формулой

$$k_d(t) = 1 - \cos(kt) + k_d(0) \cos(kt) + \frac{\partial k_d(0)}{\partial t} \sin(kt) + \frac{v_y b}{g t_p} k \int_0^t \beta(u) \sin k(t-u) \partial u. \quad (8)$$

В этой формуле обозначены: $k_d(0)$ - начальное значение коэффициента динамичности для рассматриваемого этапа движения; g - ускорение силы тяжести; b и $\beta(u)$ - соответственно коэффициент и промежуточная функция, получаемые из решения условия (7) для рассматриваемых функций $a_i(t)$.

При предварительном натяжении канатов в начальный момент времени движения груза, то есть при $t = 0$, $k_d(0) = 1$ и формула (8) принимает вид

$$k_d(t) = 1 + \frac{v_y b}{g t_p} k \int_0^t \beta(u) \sin k(t-u) \partial u. \quad (9)$$

Значения коэффициента b и функции $\beta(u)$ для рассматриваемых законов управления приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициента b и функции $\beta(u)$
для рассматриваемых законов управления $a(t)$

Коэффици- циенты	Номера формул $a_i(t)$			
	1	2	3	4
b	$\frac{\pi}{2}$	1	$\frac{1}{(1-\lambda\tau)\lambda T}$	$\frac{1}{2(1-\lambda\tau)}$
$\beta(t)$	$\sin\left(\frac{\pi t}{t_p}\right)$	$1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{t_p}\right)$	t	$1 - \cos\left(\frac{\pi t}{\lambda T}\right)$

Как следует из формулы (9) и формул (табл.1) коэффициент динамичности прямо пропорциональный среднему ускорению $a_{cp} = v_y / t_p$ и нелинейно зависит от относительных величин λ и τ .

Графически зависимости коэффициента динамичности k_d при значениях параметров $v_y = 1,5$ м/с, $t_p = 1,5$ с, $k = 16$, $T = 0,39$ с, $\lambda = 0,76$ и

$\tau = 0,26$ для рассматриваемых законов управления показаны на рис. 2. Зависимости получены в результате решений уравнения (9) с учётом формул, приведенных в табл. 1.

Максимальные значения коэффициента k_d , соответствующие рис. 2, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Максимальные значения коэффициента динамичности $k_d(t)$

Номера формул	$a_i(t)$	1	2	3	4
	$\max k_d(t)$	1,188	1,214	1,158	1,179

Как следует из табл. 2 наименьшее значение $\max k_d$ имеет место при трапецеидальном законе изменения ускорения (3). Однако, из-за наличия электрической постоянной времени электродвигателей и демпфирующих свойств гидродвигателей его реализовать не возможно. Практически при разгоне до номинальной скорости (основные операции рабочего цикла) выполняется трапецеидальный закон (4) со скруглёнными стыками сторон. В этом случае, при неизменных значениях τ и λ , коэффициент динамичности несколько увеличивается по причине увеличения максимума интенсивности нарастания ускорения, то есть второй производной по скорости (см. форму боковой стороны трапеции 4 на рис.1).

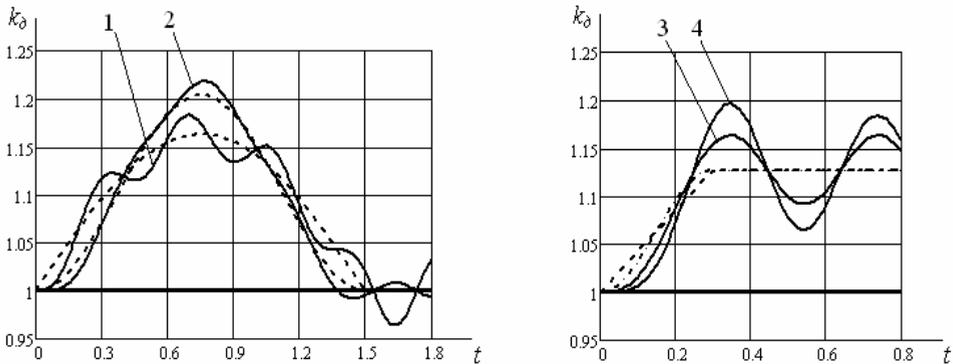


Рис. 2. Зависимости коэффициента динамичности в элементах механизма, соответственно, при законах управления (1), (2), (3), (4).

Пунктирные линии отражают инерционную составляющую нагрузки

Из рассмотренных законов наибольшая динамическая нагрузка появляется при управлении по закону (2) вследствие увеличения её инерционной составляющей, поскольку по условию (7) требуется большое значение $\max a(t)$ (см. рис.1). Коэффициент динамичности относительно

закона (4) увеличивается на 3 %, что не является существенным при проведении инженерных расчетов.

Исследования функции (9) на максимум при различных сочетаниях значений относительных величин λ и τ , свойственных крановым механизмам, а также результаты, изложенные в работе [3], показывают, что применительно к наиболее неблагоприятному управлению (2) максимум коэффициента динамичности при $a_{cp} = 1$ м/с изменяется в пределах 1,20-1,24 и его превышение относительно коэффициента динамичности для закона (4) составляет не более 5 %. Как следует из соотношения (9), коэффициент k_d прямо пропорциональный a_{cp} . Следовательно, указанные выше соотношения между его значениями при рассмотренных законах управления сохраняются для любого среднего ускорения системы.

Изложенное выше даёт основание принимать закон управления (2) пуском и торможением крановых механизмов в качестве базового закона при прогнозировании значений коэффициентов динамичности в процессе эксплуатации крана по формуле

$$k_d(t) = 1 + \frac{v_y}{gt_p} k \int_0^t \left(1 - \cos 2\pi \frac{u}{t_p}\right) \sin k(t-u) du. \quad (10)$$

Формула (10) получена подстановкой значений b и $\beta(t)$ для закона управления (2) из табл.1 в зависимость (9). Формула вычисляется любой компьютерной программой интегрирования, в частности в составе программы «Mathcad», включая определение $\max k_d$. При необходимости путём интегрирования по частям уравнения (10) можно получить следующую достаточно точную формулу:

$$k_d(t) = 1 + \frac{v_y}{gt_p} [1 - (1 + \tau^2) \cos \tau kt + \tau^2 \cos kt]. \quad (11)$$

Соответственно функции (11)

$$\max k_d(t) = 1 + \frac{v_y}{gt_p} [2 + \tau^2 (1 + \cos \frac{\pi}{\tau})]. \quad (12)$$

Для значений v_y , t_p и τ , принятых в расчётах табл. 1 значение коэффициента по формуле (12) $\max k_d = 1,205$, всего на 1 % отличается от точного значения, вычисленного на основе формулы (10). Хорошее соответствие этих формул даёт основание рекомендовать применение достаточно простой формулы (12) в практике прогнозирования максимального значения динамических нагрузок для планируемых режимов технологической эксплуатации кранов.

Использование предлагаемых расчётных формул требует достаточно ограниченной исходной информации: значений установившейся

скорости, времени разгона или торможения и основной частоты (периода) собственных колебаний в рассчитываемом звене механизма. Эти данные и их статистические характеристики нетрудно получить из осциллограмм типовых рабочих циклов кранов применительно к параметрам планового грузопотока, в частности его распределению по объёмам и видам грузов, вариантам и технологии перегрузочных работ.

Выводы

1. Определены основные законы управления переходными процессами, соответствующие типичным формам тахограмм крановых механизмов с частотным управлением электроприводом и гидроприводом, при выполнении перегрузочных работ.

2. Приведены математические зависимости и результаты сравнительного анализа динамических нагрузок в элементах механизмов, соответствующие каждому из рассмотренных законов управления.

3. Установлен наиболее неблагоприятный в части динамических нагрузок закон управления механизмами в процессе технологической эксплуатации кранов. Предложены точная и приближённая формулы для расчёта текущего и максимального значения этих нагрузок. Закон рекомендуется как базовый для формирования эквивалентных нагрузочных циклов в процессе прогнозирования остаточного ресурса кранов применительно к заданным условиям технологической эксплуатации.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волков Д.П. Динамика и прочность одноковшовых экскаваторов. – М.: Машиностроение, 1965. – 463 с.
2. Зубко Н.Ф. Квазиоптимальное управление динамической системой с нестабильными параметрами // Сб. «Системы и средства поддержки решений в процессах управления на транспорте». – К.: Институт кибернетики АН Украины им. В.М. Глушкова, 1993.
3. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин. – К.-М.: МАШГИЗ, 1969. – 267 с.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2013

Рецензент – доктор технічних наук, професор, завідувачий кафедрою «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету **В.О. Яровенко**

УДК 656.66:658.152.003.13:656.612

Е.В. Кириллова, Е.С. Мелешенко

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРИТИЧЕСКОЙ И КОММЕРЧЕСКИ
ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ЗАГРУЗКИ ГРУЗОПАССАЖИРСКОГО ПАРОМА**

В работе уточнены статические и определены динамические показатели критического и коммерчески целесообразного количества грузов и пассажиров в загрузке парома; разработан аналитический и представлен графический способы их обоснования; установлены условия критической и коммерчески целесообразной загрузки парома, формализованные через зависимости между статическими и динамическими показателями, а также фактическими данными о планируемых к перевозке грузах и пассажирах.

Ключевые слова: *грузопассажирский паром, динамические показатели, критическая загрузка парома, коммерчески целесообразная загрузка парома, динамическая точка критической загрузки парома, динамическая точка коммерчески целесообразной загрузки парома.*

У роботі уточнені статичні і визначені динамічні показники критичної і комерційно доцільної кількості вантажів і пасажирів у завантаженні порому; розроблено аналітичний і представлений графічний способи їх обґрунтування; встановлено умови критичного і комерційно доцільного завантаження порому, що формалізовані через залежності між статичними і динамічними показниками, а також фактичними даними про вантажі та пасажирів, що плануються до перевезення.

Ключові слова: *вантажопасажирський паром, динамічні показники, критичне завантаження порому, комерційно доцільне завантаження порому, динамічна точка критичного завантаження порому, динамічна точка комерційно доцільного завантаження порому.*

In research static and dynamic indicators of critical and commercially reasonable quantity of goods and passengers in the ferry loading are specified and identified; analytical methods of their substantiation are developed and graphical methods are presented; the conditions of critical and commercial reasonable ferry loading, formalized through the dependence between static and dynamic indicators as well as actual data about goods and passengers planned to carriage are established.

Keywords: *the cargo-passenger ferry, the dynamic indicators, the critical loading of ferry, the commercially reasonable loading of ferry, the dynamic point of critical loading of cargo, the dynamic point of commercially reasonable loading of ferry.*

Постановка проблемы в общем виде. Несмотря на нестабильное положение мировой и региональной экономик, развитие паромных перевозок грузов и пассажиров продолжается. В Украине ведущая роль в их организации и реализации принадлежит судоходной компании «Укрферри». Ее функционирование, также как и деятельность других перевозчиков, сегодня осуществляется в условиях рынка потребителя (грузовладельца и/или пассажира), при котором предложения транспортных услуг превышает спрос на них. В такой ситуации для компаний, работающих в сфере паромных перевозок, является актуальной разработка соответствующего, адаптированного к особенностям рынка, методического обеспечения процессов принятия решений по организации паромных перевозок и управлению судами-паромами. Одним из мощных инструментов решения многих управленческих задач, связанных с производственной деятельностью судоходных компаний в условиях рынка потребителя, является анализ безубыточности. Он помогает судовладельцу, стремящемуся при любых обстоятельствах получить прибыль, не упускать из внимания и равновесные величины показателей работы отдельных судов и флота в целом. Практическая реализация анализа безубыточности позволяет обосновать такой критический уровень производства продукции транспорта, при котором доходы предприятия равны его расходам. Проведение анализа безубыточности также способствует принятию решений относительно обоснования целесообразности [1]:

- перевозки грузов, количество которых меньше, чем производственные возможности судна;
 - предоставления скидок грузовладельцам и/или снижения тарифов;
 - включения порта в перечень основных при проектировании новой судоходной линии;
 - захода судна в факультативный порт действующей линии
- и т. д.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы. В ходе исследования были рассмотрены информационно-образовательные источники [2-4], в которых освещаются классические подходы к формированию системы показателей работы судов:

- в издании [2] классификация показателей, формируется по четырем признакам: по принадлежности (общетранспортные, отраслевые (видовые)); по исходным данным (плановые, отчетные); по значимости (основные, дополнительные (вспомогательные)); по содержанию (эксплуатационные, экономические), которые, в свою очередь, подразделяются на количественные и качественные. В подсистеме эксплуатационных показателей выделяются: показатели перевозок и транспортной работы; показатели ресурсов морских транспортных судов; показатели использования судов в производственном и технологическом процессах;

– в работе [3] показатели работы флота (судна) включают абсолютные и относительные, количественные и качественные, плановые и отчетные.

– в книге [4] показатели работы флота делятся на: технико-эксплуатационные (показатели количества и качества работы флота; показатели перевозок и грузооборота; показатели технической работы и производственной мощности судна и флота; показатели бюджета времени работы флота; показатели реализации технической скорости судна и флота; показатели использования грузоподъемности и грузовместимости судна и флота; результативные показатели технической производительности судна и флота; показатели интенсивности обработки судов в морских портах; показатели провозной способности флота); экономические, учитывающие доходы и затраты на содержание судов (капитальные вложения, эксплуатационные расходы, приведенные затраты).

Все показатели рассмотренных выше вариантов классификаций [2-4] входят в состав традиционной системы эксплуатационных и валютно-финансовых показателей, сформировавшейся в условиях командно-административной системы управления. Эта система показателей широко применяется и в настоящее время, как для планирования, так и для анализа результатов работы судов. При этом используемые показатели представляют собой средние и средневзвешенные величины.

Кроме перечисленных выше информационно-образовательных источников, были рассмотрены и научные ресурсы [1, 5-7], в которых формирование системы основных показателей работы судна ориентируется на рынок грузовладельца и базируется на критических и оптимальных величинах:

– в публикациях [5, 6] на основе методики анализа безубыточности сформулированы положения по обоснованию критической и пороговой коммерчески целесообразной загрузки грузового [5] и пассажирского [6] судов;

– в статьях [1, 7] разработаны положения по обоснованию оптимальных величин показателей работы грузового судна с применением методики предельного анализа.

В результате анализа работ [1-7] установлено, что в них:

– рассмотрены различные подходы к формированию традиционной системы эксплуатационных и валютно-финансовых показателей, расчет которых базируется на средних и средневзвешенных величинах [2-4];

– разработаны теоретические и методические положения по обоснованию критической, пороговой и оптимальной загрузки грузового [1, 5, 7] и пассажирского [6] судов. Соответствующие показатели являются статическими, поскольку не зависят от фактора времени, а необходимость их пересчета возникает только при изменении постоянных расходов судна, тарифной (фрахтовой) ставки, удельных переменных издержек;

– формализованы показатели работы судов на перевозках либо только грузов [1, 5, 7], либо только пассажиров [6], т. е. без учета возможности комбинированной загрузки судна различными по номенклатуре грузами и пассажирами, что не просто широко практикуется на грузопассажирских паромах, а является их специфической особенностью.

Формулировка цели статьи. Целью исследования является повышение эффективности производственной деятельности судоходных предприятий, функционирующих в сфере паромных перевозок, путем разработки теоретических и методических положений по обоснованию динамических показателей критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома.

Исходя из цели, поставлены следующие задачи:

- определить динамические показатели критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома;
- формализовать процесс принятия решений по обоснованию динамических показателей критического и коммерчески целесообразного количества грузов и пассажиров в комбинированной загрузке грузопассажирского парома;
- систематизировать статические и динамические показатели критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома;
- установить условия критической и коммерчески целесообразной загрузки парома, исходя из зависимостей между соответствующими статическими и динамическими показателями, а также фактическими данными о планируемых к перевозке грузах и пассажирах.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных результатов. Основное производство судоходного предприятия, эксплуатирующего грузопассажирские паромы, является многономенклатурным, поскольку в качестве объектов перевозки выступают грузы и пассажиры. Это обуславливает необходимость учета параметров грузопотоков и пассажиропотоков при обосновании решений, связанных с организацией паромных перевозок и управлением работой паромов. Важное значение в условиях рынка потребителя, как указывалось выше, приобретает анализ безубыточности. При его реализации статические показатели критической загрузки парома грузами (N_i^{kp}) и пассажирами (N_{nacc}^{kp}) легко определяются на основании положений, сформулированных в работах [5, 6]

$$N_i^{kp} = \frac{R_{nocm}}{f_i - r_i}; \quad (1)$$

$$N_{nacc}^{kp} = \frac{R_{nocm}}{f_{nacc} - r_{nacc}}. \quad (2)$$

где $R_{ном}$ – постоянные расходы, относимые на судно в рассматриваемом рейсе. Они включают прямые постоянные (амортизационные отчисления, агентское вознаграждение, расходы на погашение кредита, содержание экипажа, страхование, ремонт, снабжение, и др.) и косвенные постоянные (административно-управленческие и обще эксплуатационные) расходы;

f_i ; $f_{насс}$ – ставка за перевозку грузов i -й номенклатуры и, соответственно, цена пассажирского билета;

r_i ; $r_{насс}$ – удельные переменные издержки на перевозку грузов i -й номенклатуры и на обслуживание одного пассажира. В их состав входят расходы на топливо и смазочные материалы, портовые, канальные, причальные, лоцманские, буксирные и др. сборы, расходы на грузовые операции, брокерскую комиссию и прочие переменные расходы, зависящие от объема выполняемой судном работы.

В целом, состав постоянных и переменных издержек определяется лицом, принимающим решение (ЛПР), в зависимости от целей проводимого анализа и формы эксплуатации судна.

Таким образом, статические показатели критической загрузки парома определяются отдельно по грузам (N_i^{kp}) (1), отдельно по пассажирам (2) и не зависят друг от друга. Наряду с этим, очевидно, что грузопассажирские паромы объединяют в себе свойства грузовых и пассажирских судов, следовательно, эффективность их эксплуатации обусловлена как количеством грузов, так и количеством пассажиров в загрузке судна. Это требует выработки и обоснования иного подхода к анализу безубыточности производственной деятельности судоходных компаний, эксплуатирующих грузопассажирские паромы.

Для перевозки грузов и пассажиров, как известно, предназначены различные помещения (пространства) парома, а именно: грузовые палубы – для грузов; каюты – для пассажиров. Это дает возможность одновременного рассмотрения параметров грузопотоков и пассажиропотоков относительно друг друга, несмотря на различную размерность показателей, дающих их количественную оценку.

Показатели, отражающие количество грузов и пассажиров в загрузке парома, оказывают влияние на экономические результаты его эксплуатации. По мере поступления заявок грузовладельцев на перевозку грузов и/или по мере покупки пассажирами билетов, информация об их количестве обновляется с определенной периодичностью (раз в сутки, раз в 3 дня и т. д.). На основании полученной информации производится пошаговая корректировка соответствующих функционально зависимых плановых показателей. Период уточнения информации, а, следовательно, и интервал корректировки данных устанавливается ЛПР. Таким образом, значения плановых показателей корректируются на каждом шаге t принятия решений, который соответствует определенному периоду уточне-

ния и обновления данных об объемах перевозок грузов ($N_i^{(t)}$) и пассажиров ($N_{пасс}^{(t)}$) на основании:

- информации, указанной во вновь поступивших заявках грузо-владельцев;
- информации о количестве вновь приобретенных пассажирами билетов.

Таким образом, при пошаговом принятии решений, связанных с обоснованием работы грузопассажирского парома в условиях рынка потребителя, предлагается использовать следующие взаимосвязанные и взаимообусловленные динамические показатели критической и коммерчески целесообразной загрузки судна:

- критическое количество грузов ($N_i^{кр(t)}$);
- критическое количество пассажиров ($N_{пасс}^{кр(t)}$);
- коммерчески целесообразное количество грузов ($N_i^{комм(t)}$);
- коммерчески целесообразное количество пассажиров ($N_{пасс}^{комм(t)}$).

Динамические показатели критической загрузки грузопассажирского парома отражают такое минимальное количество грузов ($N_i^{кр(t)}$) и пассажиров ($N_{пасс}^{кр(t)}$) в композитной загрузке судна, при освоении которых расходы ($R^{(t)}$) компании на шаге t принятия решений компенсируются ее доходами ($F^{(t)}$).

В свою очередь, динамические показатели коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома характеризуют такое количество грузов ($N_i^{комм(t)}$) и пассажиров ($N_{пасс}^{комм(t)}$), доходы ($F^{(t)}$) от перевозки которых на шаге t принятия решений покрывают не только все расходы ($R^{(t)}$) по рейсу, но и обеспечивают получение необходимой суммы прибыли ($\Phi^{(t)}$) или требуемого уровня доходности

$$(k_{дох}^{(t)} = F^{(t)} / R^{(t)}).$$

В ситуации рынка потребителя обеспечение полного использования производственных возможностей парома, обусловленных его техническими характеристиками (грузоподъемностью, грузовместимостью, контейнеровместимостью, пассажироместимостью), как правило, не представляется возможным. В связи с этим:

- с точки зрения безубыточной эксплуатации парома, первоестественное значение приобретает выполнение условий (3) (табл. 1);
- с точки зрения коммерчески целесообразной эксплуатации парома, актуальным становится соблюдение условий (4) (табл. 1).

Таблиця 1

*Условия безубыточной и коммерчески целесообразной работы
грузопассажирского парома*

	Условия безубыточной работы грузопассажирского парома	Условия коммерчески целесообразной работы грузопассажирского парома
Рынок погребителя (грузовладельца / пассажира)	$\left. \begin{aligned} N_i^{(t)} > N_i^{kp(t)} \quad (i \in I); \\ N_{nacc}^{(t)} > N_{nacc}^{kp(t)}; \end{aligned} \right\} (3)$	$\left. \begin{aligned} N_i^{(t)} > N_i^{КОММ(t)} \quad (i \in I); \\ N_{nacc}^{(t)} > N_{nacc}^{КОММ(t)}. \end{aligned} \right\} (4)$
Рынок судовладельца	$\left. \begin{aligned} N_i^{(t)} \leq N_i^{max} \quad (i \in I); \\ N_{nacc}^{(t)} \leq N_{nacc}^{max}. \end{aligned} \right\} (5)$	

где $N_i^{(t)}$ – уточненное на шаге t количество грузов i -й номенклатуры, планируемое к перевозке;

$N_{nacc}^{(t)}$ – уточненное на шаге t количество пассажиров, перевозка и обслуживание которых планируется в рейсе;

$N_i^{kp(t)}$; $N_i^{КОММ(t)}$; $N_{nacc}^{kp(t)}$; $N_{nacc}^{КОММ(t)}$ – критическое и коммерчески целесообразное количество грузов i -й номенклатуры и, соответственно, пассажиров, откорректированные на шаге t ;

I – множество планируемых к перевозке номенклатур грузов (автомобильная техника, ж/д вагоны, контейнеры, трейлеры и др.);

N_i^{max} – максимально возможное количество грузов i -й номенклатуры, которое паром может принять на борт в соответствии с его техническими характеристиками;

N_{nacc}^{max} – максимально возможное количество пассажиров (включая лиц, сопровождающих груз, водителей перевозимых автомобилей), которое судно может принять на борт в соответствии с его пассажироместимостью.

Ограничения (5) (табл. 1) регламентируют эксплуатацию грузопассажирского парома в соответствии с его техническими характеристиками. Они приобретают приоритетное значение в ситуации рынка судовладельца, когда спрос на услуги паромных перевозок превышает их

предложение, а стремление максимизировать загрузку судна ограничивается его техническими возможностями. Однако рынок потребителя также не исключает необходимость соблюдения ограничений (5) (табл. 1). Таким образом, паромная перевозка грузов и пассажиров является:

– безубыточной - при соблюдении ограничений (3) и (5):

$$\left. \begin{aligned} N_i^{kp(t)} < N_i^{(t)} \leq N_i^{max} \quad (i \in I); \\ N_{nacc}^{kp(t)} < N_{nacc}^{(t)} \leq N_{nacc}^{max}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

– коммерчески целесообразной – при соблюдении условий (4) и (5):

$$\left. \begin{aligned} N_i^{комм(t)} < N_i^{(t)} \leq N_i^{max} \quad (i \in I); \\ N_{nacc}^{комм(t)} < N_{nacc}^{(t)} \leq N_{nacc}^{max}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Обозначенные выше динамические показатели $N_i^{kp(t)}$; $N_{nacc}^{kp(t)}$; $N_i^{комм(t)}$; $N_{nacc}^{комм(t)}$ применительно к грузопассажирским паромам можно формализовать посредством применения методики анализа безубыточности многономенклатурного производства. При этом издержки определяются методом полных (поглощенных) затрат (Absorption Costing) [8, 9]. Он заключается в калькуляции себестоимости продукции (транспортной услуги) путем отнесения всех производственных затрат текущего периода на выпущенную в этом же периоде продукцию (транспортную услугу). Это наиболее широко используемый подход к определению себестоимости, применяемый в бухгалтерском учете и соответствующий требованиям налогового учета.

Рассмотрим порядок аналитического обоснования показателей $N_i^{kp(t)}$ и $N_{nacc}^{kp(t)}$.

Работа парома на шаге t принятия решений считается безубыточной при соблюдении следующего равенства: $F^{(t)} = R^{(t)}$, которое можно уточнить следующим образом:

$$F^{(t)} = N_i^{(t)} \cdot f_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc}; \quad (8)$$

$$R^{(t)} = R_{nocm} + N_i^{(t)} \cdot r_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot r_{nacc}; \quad (9)$$

$$N_i^{(t)} \cdot f_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc} = R_{nocm} + N_i^{(t)} \cdot r_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot r_{nacc}, \quad (10)$$

На основании уравнения (10) можно определить критическое количество грузов i -й номенклатуры ($N_i^{kp(t)}$), которое обеспечит безубыточную работу парома при принятии решений на шаге t

$$N_i^{kp(t)} = \frac{R_{nocm} + N_{nacc}^{(t)} \cdot r_{nacc} - N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc}}{f_i - r_i}. \quad (11)$$

После преобразования, выражение (11) приобретает следующий вид:

$$N_i^{kp(t)} = \frac{R_{nocm} - N_{nacc}^{(t)} \cdot (f_{nacc} - r_{nacc})}{f_i - r_i} . \quad (12)$$

Аналогично ($N_i^{kp(t)}$) (12) – показателю критического количества грузов (12) можно определить и критическое количество пассажиров ($N_{nacc}^{kp(t)}$) на шаге t

$$N_{nacc}^{kp(t)} = \frac{R_{nocm} + N_i^{(t)} \cdot r_i - N_i^{(t)} \cdot f_i}{f_{nacc} - r_{nacc}} ; \quad (13)$$

$$N_{nacc}^{kp(t)} = \frac{R_{nocm} - N_i^{(t)} \cdot (f_i - r_i)}{f_{nacc} - r_{nacc}} . \quad (14)$$

Графическая визуализация процессов принятия решений по обоснованию критической загрузки грузового судна рассмотрена в работе [5], пассажирского – в [6]. В данных публикациях графики зависимостей экономических показателей от объемов перевозок грузов [5] и, соответственно, пассажиров [6] представлены в прямоугольной (двухмерной или плоской) системе координат.

Что касается критической загрузки грузопассажирского паромы, то представленные выше аналитические выражения (8)-(14) также могут быть описаны наглядно, но с применением трехмерной системы координат. Так, доход ($F^{(t)}$) судоходной компании, эксплуатирующей суда данного типа, зависит от количества перевозимых грузов ($N_i^{(t)}$) и пассажиров ($N_{nacc}^{(t)}$) на шаге t (8), т. е. является функцией соответствующих аргументов:

$$y = f(x; z);$$

$$F^{(t)} = f(N_i^{(t)}; N_{nacc}^{(t)}) = N_i^{(t)} \cdot f_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc} .$$

Графиком функции двух переменных является поверхность, изображаемая в трехмерном пространстве. Следовательно, при графической визуализации задачи обоснования критической загрузки грузопассажирского паромы целесообразно использовать правостороннюю трехмерную систему координат (рис. 1), образованную взаимно перпендикулярными осями:

- осью абсцисс – OX , соответствующей в данном случае оси ON_i ;
- осью ординат – OY , соответствующей оси $OF(R)$;
- осью аппликат – OZ , соответствующей оси ON_{nacc} .

Максимальный доход (F^{max}) грузопассажирского парома (в случае линейности соответствующей функции [1]) достигается при максимальном количестве грузов (N_i^{max}) и пассажиров (N_{pass}^{max}) на его борту, которые, в свою очередь, лимитируются техническими характеристиками судна (грузоподъемностью, грузоместимостью, контейнеровместимостью и пассажироместимостью) (5). В связи с этим график функции дохода, отражается поверхностью, которая в пространстве ограничивается кубом (рис. 1). Его грани лежат на указанных выше осях и соответствуют максимально возможному доходу (F^{max}), количеству грузов (N_i^{max}) и пассажиров (N_{pass}^{max}).

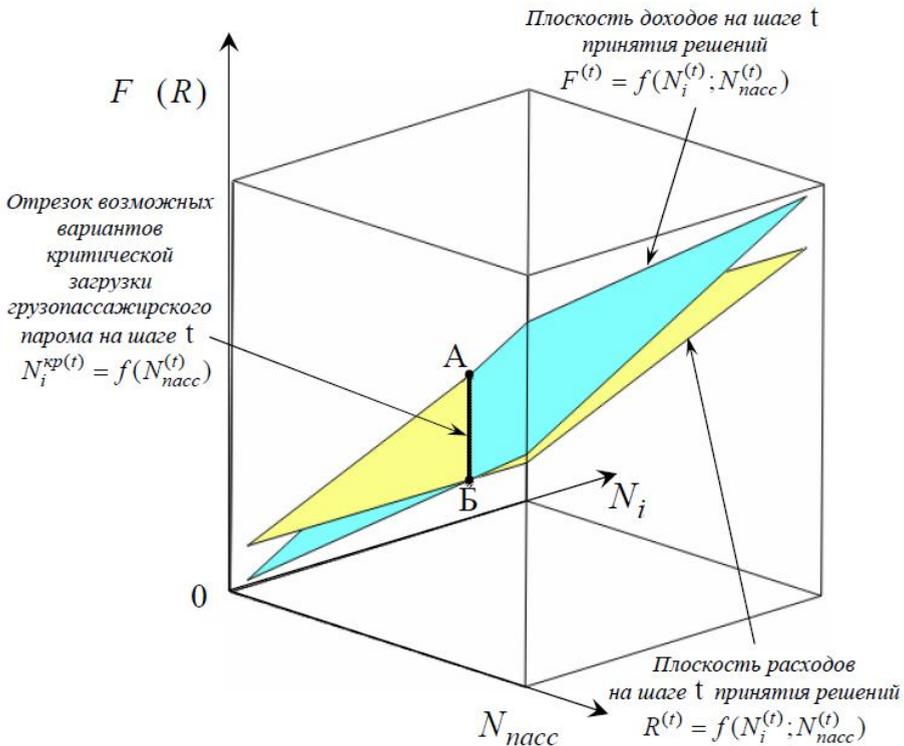


Рис. 1. Графическая визуализация задачи обоснования критической загрузки грузопассажирского парома

Аналогичные рассуждения можно провести и в отношении расходов ($R^{(t)}$), показатель которых является функцией тех же аргументов (9)

$$R^{(t)} = f(N_i^{(t)}; N_{pass}^{(t)}) = R_{ном} + N_i^{(t)} \cdot r_i + N_{pass}^{(t)} \cdot r_{pass}$$

Максимальные расходы (R^{max}) (в случае линейности соответствующей функции [1]) компания несет при максимальной загрузке судна. Функция расходов при этом также отображается поверхностью, ограниченной гранями куба (рис. 1).

Трехмерный визуальный анализ графика (рис. 1) позволяет наглядно увидеть, что безубыточная загрузка судна при организации паромной перевозки одновременно грузов и пассажиров отражается отрезком AB , по которому пересекаются поверхности, заданные функциями дохода $F^{(t)} = f(N_i^{(t)}; N_{nacc}^{(t)})$ и расходов $R^{(t)} = f(N_i^{(t)}; N_{nacc}^{(t)})$ (рис. 1). Это означает, что безубыточная загрузка грузопассажирского парома может иметь множество вариантов, каждый из которых отражается определенной точкой, лежащей на отрезке AB (рис. 1). Место положения такой точки зависит от количественного соотношения параметров $N_i^{(t)}$ и $N_{nacc}^{(t)}$ на шаге t принятия решений. Другими словами, точка, лежащая на этом отрезке и отражающая значение критической загрузки грузопассажирского парома, перемещается по отрезку в зависимости от шага t принятия решений и количественной комбинации грузов ($N_i^{(t)}$) и пассажиров ($N_{nacc}^{(t)}$) в загрузке парома. Это позволяет назвать данную точку «динамической», отражающей соответствующий динамический показатель критической загрузки грузопассажирского парома в интервале t корректировки данных.

Любая точка в трехмерном пространстве, как известно, имеет координаты $(X; Y; Z)$. В рассматриваемом случае (рис. 1) каждая динамическая точка критической загрузки судна на шаге t принятия решений характеризуется координатами $(N_i^{kp(t)}; F^{kp(t)}; N_{nacc}^{kp(t)})$. Так, точка A имеет координаты $[N_i^{kp(t)}; F^{kp(t)}; 0]$ и принадлежит плоскости, образованной осями ON_i и $OF(R)$: $A \in ON_i F(R)$. Точка A $[N_i^{kp(t)}; F^{kp(t)}; 0]$ отражает доход ($F^{(t)}$) на шаге t , покрывающий расходы ($R^{(t)}$) компании, связанные с перевозкой грузов в количестве $N_i^{(t)}$ при отсутствии пассажиров ($N_{nacc}^{(t)} = 0$), т. е. данная точка отражает нулевую прибыль компании на шаге t в ситуации, когда заявки грузовладельцев на перевозку грузов уже поданы, а реализация пассажирских билетов еще не началась. Таким образом, в точке A $[N_i^{kp(t)}; F^{kp(t)}; 0]$ соблюдается равенство $F^{(t)} = F^{kp(t)} = R^{(t)} = R^{kp(t)}$, а также значения динамического и статического показателей критической загрузки парома грузами совпадают – $N_i^{kp(t)} = N_i^{kp}$.

Точка B с координатами $[0; F^{kp(t)}; N_{nacc}^{kp(t)}]$ принадлежит плоскости, образованной осями ON_{nacc} и $OF(R)$: $A \in ON_{nacc} F(R)$. Точка B $[0; F^{kp(t)}; N_{nacc}^{kp(t)}]$ характеризует доход $(F^{(t)})$ на шаге t , покрывающий расходы $(R^{(t)})$ компании, связанные с перевозкой пассажиров в количестве $N_{nacc}^{(t)}$ при отсутствии грузов $(N_i^{(t)} = 0)$, т. е. данная точка отражает нулевую прибыль компании на шаге t в ситуации, когда спрос на пассажирские билеты уже появился, а заявки грузовладельцев на перевозку грузов еще не поданы. Таким образом, в точке B соблюдается равенство $F^{(t)} = F^{kp(t)} = R^{(t)} = R^{kp(t)}$. Кроме того, значения динамического и статического показателей критической загрузки парома пассажирами в точке B $[0; F^{kp(t)}; N_{nacc}^{kp(t)}]$ так же совпадают: $N_{nacc}^{kp(t)} = N_{nacc}^{kp}$.

Причем, для точек $N_i^{kp(t)}$ и $N_{nacc}^{kp(t)}$ значение $F^{kp(t)}$ (рис. 1) одинаково.

Преобразовав выражение (12), зависимость между критическим количеством грузов и планируемым количеством пассажиров можно представить в виде функции $N_i^{kp(t)} = f(N_{nacc}^{(t)})$ следующим образом:

$$N_i^{kp(t)} = -\left(\frac{f_{nacc} - r_{nacc}}{f_i - r_i}\right) \cdot N_{nacc}^{(t)} + \frac{R_{nocm}}{f_i - r_i}. \quad (15)$$

Таким образом, (15) представляет собой линейную функцию вида $y = k \cdot x + b$, где в качестве аргумента (x) выступает $N_{nacc}^{(t)}$, угловым коэффициентом (k) является выражение: $-\left(\frac{f_{nacc} - r_{nacc}}{f_i - r_i}\right)$, а свободный

член (b) представлен отношением: $\frac{R_{nocm}}{f_i - r_i}$. Поскольку значение угло-

го коэффициента (k) – величина отрицательная, то заданная функция – спадающая. Количество значений $N_{nacc}^{(t)}$ ограничено, что обусловлено техническими характеристиками судна. В связи с этим зависимость между количеством грузов и пассажиров в безубыточной загрузке парома для более наглядного представления можно изобразить с помощью отрезка AB в двухмерном пространстве (рис. 2).

Информацию о расположении отрезка AB на координатной плоскости, относительно осей координат дают значения коэффициента k и свободного члена b . Поскольку коэффициент k отвечает за угол наклона отрезка к положительному направлению оси ON_{nacc} , то:

$$tg(\angle ABN_{nacc}) = -\left(\frac{f_{nacc} - r_{nacc}}{f_i - r_i}\right).$$

Точка A , отражающая статический показатель критической загрузки судна грузами (N_i^{kp}) при отсутствии пассажиров ($N_{пасс} = 0$), лежит на оси ON_i и отдалена от начала координат (0) на расстояние равное $\frac{R_{норм}}{f_i - r_i}$ (рис. 2).

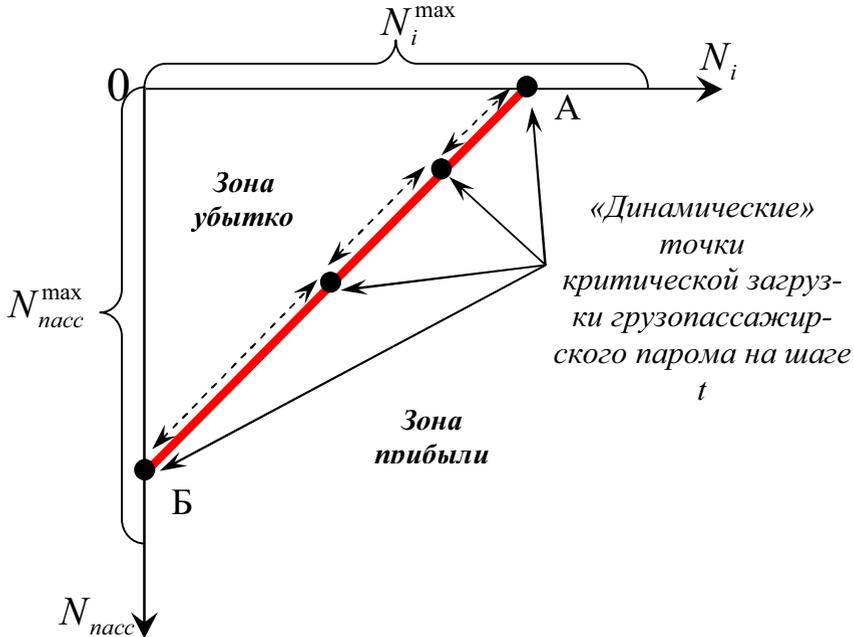


Рис. 2. Графическая визуализация зависимости между количеством грузов и пассажиров в критической комбинированной загрузке парома

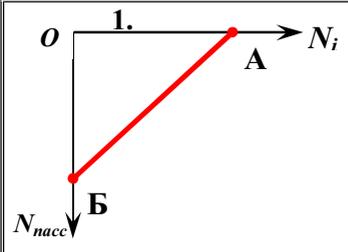
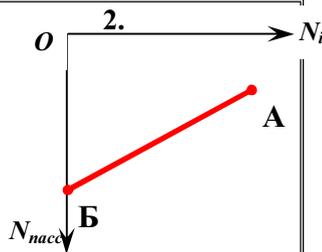
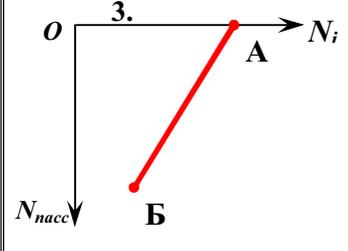
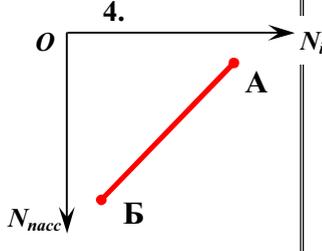
Двухмерный визуальный анализ зависимости, представленной в прямоугольной системе координат (рис. 2) показывает, что в каждой конкретной ситуации при определенном значении критического количества грузов ($N_i^{kp(t)}$) на шаге t критическое количество пассажиров ($N_{пасс}^{kp(t)}$) принимает одно единственное значение. Следовательно, безубыточную загрузку грузопассажирского парома на шаге t можно представить в виде точки с координатами $[N_i^{kp(t)}; N_{пасс}^{kp(t)}]$. В этой точке и количество грузов ($N_i^{kp(t)}$), и количество пассажиров ($N_{пасс}^{kp(t)}$) являются критическими величинами. Однако, как указывалось выше, данная точка имеет свойство перемещаться по отрезку AB в зависимости от изменения количественного состава грузов и пассажиров в загрузке парома, т. е. уменьшение значения одной из величин приводит к необходимости увеличения дру-

гой, а при отсутствии такой возможности – приводит компанию к убыткам.

Кроме того, следует учитывать, что количество грузов и пассажиров, принимаемых к перевозке, ограничивается техническими характеристиками транспортного средства. Следовательно, отрезок AB не всегда пересекается с гранями куба в трехмерном пространстве (рис. 1) и соответствующими осями в двухмерной координатной плоскости (рис. 2), т. е. точки A и B рассмотренного отрезка (рис. 1, 2) могут не принадлежать соответствующим граням и осям. Например, вариант № 3 (табл. 2) наглядно демонстрирует, что при условиях $N_i^{kp} \leq N_i^{max}$ и $N_{pass}^{kp} > N_{pass}^{max}$: точка A отрезка AB пересекает ось ON_i : $A \in ON_i$, а, следовательно, лежит на соответствующей грани куба в трехмерной системе координат; точка B – не пересекает ось ON_{pass} : $B \notin ON_{pass}$, следовательно, не принадлежит соответствующей грани куба в трехмерном пространстве.

Таблица 2

Схемы расположения отрезка AB в зависимости от соотношения технических характеристик N_i^{max} и N_{pass}^{max} парма со значениями статических показателей N_i^{kp} и N_{pass}^{kp} его критической загрузки

	$N_i^{kp} \leq N_i^{max}$	$N_i^{kp} > N_i^{max}$
$N_i^{kp}; N_i^{max}$ $N_{pass}^{kp}; N_{pass}^{max}$		
$N_{pass}^{kp} \leq N_{pass}^{max}$		
$N_{pass}^{kp} > N_{pass}^{max}$		

Сформулированные положения могут быть формализованы для обоснования коммерчески целесообразного количества грузов ($N_i^{КОММ(t)}$) и пассажиров ($N_{nacc}^{КОММ(t)}$) в комбинированной загрузке паромом на шаге t .

Загрузка паромом является коммерчески целесообразной при соблюдении условия $F^{(t)} > R^{(t)}$, которое можно уточнить следующим образом:

$$N_i^{(t)} \cdot f_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc} > R_{nocm} + N_i^{(t)} \cdot r_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot r_{nacc} . \quad (16)$$

Разность между левой и правой частями неравенства (16) должна соответствовать величине желаемой прибыли ($F^{(t)} - R^{(t)} = \Phi^{(t)}$) судноходной компании

$$(N_i^{(t)} \cdot f_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc}) - (R_{nocm} + N_i^{(t)} \cdot r_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot r_{nacc}) = \Phi^{(t)} \quad (17)$$

Исходя из (17), показатель коммерчески целесообразной загрузки паромом грузом i -ой номенклатуры на шаге t можно представить следующим образом:

$$N_i^{КОММ(t)} = \frac{R_{nocm} - N_{nacc}^{(t)} \cdot (f_{nacc} - r_{nacc}) + \Phi^{(t)}}{f_i - r_i} \quad (18)$$

Загрузка паромом является коммерчески целесообразной так же при соблюдении равенства $F^{(t)} = R^{(t)} \cdot k_{дох}^{(t)}$, которое в результате разукрупнения приобретает следующий вид:

$$N_i^{(t)} \cdot f_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot f_{nacc} = (R_{nocm} + N_i^{(t)} \cdot r_i + N_{nacc}^{(t)} \cdot r_{nacc}) \cdot k_{дох}^{(t)} . \quad (19)$$

Таким образом, на основании (19) коммерчески целесообразное количество грузов ($N_i^{КОММ(t)}$) в загрузке паромом при требуемом уровне доходности ($k_{дох}^{(t)}$) на шаге t определяется так:

$$N_i^{КОММ(t)} = \frac{R_{nocm} \cdot k_{дох}^{(t)} - N_{nacc}^{(t)} \cdot (f_{nacc} - r_{nacc}) \cdot k_{дох}^{(t)}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}^{(t)}} \quad (20)$$

В свою очередь, коммерчески целесообразное количество пассажиров ($N_{nacc}^{КОММ(t)}$) при определенном количестве грузов $N_i^{(t)}$, заявленных к перевозке на шаге t , можно представить в виде следующих уравнений:

$$N_{nacc}^{КОММ(t)} = \frac{R_{nocm} - N_i^{(t)} \cdot (f_i - r_i) + \Phi^{(t)}}{f_{nacc} - r_{nacc}} ; \quad (21)$$

$$N_{nacc}^{комм(t)} = \frac{R_{nocm} \cdot k_{дох}^{(t)} - N_i^{(t)} \cdot (f_i - r_i \cdot k_{дох}^{(t)})}{f_{nacc} - r_{nacc} \cdot k_{дох}^{(t)}}. \quad (22)$$

Уровень доходности ($k_{дох}^{(t)}$), установленный ЛПР, принимает значение больше 1. Следовательно, отрезок AB (рис. 2), отражающий динамическую точку критической загрузки грузопассажирского парома, трансформируется в отрезок $A'B'$ (рис. 3), изображающий динамическую точку коммерчески целесообразной загрузки парома. Его расположение относительно отрезка AB зависит, главным образом, от соотношений между значениями показателей f_i , f_{nacc} , r_i и r_{nacc} (табл. 3).

На основании выражения (20) зависимость между коммерчески целесообразным количеством грузов и планируемым количеством пассажиров в загрузке судна можно представить в виде функции $N_i^{комм(t)} = f(N_{nacc}^{(t)})$ следующим образом:

$$N_i^{комм(t)} = -\left(\frac{f_{nacc} - r_{nacc} \cdot k_{дох}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}}\right) \cdot N_{nacc}^{(t)} + \frac{R_{nocm} \cdot k_{дох}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}}. \quad (23)$$

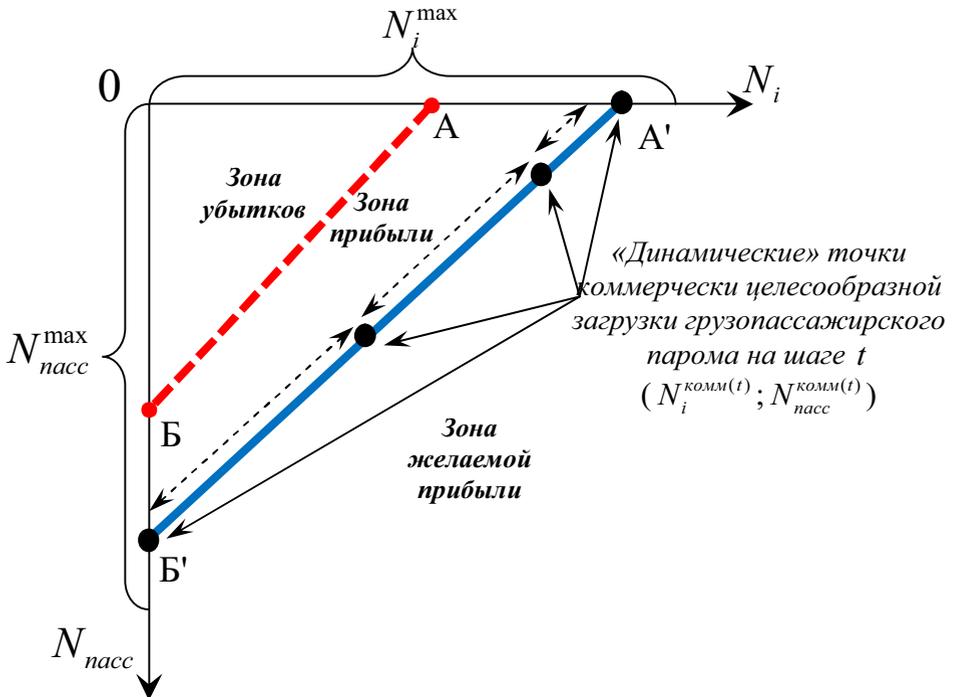


Рис. 3. Графическая визуализация зависимости между количеством грузов и пассажиров при коммерчески целесообразной композитной загрузке парома

Аналогічно функції $N_i^{kp(t)} = f(N_{nacc}^{(t)})$ (15), функція $N_i^{комм(t)} = f(N_{nacc}^{(t)})$ (23) являється лінійною спадаючою. В плоской системе координат она изображается в виде отрезка $A'B'$ (рис. 3).

Расположение отрезка $A'B'$ относительно отрезка AB (табл. 3) определяют характеризующие изменение угловых коэффициентов соответствующих функций $\Delta k = k^{AB} - k^{A'B'}$ и их свободных членов $\Delta b = b^{AB} - b^{A'B'}$.

При этом, очевидно, что, изменение градусной меры угла $\angle A'B'N_{nacc}$ как в сторону увеличения так и уменьшения, зависит от изменения значений показателей $f_i, f_{nacc}, r_i, r_{nacc}$ в числителе и в знаменателе соответствующего углового коэффициента k (23). В связи с этим в работе исследованы и представлены (табл. 3) закономерности в отношении изменения положения отрезка $A'B'$ относительно отрезка AB при разных соотношениях значений показателей $f_i, f_{nacc}, r_i, r_{nacc}$, входящих в угловой коэффициент.

Поскольку на практике, как правило, соблюдаются условия: $f_i > r_i, f_{nacc} > r_{nacc}, R_{ном} > 0$ и $k_{дох} > 1$, то положение отрезка $A'B'$ в двумерной плоскости координат относительно отрезка AB имеет следующие установленные в процессе исследования особенности:

1) точка A' перемещается относительно точки A вправо по оси ON_i (табл. 3) на расстояние равное $\frac{R_{ном} \cdot k_{дох}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}} - \frac{R_{ном}}{f_i - r_i}$;

2) тангенс угла $A'B'N_{nacc}$ ($tg(\angle A'B'N_{nacc})$) изменяется, по сравнению, с тангенсом угла ABN_{nacc} ($tg(\angle ABN_{nacc})$) (табл. 3) на величину равную $(-\frac{f_{nacc} - r_{nacc} \cdot k_{дох}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}}) - (-\frac{f_{nacc} - r_{nacc}}{f_i - r_i})$;

3) пересечение отрезка $A'B'$ с осями координат ON_i, ON_{nacc} , по аналогии с отрезком AB (табл. 2), зависит от соотношений статических показателей коммерчески целесообразной загрузки судна ($N_i^{комм}, N_{nacc}^{комм}$) и показателей, отражающих максимальную загрузку судна ($N_i^{max}, N_{nacc}^{max}$), обусловленную его техническими характеристиками.

Таблиця 3

Схеми розположення отрезков возможных вариантов критической AB и колличчески целесообразной $A'B'$ загрузки грузопассажирского парома относительно друг друга в зависимости от соотношения величин f_i ; $f_{\text{пасс}}$; γ_i ; $\gamma_{\text{пасс}}$

$f_i \cdot f_{\text{пасс}}$ $\gamma_i \cdot \gamma_{\text{пасс}}$	$f_i > f_{\text{пасс}}$	$f_i < f_{\text{пасс}}$	$f_i = f_{\text{пасс}}$
$\gamma_i > \gamma_{\text{пасс}}$	<p>1.</p> <p>$AA' > BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} < \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>	<p>2.</p> <p>$AA' > BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} < \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>	<p>3.</p> <p>$AA' > BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} < \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>
$\gamma_i < \gamma_{\text{пасс}}$	<p>4.</p> <p>$AA' < BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} > \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>	<p>5.</p> <p>$AA' < BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} > \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>	<p>6.</p> <p>$AA' < BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} > \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>
$\gamma_i = \gamma_{\text{пасс}}$	<p>7.</p> <p>$AA' < BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} > \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>	<p>8.</p> <p>$AA' > BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} < \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>	<p>9.</p> <p>$AA' > BB'$ $\angle A'B'N_{\text{пасс}} < \angle ABN_{\text{пасс}}$</p>

Таким образом, динамические показатели критической ($N_i^{kp(t)}$; $N_{насс}^{kp(t)}$) и коммерчески целесообразной ($N_i^{комм(t)}$; $N_{насс}^{комм(t)}$) загрузки грузопассажи́рского парома в различные интервалы корректировки данных, т. е. на каждом шаге t принятия решений, приобретают различные значения в зависимости от поступившей информации о количественной комбинации грузов ($N_i^{(t)}$) и пассажиров ($N_{насс}^{(t)}$) в загрузке транспортного средства. Причем, при получении новой информации о количественном изменении показателя $N_i^{(t)}$ на шаге t необходима корректировка значений критического и коммерчески целесообразного количества пассажиров ($N_{насс}^{kp(t)}$; $N_{насс}^{комм(t)}$) в загрузке парома. В свою очередь, изменение данных о планируемом количестве пассажиров ($N_{насс}^{(t)}$) обуславливает необходимость уточнения значений критического и коммерчески целесообразного количества грузов ($N_i^{kp(t)}$; $N_i^{комм(t)}$) в загрузке судна на шаге t .

Рассмотренные выше динамические показатели ($N_i^{kp(t)}$; $N_{насс}^{kp(t)}$; $N_i^{комм(t)}$; $N_{насс}^{комм(t)}$) композитной загрузки грузопассажи́рского парома определяются по формулам (12); (14); (18); (20); (21); (22). В свою очередь, для создания целостного представления о системе показателей критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажи́рского парома следует уточнить и статические показатели его загрузки (N_i^{kp} ; $N_{насс}^{kp}$; $N_i^{комм}$; $N_{насс}^{комм}$) только грузами и только пассажирами (табл. 4). Их можно установить исходя из положений, сформулированных в работах [5, 6].

В результат проведенного исследования выявлена взаимосвязь между рассмотренными и систематизированными выше статическими и динамическими показателями (табл. 4), а также фактическими данными о планируемых к перевозке грузах ($N_i^{(t)}$) и пассажирах ($N_{насс}^{(t)}$), количество которых уточняется с определенной периодичностью t .

Таким образом, область значений критических загрузок грузопассажи́рского парома представляется отрезком в плоскости объемов перевозок и удовлетворяет следующим условиям:

а) условие критической загрузки грузопассажи́рского парома на шаге t выражается через планируемое к перевозке количество грузов ($N_i^{(t)}$), статические показатели N_i^{kp} , $N_{насс}^{kp}$ и динамический показатель $N_{насс}^{kp(t)}$ следующим образом:

$$\frac{N_i^{(t)}}{N_i^{kp}} + \frac{N_{насс}^{kp(t)}}{N_{насс}^{kp}} = I, \quad (\text{при } N_i^{kp} \neq 0; N_{насс}^{kp} \neq 0); \quad (24)$$

Таблиця 4

Система статических и динамических показателей критической и коммерчески целесообразной грузопассажирского паром

Объект перевозки	Статические показатели загрузки грузопассажирского паром		Динамические показатели загрузки грузопассажирского паром	
	критическая загрузка	коммерчески целесообразная загрузка	критическая загрузка	коммерчески целесообразная загрузка
Грузы	$N_i^{кр} = \frac{R_{пост.}}{f_i - r_i}$	$N_i^{комм} = \frac{R_{пост.} + \Phi}{f_i - r_i}$ $N_i^{комм} = \frac{R_{пост.} \cdot k_{дох}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}}$	$N_i^{кр(t)} = \frac{R_{пост.} - N_i^{(t)} \cdot (f_{пасс.} - r_{пасс.})}{f_i - r_i}$	$N_i^{комм(t)} = \frac{R_{пост.} - N_i^{(t)} \cdot (f_{пасс.} - r_{пасс.}) + \Phi^{(t)}}{f_i - r_i}$ $N_i^{комм(t)} = \frac{R_{пост.} \cdot k_{дох}^{(t)} - N_i^{(t)} \cdot (f_{пасс.} - r_{пасс.}) \cdot k_{дох}^{(t)}}{f_i - r_i \cdot k_{дох}^{(t)}}$
Пассажиры	$N_{пасс}^{кр} = \frac{R_{пост.}}{f_{пасс.} - r_{пасс.}}$	$N_{пасс}^{комм} = \frac{R_{пост.} + \Phi}{f_{пасс.} - r_{пасс.}}$ $N_{пасс}^{комм} = \frac{R_{пост.} \cdot k_{дох}}{f_{пасс.} - r_{пасс.} \cdot k_{дох}}$	$N_{пасс}^{кр(t)} = \frac{R_{пост.} - N_i^{(t)} \cdot (f_i - r_i)}{f_{пасс.} - r_{пасс.}}$	$N_{пасс}^{комм(t)} = \frac{R_{пост.} - N_i^{(t)} \cdot (f_i - r_i) + \Phi^{(t)}}{f_{пасс.} - r_{пасс.}}$ $N_{пасс}^{комм(t)} = \frac{R_{пост.} \cdot k_{дох}^{(t)} - N_i^{(t)} \cdot (f_i - r_i) \cdot k_{дох}^{(t)}}{f_{пасс.} - r_{пасс.} \cdot k_{дох}^{(t)}}$

б) условие критической загрузки грузопассажирского парома на шаге t выражается через планируемое к перевозке количество пассажиров ($N_{насс}^{(t)}$), статические показатели N_i^{kp} , $N_{насс}^{kp}$ и динамический показатель $N_i^{kp(t)}$ так:

$$\frac{N_i^{kp(t)}}{N_i^{kp}} + \frac{N_{насс}^{(t)}}{N_{насс}^{kp}} = I, \quad (25)$$

при $N_i^{kp} \neq 0$; $N_{насс}^{kp} \neq 0$.

Аналогичным образом, область значений коммерчески целесообразных загрузок грузопассажирского парома представляется отрезком в плоскости объемов перевозок и удовлетворяет следующим условиям:

$$\frac{N_i^{(t)}}{N_i^{комм}} + \frac{N_{насс}^{комм(t)}}{N_{насс}^{комм}} = I \quad (26)$$

при $N_i^{комм} \neq 0$; $N_{насс}^{комм} \neq 0$;

$$\frac{N_i^{комм(t)}}{N_i^{комм}} + \frac{N_{насс}^{(t)}}{N_{насс}^{комм}} = I, \quad (27)$$

при $N_i^{комм} \neq 0$; $N_{насс}^{комм} \neq 0$.

Выводы. В результате исследования:

1. Проведен анализ работ, связанных с тематикой статьи, в процессе которого:

а) установлено, что в рассмотренных источниках:

– приведены различные подходы к формированию традиционной системы эксплуатационных и валютно-финансовых показателей, расчет которых базируется на средних и средневзвешенных величинах [2-4];

– разработаны методики обоснования оптимальных [1, 7] и критических [5] величин показателей работы отдельно грузовых [1, 5, 7] и пассажирских [6] судов;

б) сделан вывод о том, что в рассмотренных работах:

– показатели критической, пороговой и оптимальной загрузки грузового [1, 5, 7] и пассажирского [6] судов являются статическими;

– не учитывается возможность комбинированной загрузки судна различными по номенклатуре грузами и пассажирами.

2. Определены динамические показатели критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома.

3. Формализован процесс принятия решений по обоснованию динамических показателей критического и коммерчески целесообразного количества грузов ($N_i^{кр(t)}; N_i^{комм(t)}$) и пассажиров ($N_{пасс}^{кр(t)}; N_{пасс}^{комм(t)}$) в загрузке грузопассажирского парома.

4. Систематизированы статические и динамические показатели критической ($N_i^{кр}; N_{пасс}^{кр}; N_i^{кр(t)}; N_{пасс}^{кр(t)}$) и коммерчески целесообразной ($N_i^{комм}; N_{пасс}^{комм}; N_i^{комм(t)}; N_{пасс}^{комм(t)}$) загрузки судна.

5. Установлены условия критической и коммерчески целесообразной загрузки грузопассажирского парома, исходя из зависимостей между соответствующими статическими и динамическими показателями, а также фактическими данными о планируемых к перевозке грузах и пассажирах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириллова Е.В. Формализация и систематизация критических и оптимальных величин показателей работы судна / Е.В. Кириллова, Ю.И. Кириллов // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2008. – Вип. 13. – С. 165-198.
2. Организация и планирование работы морского флота / А.А. Союзов, П.Р. Дубинский, О.Т. Кондрашихин, В.С. Петухов; под. ред. А.А. Союзова. – М.: Транспорт, 1979. – 416 с.
3. Винников В.В. Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок) / В.В. Винников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Латстар, 2001. – 416 с.
4. Бакаев В. Г. Эксплуатация морского флота / В.Г. Бакаев. – М.: Транспорт, 1965. – 560 с.
5. Кириллова Е.В. Система показателей коммерчески целесообразной загрузки судна / Е.В. Кириллова // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць. – Одесса: ОНМУ, 2007. – Вип. 22. – С. 54-68.
6. Кириллова Е.В. Показатели критически безубыточной и коммерчески целесообразной работы круизного предприятия / Е.В. Кириллова, Е.С. Мелешенко // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2012: Сб. научн. трудов. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – Вып. 2. – Т. 1. – С. 54-60.

7. Кириллова Е.В. Обоснование оптимального количества грузов в загрузке судна / Е.В. Кириллова // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2006. – Вип. 11. – С. 142-153.
8. Финансовый менеджмент: теория и практика / Е.С. Стоянова, Т.Б. Крылова, И.Т. Балабанов, Е.В. Быкова, И.Г. Кукукина и др.; под ред. Е.С. Стояновой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Перспектива, 2000. – 656 с.
9. Савчук В.П. Управление финансами предприятия / В.П. Савчук. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: БИНОМ, 2005. – 480 с.
10. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Г.В. Савицкая. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2009. – 536 с.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2013

Рецензент – академік, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські перевезення» Одеської національної морської академії **Л.Л. Ніколаєва**.

УДК 656.022:06.049:658.513.3

Д.О. Вишневский

**СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЙ
В ЛИНЕЙНОМ СУДОХОДСТВЕ**

В статье рассматривается процесс организации линии, для дальнейшей работы судов по расписанию. Изучены вопросы, требующие своевременного разрешения для проектирования линии, начиная с момента выбора тоннажа и заканчивая формированием схем движения судов для их дальнейшей работы в рамках расписания. Произведена оценка текущей ситуации в сфере линейного судоходства. Проанализированы шаги, предпринятые в целях его реформирования. Рассмотрена проблема выполнения расписаний и существующие мероприятия, принимаемые для сохранения его целостности. Предложена система организации работы судов по расписанию в линейном судоходстве в современных условиях.

Ключевые слова: транспортный процесс, линейное судоходство, расписание, альянсы, судно-субститут, тоннаж, грузопотоки, бункеровка.

У статті розглядається процес організації лінії, для подальшої роботи суден за розкладом. Вивчено питання, що потребують своєчасного вирішення для проектування лінії, починаючи з моменту вибору тоннажу і закінчуючи формуванням схем руху суден для їх подальшої роботи в рамках розкладу. Виконана оцінка поточної ситуації в сфері лінійного судноплавства. Проаналізовані заходи, що приймаються задля його реформування. Розглянуто проблему виконання розкладів та існуючі методи, які сприяють збереженню його цілісності. Запропоновано систему організації роботи суден за розкладом в лінійному судноплавстві в сучасних умовах.

Ключові слова: транспортний процес, лінійне судноплавство, розклад, альянси, судно-субститут, тоннаж, вантажопотоки, бункерування.

The article examines the process of organization of the shipping line for the further work of the vessels within the schedule. Here are explored certain issues, which require timely solution for designing of the shipping lines, from tonnage selection to the moment of traffic shaping for further work of the vessels within the schedule. An assessment of the current situation in liner shipping was performed, as well as an analysis of the steps needed in order to reform it. Here was also considered the problem of the schedules implementation, and existing techniques that maintain its integrity. The system of organization of the courts on schedule in liner shipping at present.

Keywords: transport process, liner shipping, schedule, alliances, substitute vessel, tonnage, cargo traffic, bunkering.

Введение. В условиях глобализации мировой экономики роль морского транспорта существенно возрастает. Это выдвигает на первый план задачу дальнейшего расширения и углубления межгосударственных хозяйственных связей. При этом различные производства, как правило, начинаются в одном месте, а заканчиваются в другом. Они нередко могут находиться на разных континентах. Для этого требуется соответствующий уровень организации, синхронизации процесса производства, транспортировки и потребления.

Кроме расширения географии своей деятельности, конкуренция требует от перевозчиков принятия мер по снижению издержек. Это становится возможным при новых формах сотрудничества, позволяющих им распределять риски и улучшать обслуживание [1. С. 42].

Процессы глобализации не только связаны со слиянием и интеграцией капиталов в областях экономики, но и направлены на широкое использование новых принципов в организации и технологии производства, реализации и транспортировки товаров [2. С. 239]. При этом все более возрастает значение систем с согласованными процессами изготовления и сбыта продукции, с транспортным обеспечением и интеграцией их в комплексные транспортные процессы. В частности, в условиях ужесточения конкуренции мировое линейное судоходство претерпело существенные по масштабам и последствиям организационные преобразования. Суть этих преобразований состоит в новом способе организации перевозок, направленном на создание качественно новой системы обслуживания мирового флота.

Актуальность темы обуславливается потребностью в обеспечении целостности расписания в линейном судоходстве, а также заинтересованностью участников транспортного процесса в новых, прогрессивных формах организации работы флота.

Цель работы. Разработка методики организации расписания, для работы судов на линиях.

Основной материал. Проблема организации транспортного процесса и управления им уже рассматривалась ранее многими исследователями, где отражались условия, которые были актуальны на период проведения исследования [3-5]. Это определяет задачу формулировки ряда системных предпосылок для разработки системы организации работы судов по расписанию в линейном судоходстве для современных условий.

Сущность “системы формирования расписаний в линейном судоходстве” становится понятна при раскрытии понятия самого термина и рассмотрении элементов структуры данной системы. При этом целесообразно исходить из того, что система представляет целостное множество взаимосвязанных элементов, со своей структурой и связью с внешней средой [6-8].

При создании данной системы, необходимо руководствоваться рядом системообразующих принципов, в числе которых: целостность – позволяет проанализировать систему и как единый объект, устойчивый к

внутренним и внешним воздействиям; множественность – с её помощью можно осуществлять описание отдельных элементов системы; структурность – предполагает рассмотрение каждого отдельного элемента системы в рамках конкретной структуры; иерархичность – где реализуется подчинение элементов низшего уровня элементам высшего [9].

В качестве внешней среды по отношению к системе будет выступать: непосредственно внешняя среда (регион), в котором будет функционировать флот, с гидрометеорологическими условиями трассы; отечественные и иностранные порты, в которых осуществляется обслуживание судов и перевалка грузов; судоремонтные заводы; региональные судоходные линии, внешнеторговые организации, судоходные компании, смежные и вышестоящие организации, министерства, ведомства, и другие участники транспортного процесса [10].

Успешность функционирования предприятия морского транспорта определяется гибкостью её системы управления, умением приспосабливаться к динамично изменяющейся внешней среде [11. С. 70]. Достигается это посредством проведения постоянной оценки условий внешней среды, в которой осуществляет свою деятельность судоходное предприятие. Также необходима своевременная дифференциация проблем, что возникают на рынке транспортных услуг и принятие адекватных этим проблемам мер.

Целостность представляет невозможность сведения свойств системы к сумме свойств элементов, составляющих её структуру. В качестве элементов системы выступают суда определенного типа, грузопотоки, направления на которых осуществляется работа.

Структурность и иерархичность выражается в возможности изучения системы через имеющиеся связи между её элементами. При этом, при рассмотрении структуры системы выделяют управляющую и управляемую подсистемы, между которыми существуют прямые и обратные связи. В качестве управляемой подсистемы можно выделить суда и перевозимые грузы, в то время как управляющая система, в зависимости от условий, может быть представлена управленческим аппаратом судоходных компаний, линейным оператором либо линейным агентом.

Множественность системы представлена в её сложности и изучение происходящих в ней процессов через множество экономико-математических моделей, характеризующих отдельные её составляющие (отбор тоннажа, выбор участков движения судов, формирование схем движения судов на линии).

Линейное судоходство являет собой одну из самых эффективных форм организации работы морского флота и при этом одну из самых сложных областей в судоходстве [12]. Большинство проблем в линейном судоходстве проявляется в: наличии широкой номенклатуры перевозимых грузов, сложностью условий работы линейных судов, использовании различных типов судов, технологий перевозки и перегрузки грузов, взаимодействия различных организаций, принимающих участие в транспортном

процессе, а также быстрому развитию технологий в сфере морского транспорта. Поэтому обоснование организации новой линии, с дальнейшей работой судов по расписанию, представляет сложный процесс, требующий разрешения вопросов организации и планирования движения судов.

Определенные шаги по реформированию системы линейного судоходства предпринимались и ранее, однако существенных изменений в сфере линейного судоходства еще не произошло. По существу, для этого требуется постановка ряда новых целей. Это не просто максимизация прибыли или минимизация издержек при перевозке грузов, но и учет таких ограничений, как обеспечение должного уровня обслуживания и соблюдение расписаний в соответствии с требованиями рынка.

Жесткая конкуренция побуждает судоходные компании тщательно подходить к изучению запросов клиентуры [13. С. 7-22], а также применять широкий набор различных приемов для усиления своих позиций на рынке [14. С. 43-44]. Примеры подобного рода мероприятий показаны на рис. 1.

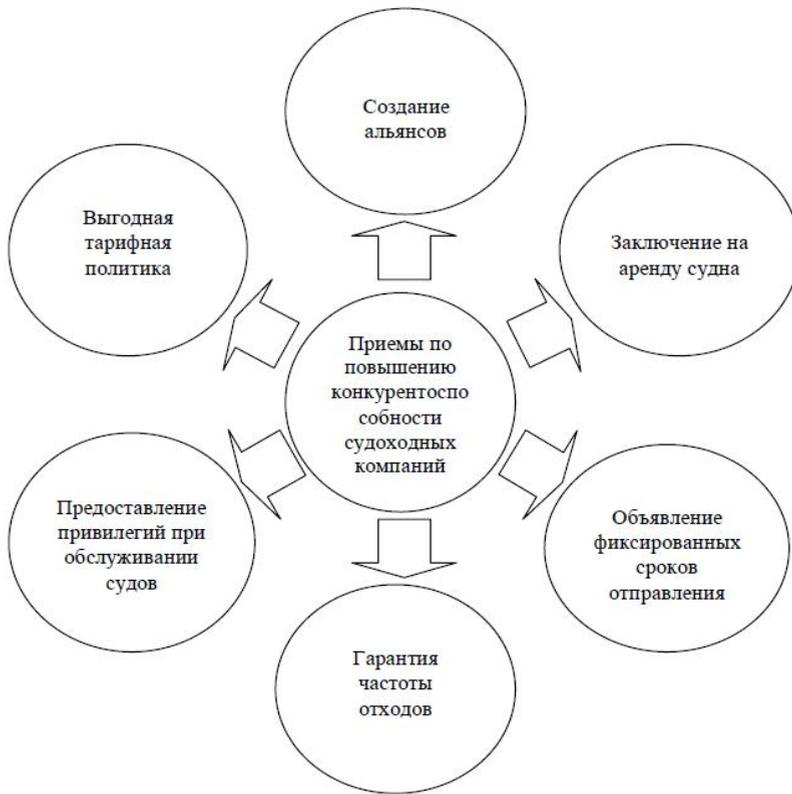


Рис. 1. Состав мероприятий, предпринимаемых судоходными компаниями, в целях повышения конкурентоспособности

Тем не менее, даже принятие дополнительных мер, которые могут способствовать сохранению целостности расписания [14. С. 7-8], – нередко не способны в полной мере гарантировать точное соблюдение расписания на длительный период. Поэтому, выбирая учетный период, судовладелец должен, с одной стороны, учесть возможность получения груза, с другой – свои силы по соблюдению расписания и затраты, которые он может понести при этом. Меры по соблюдению целостности расписаний представлены на рис. 2.



Рис. 2. Меры, предпринимаемые для сохранения целостности расписания

Исследование закономерностей образования запасов грузов в различных звеньях транспортной цепи, на сегодняшний день является одной из основных задач [15. С. 253]. Среди множества факторов, определяющих уровень запаса груза, одними из наиболее важных следует считать регулярность и ритмичность работы различных видов транспорта. Объективно существующая неравномерность работы магистрального транспорта накладывает определенные ограничения на возможность обеспечения должной регулярности движения транспортных средств, при которой уровень запаса минимален. Проблема влияния степени равномерности движения транспортных средств, которые доставляют груз в некоторые пункты перевалки и вывозят этот груз, на концентрацию грузов в порту не потеряла своей актуальности.

На сегодняшний день в развитии транспортного морского флота просматривается ряд тенденций, которые наглядно продемонстрированы на рис. 3.



Рис. 3. Современные тенденции развития морского транспорта

Увеличение грузоподъемности морских транспортных судов происходит наравне с увеличением дальности перевозок, улучшением технической оснащённости портов и др.

Рост средней грузоподъемности и отдельных судов в частности, способствует увеличению доли крупнотоннажных судов, что в свою очередь влечет за собой омоложение флота [16. С. 33].

Увеличение скоростей движения судов приводит к сокращению оборота судов и ускоренной доставке грузов. Данный процесс протекает дифференцированно, и наиболее характерным он является для сухогрузных и специализированных судов, работающих на линиях.

Специализация судов на сегодняшний день характеризуется численным ростом узкоспециализированных судов, которые приспособлены для перевозок строго регламентированных грузов, к примеру, угля, руды, сжиженных газов и, разумеется, контейнеров. Дальнейшая специализация судов способствует повышению уровня безопасности перевозок и сохранности грузов. Развитие специализации также дает толчок к модернизации универсальных судов, что выражается в постройке судов, предназначенных для перевозки широкой номенклатуры грузов.

Наглядное изображение ряда вопросов, требующих своевременного разрешения перед непосредственно организацией линии, можно увидеть на рис. 4.

Первым шагом на пути к организации расписаний в линейном судоходстве становится постановка целей и формулировка комплекса задач, решение которых и позволит создать систему. Поэтому перед исследованием расписаний работы судов на линии, необходимо предварительно рассмотреть ряд вопросов, которые включают изучение грузовой базы и поиск портов, которые станут основой будущей линии.

Выбор портов производится после определения постоянного грузопотока. Судоходные компании осуществляют данную процедуру по-

средством их мониторинга на наличие необходимой грузовой базы. При этом следует произвести систематизацию грузопотока по направлениям. Эта необходимость связана с характеристикой трассы следования и самих портов, на которых замыкается грузопоток.

Экономика районов, тяготеющих к морскому транспорту, не должна изучаться лишь эпизодически, в связи с составлением того или иного перспективного плана [17. С. 237]. Изучение экономики приморских районов и изыскание новых грузов, которые могут быть привлечены на морской транспорт, особенно в незагруженных направлениях, должно вестись систематически. Данная процедура должна осуществляться оперативными работниками, которые повседневно состоят в деловом контакте с грузоотправителями.

Оценка количества необходимого груза в портах производится на основе оптимистических и пессимистических прогнозов относительно наличия этого груза. Это позволяет определить потенциальную провозную способности флота, т.е. то количество груза, которое может быть перевезено флотом судоходной компании на данном направлении при определенных условиях и способе организации его работы.

Таким образом, становится возможным перейти к изучению структуры флота, с дальнейшим подбором судов, которые и начнут осуществлять свою деятельность на будущей линии, (см. рис. 4 блок б).

При отборе судов для работы на линиях особое внимание обращают на степень соответствия каждого из них специальным требованиям, отражающим особенности линейной формы судоходства [14. С. 185]. Например, для обеспечения конкурентоспособности отечественного флота, выделяемого для работы на конференциальных линиях, необходимы повышенные скорости для удовлетворения разнообразных запросов клиентуры, наличие специального оборудования и устройств, что повышает степень приспособленности выбранного судна для работы на линии. Это в свою очередь выдвигает на передний план вопросы загрузки судов и квот грузоподъемности, зависящих от объемов партионности.

Решение данных вопросов позволяет перейти к постановке задачи выбора тоннажа. Результаты, полученные в ходе решения данной задачи, дадут возможность сделать вывод об эффективности отобранного тоннажа. На следующем этапе принимается решение либо о принятии данных судов для дальнейшей работы на перспективном направлении, либо, если расчеты покажут, что работа судов будет неэффективной, происходит повторное изучение структуры флота и выбор других судов (см. рис. 4 блок б).

Если результаты решения задачи выбора тоннажа признаны положительными, то это позволяет приступить к изучению и выбору участков в границах направления, где суда будут осуществлять работу (см. рис. 4 блок 11). Наличие сведений о флоте, портах и участках, из которых они состоят, дает возможность перейти к постановке второй задачи – выбору участков для работы судов.

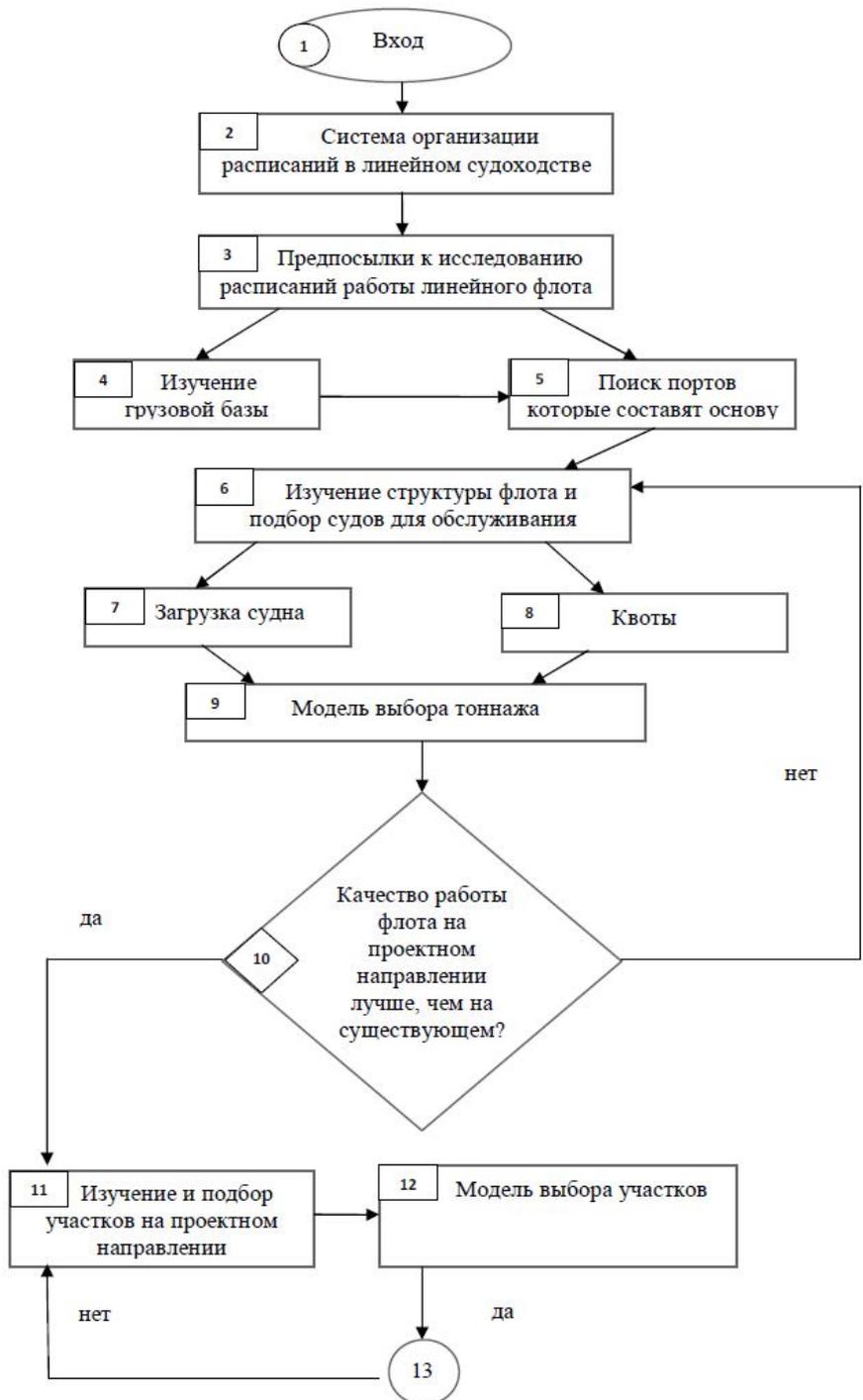
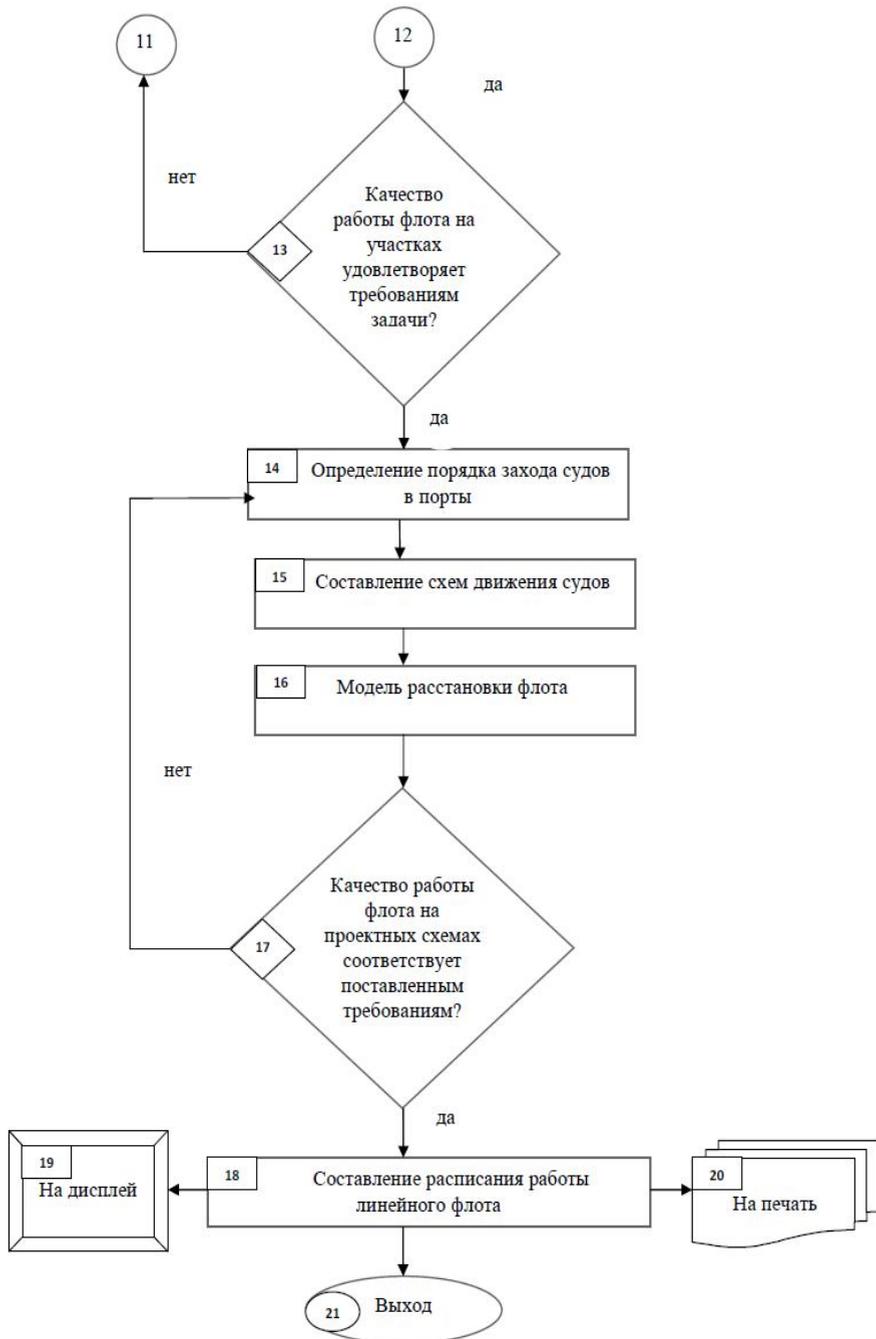


Рис. 4. Состав и взаимосвязь задач, требующих разрешения для организации линии



Продолжение рис. 4

Если работа на данных участках будет признана положительной, то принимается решение о включение данных участков в основу проектного направления. В противном случае необходимо повторно осуществить выбор участков (см. рис. 4 блок 11).

Наличие данных о судах, полученных в ходе решения задачи выбора тоннажа, а также данных об участках, полученных в результате решения задачи выбора участков для работы судов, делает возможным определение порядка захода судов в порты (см. рис. 4 блок 14). Таким образом, можно будет сформировать схемы движения судов на линии. Это позволит перейти к решению третьей задачи в данной системе – расстановке флота. Если результаты решения данной задачи будут положительными, то можно сделать вывод об эффективности сформированных схем движения судов на линии. В противном случае необходимо изменить порядок захода судов в порты, и составить новые схемы движения судов (см. рис. 4 блок 14).

Таким образом, сформулированная система формирования расписаний в линейном судоходстве и соответствующий комплекс задач, позволяет в конечном итоге создать проект расписания для рассматриваемого региона.

Вывод

1. Определена система формирования расписаний в линейном судоходстве, с соответствующими элементами и связями. Указана внешняя среда и дана её характеристика.

2. Изучена текущая ситуация в морской отрасли:

- сделано заключение об отсутствии сколь-нибудь существенных изменений в сфере линейного судоходства за последнее время;
- выделена проблема невыполнения расписаний, рассмотрены основные шаги, предпринимаемые в целях поддержание его целостности;
- установлено, что морской отрасли требуются новые, динамичные способы формирования расписаний.

3. Разработан комплекс задач для системы формирования расписаний в линейном судоходстве в современных условиях, где выделяются три основных этапа:

- отбор тоннажа для работы на проектном направлении;
- выбор участков, на которых отобранные суда будут осуществлять свою деятельность;
- формирование замкнутых схем движения судов с последующей разработкой расписания.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишневецкий Д.О., Вишневецкая О.Д. Роль альянсов в линейном судоходстве // Сб. научн. трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований `2011». – Одесса, 2011. – Т. 1. – С.42-44.
2. Панарин П.Я., Горшков Я.А. Международное линейное судоходство // Зб. наук. праць «Методи та засоби управління розвитком транспортних систем». – Одеса: ОНМУ, 2003. – Вип. 5. – С. 238-252.
3. Капитанов В.П. Организация и оперативное управление перевозочным процессом в смешанных водных сообщениях: Автореф. дис ... д-ра техн. наук // В.П. Капитанов. – Одесса, 1990. – 50 с.
4. Левый В.Д. Оперативное управление работой флота: Учебник / В.Д. Левый. – М.: Транспорт, 1981. – 157 с.
5. Панарин П.Я. Организация работы линейного флота: Учебн. пособие / П.Я. Панарин. – М.: Транспорт, 1980. – 192 с.
6. Лившиц В.М. Системный анализ экономических процессов на транспорте: Монография / В.М. Лившиц. – М.: Транспорт, 1986. – 240 с.
7. Неволин В.В. Основы управления речным транспортом: Учебн. пособие для ин-тов водн. трансп. / В.В. Неволин. – М.: Транспорт, 1988. – 176 с.
8. Системный анализ в экономике и организации производства / Под ред. С.А. Валуева, С.Н. Волкова. – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.
9. Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г. Системный подход в современной науке. – В кн. «Проблемы методологии системных исследований». – М.: Мысль, 1970. С. 7-48.
10. Шibaев А.Г. Подготовка и обоснование решений по управлению перевозками и работой флота морской судоходной компании: Монография / А.Г. Шibaев. – Одесса: ХОРС, 1998. – 208 с.
11. Кириллова Е.В. Организация и управление работой морских судов в ролкерной транспортно-технологической системе: Дисс. ... канд. техн. наук / Е.В. Кириллова. – Одесса: ОНМУ, 2004. – 184 с.

12. Панарин П.Я. Развитие международного линейного судоходства: Учебник / П.Я. Панарин. – Одесса, 1975. – 156 с.
13. Jonsson J.O., Sheerson D., Economics of trade density in liner shipping and optimal pricing / J.O. Jonsson // *The Journal of Transport Economics and Policy*. – 1985. – № 1. – P.7-22.
14. Вишневский Д.О., Вишневская О.Д., Последствия нарушения целостности расписания для участников транспортного процесса в линейном судоходстве // Сб. научн. трудов по материалам международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития `2011». – Одесса: ОНМУ, 2011. – Т. 1. – С.7-8.
15. Боделан И.В. Об одном методе анализа влияния регулярности движения транспорта на уровень запаса в логистической системе // Зб. наук. праць «Методи та засоби управління розвитком транспортних систем». – Одеса: ОНМУ, 2003. – Вип. 5. – С.253-260.
16. Союзов А.А. Организация и планирование работы морского флота: Учебник для вузов морск. трансп. / А.А. Союзов. – М.: Морской транспорт, 1979. – 416 с.
17. Гуревич Г.Е. Организация работы морского флота: Учебник / Г.Е. Гуревич. – М.: Транспорт, 1961. – 355 с.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2013

Рецензент – доктор економічних наук, доцент, завідуючий кафедрою «Організація митного контролю на транспорті» Одеського національного морського університету **С.П. Оніщенко**

УДК 656.6: 519.863

М.А. Верещака

**СИСТЕМНА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНВЕСТИЦІЙ
У РІЧКОВИЙ ФЛОТ, ПОРТИ ТА ІНФРАСТРУКТУРУ
ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХІВ**

У статті побудовані моделі системної оптимізації інвестицій у річковий флот, порти та інфраструктуру внутрішніх водних шляхів, аналітично знайдені оптимальні значення відповідних інвестицій.

Ключові слова: внутрішні водні шляхи, річковий флот, порти, інфраструктура, інвестиції, оптимізація.

В статье построены модели системной оптимизации инвестиций в речной флот, порты и инфраструктуру внутренних водных путей, аналитически найдены оптимальные значения соответствующих инвестиций.

Ключевые слова: внутренние водные пути, речной флот, порты, инфраструктура, инвестиции, оптимизация.

Models of system optimization of investments into river fleet, ports and infrastructure of internal water ways are built, optimal values of these investments are analytically determined.

Keywords: internal water ways, river fleet, ports, infrastructure, investment, optimization.

Постановка загальної проблеми. Внутрішні водні шляхи відіграють важливу роль у транспортній системі країни, оскільки здатні забезпечити великі обсяги перевезень з низькими витратами на них. Проте стан внутрішніх водних шляхів з часом погіршується в силу природних чинників, тож необхідно періодично проводити днопоглиблювальні роботи, інвестувати у розвиток інфраструктури внутрішніх водних шляхів та пропускної спроможності річкового флоту і портів.

Тож актуальною є проблема визначення обсягів та структури інвестування у внутрішні водні шляхи та пов'язані з ними напрямки.

Огляд публікацій із загальної проблеми. Теорія та методологія побудови транспортних систем розглянуті у [1, 2]. Взаємодії різних видів транспорту присвячені роботи [3, 4]. Проблематика саме внутрішнього водного транспорту висвітлена у [5]. Зокрема, інвестиційна діяльність на водному транспорті досліджена у [6]. У [7, 8] побудовані математичні моделі транспортних систем, що дають змогу формалізовано описати їх діяльність.

Проте у наявних публікаціях не вирішена задача визначення необхідних значень інвестицій у розвиток внутрішніх водних шляхів, річкового флоту та портів, які б дозволяли збалансувати їх пропускні спроможності на оптимальному рівні.

Тож **метою даної статті** є системна оптимізація інвестицій у флот, порти та інфраструктуру внутрішніх водних шляхів за допомогою побудови та аналізу відповідних математичних моделей.

Основний матеріал дослідження. Розглянемо спочатку випадок інвестування у річковий флот у припущенні достатнього рівня розвитку внутрішніх водних шляхів (якщо інвестиції у їх подальший розвиток не потрібні). Тоді модель оптимізації інвестицій у річковий флот буде мати вигляд:

$$F = \sum_{t=0}^T \frac{d \cdot Q_1}{(1+R)^t} - I_1 \rightarrow \max_{I_1 \geq 0}, \quad (1)$$

де F – чиста приведена вартість інвестиційного проекту розвитку річкового флоту;

d – чистий дохід від одиниці перевезеної продукції;

Q_1 – обсяг перевезеної річковим флотом продукції (пропускна спроможність річкового флоту за умови достатності попиту);

R – ставка дисконту;

T – горизонт планування;

I_1 – величина інвестицій у річковий флот.

Із залученням інвестицій обсяг перевезень Q_1 буде зростати, але все повільніше, адже ефективність додаткових вкладень поступово спадає в силу дії закону спадної продуктивності. Отже, функція $Q_1(I_1)$ буде монотонно зростаючою та опуклою догори; найпростішою функцією, що відповідає даним умовам є (рис.1)

$$Q_1 = Q_1^0 + c_1 \sqrt{I_1}, \quad (2)$$

де c_1 – показник ефективності інвестицій у річковий флот;

Q_1^0 – базове значення обсягу перевезень річковим флотом.

Позначимо дисконтуючий множник як

$$\beta = \beta(R, T) = \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+R)^t}. \quad (3)$$

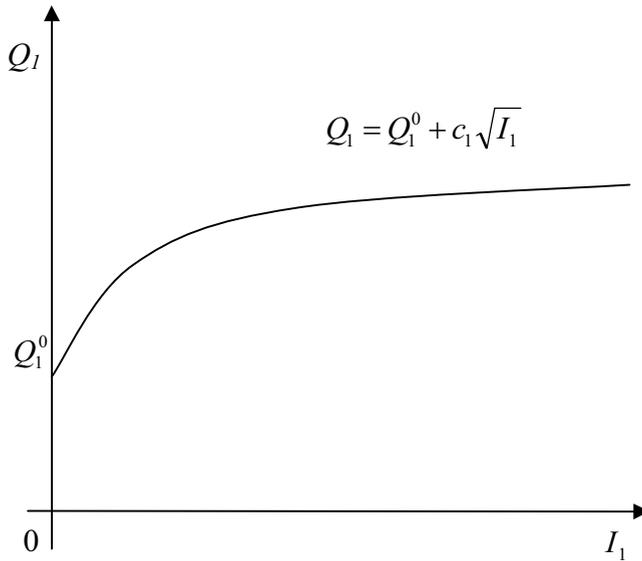


Рис. 1. Залежність обсягу перевезень Q_1
від інвестицій у річковий флот I_1

Для інвесторів дисконтна ставка R являє собою ступінь переваги цінності теперішніх грошей щодо майбутніх, чим вона більша, тим менший дисконтуючий множник β , тим більша перевага надається цінності теперішніх грошей над майбутніми. Зі збільшенням горизонту планування інвестиційного проекту T дисконтуючий множник $\beta(R, T)$ зростає, але все повільніше, оскільки кожний наступний рік матиме все менше значення з точки зору теперішнього моменту.

Таким чином, запишемо (1), застосовуючи усі введені залежності:

$$F = \beta \cdot d \cdot Q_1 - I_1 = \beta \cdot d(Q_1^0 + c_1\sqrt{I_1}) - I_1 \rightarrow \max_{I_1 \geq 0}. \quad (4)$$

Прирівняємо до нуля першу похідну від (4) та знайдемо оптимальне значення інвестицій у річковий флот за умови достатнього рівня розвитку внутрішніх водних шляхів

$$F'_{I_1} = \frac{\beta \cdot d \cdot c_1}{2\sqrt{I_1}} - 1 = 0. \quad (5)$$

Звідси

$$\sqrt{I_1} = \frac{\beta \cdot d \cdot c_1}{2}. \quad (6)$$

Знаходимо оптимальне значення інвестицій у річковий флот I_1^* за умови достатнього рівня розвитку внутрішніх водних шляхів

$$I_1^* = \left(\frac{\beta \cdot d \cdot c_1}{2} \right)^2 \quad (7)$$

та оптимальний обсяг перевезень річковим флотом Q_1^*

$$Q_1^* = Q_1^0 + \frac{\beta \cdot d \cdot c_1^2}{2}. \quad (8)$$

Аналізуючи (7), робимо висновок, що оптимальне значення інвестицій у річковий флот зростає з підвищенням показника ефективності інвестицій c_1 , питомого чистого доходу d та дисконтуючого множника β , причому все швидше, пропорційно квадрату цих величин. З (8) же бачимо, що приріст обсягу перевезень річковим флотом також є пропорційним квадрату показника ефективності інвестицій c_1 , але за питомим чистим доходом d та дисконтуючим множником β зростає вже лінійно.

Якщо $Q_1^* \leq Q_2^0$, де Q_2^0 – базове значення пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів, то задача є розв’язаною.

Розглянемо тепер ситуацію $Q_1^* > Q_2^0$, коли річковий флот має потенціал до розвитку, але невідповідний стан внутрішніх водних шляхів, недостатність їх пропускної спроможності стримує цей розвиток, обмежує його, а отже необхідне узгоджене інвестування і в розвиток річкового флоту, і в розширення пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів.

В результаті залучення інвестицій у розвиток внутрішніх водних шляхів їх пропускна спроможність Q_2 буде зростати, але все повільніше, адже можливості покращення стану внутрішніх водних шляхів будуть поступово вичерпуватися, тож функція Q_2 буде монотонно зростаючою та опуклою догори (рис. 2)

$$Q_2 = Q_2^0 + c_2 \sqrt{I_2}, \quad (9)$$

де c_2 – показник ефективності інвестицій у розвиток внутрішніх водних шляхів.

Зазначимо, що внутрішні водні шляхи виконують одночасно дві функції: з одного боку, забезпечують доставку продукції річковим флотом споживачам, з іншого боку, не збільшують кількість перевезеної продукції, але ж підвищують її вартість (тобто d).

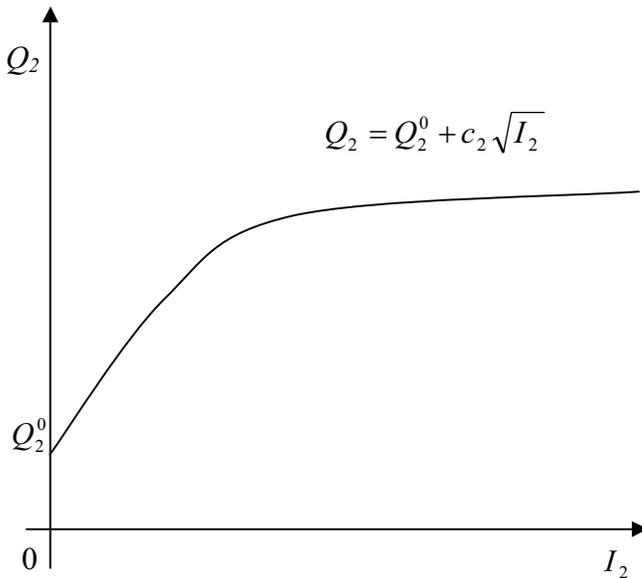


Рис. 2. Залежність пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів Q_2 від інвестицій у їх розвиток I_2

Тож розглянемо модель системної оптимізації інвестування як у розвиток річкового флоту, так і в розширення пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів

$$F = \beta \cdot d \cdot Q_1 - I_1 - I_2 \rightarrow \max_{I_1, I_2 \geq 0} \quad (10)$$

$$Q_1 \leq Q_2,$$

де I_2 – інвестиції у розвиток внутрішніх водних шляхів.

Для знаходження оптимального розв'язку моделі (10) побудуємо функцію Лагранжа

$$F(I_1, I_2, \lambda) = \beta \cdot d \cdot Q_1 - I_1 - I_2 + \lambda(Q_2 - Q_1) \rightarrow \max_{I_1, I_2, \lambda \geq 0}. \quad (11)$$

Підставимо (2) та (9) у (11) і запишемо модель у розгорнутому вигляді

$$F(I_1, I_2, \lambda) = \beta \cdot d \cdot (Q_1^0 + c_1 \sqrt{I_1}) - I_1 - I_2 + \\ + \lambda (Q_2^0 + c_2 \sqrt{I_2} - Q_1^0 - c_1 \sqrt{I_1}) \rightarrow \max_{I_1, I_2, \lambda \geq 0}.$$

Прирівняємо до нуля усі три часткові похідні

$$F'_{I_1} = \frac{\beta \cdot d \cdot c_1}{2\sqrt{I_1}} - 1 - \frac{\lambda c_1}{2\sqrt{I_1}} = 0, \quad (12)$$

$$F'_{I_2} = -1 + \frac{\lambda c_2}{2\sqrt{I_2}} = 0, \quad (13)$$

$$F'_\lambda = Q_2^0 + c_2 \sqrt{I_2} - Q_1^0 - c_1 \sqrt{I_1} = 0. \quad (14)$$

Розв'яжемо цю систему з трьома невідомими I_1 , I_2 , λ з (12) отримуємо

$$\sqrt{I_1} = \frac{(\beta d - \lambda)c_1}{2}, \quad (15)$$

з (13) маємо

$$\sqrt{I_2} = \frac{\lambda c_2}{2}, \quad (16)$$

підставимо тепер (15) і (16) у (14)

$$F'_\lambda = Q_2^0 + \frac{\lambda c_2^2}{2} - Q_1^0 - \frac{(\beta d - \lambda)c_1^2}{2} = 0, \quad (17)$$

звідси

$$\lambda = \frac{\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0)}{c_1^2 + c_2^2}, \quad (18)$$

підставляємо (18) у (15) і (16), отримуємо

$$\sqrt{I_1} = \frac{\left(\beta d - \frac{\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0)}{c_1^2 + c_2^2} \right) c_1}{2} = \frac{(\beta d c_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))c_1}{2(c_1^2 + c_2^2)}, \quad (19)$$

$$\sqrt{I_2} = \frac{(\beta dc_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0))c_2}{2(c_1^2 + c_2^2)} \quad (20)$$

та знаходимо оптимальні значення інвестицій

$$I_1^* = \left(\frac{(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))c_1}{2(c_1^2 + c_2^2)} \right)^2, \quad (21)$$

$$I_2^* = \left(\frac{(\beta dc_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0))c_2}{2(c_1^2 + c_2^2)} \right)^2. \quad (22)$$

Цікаво, що на отримані оптимальні значення інвестицій у розвиток річкового флоту та внутрішніх водних шляхів впливають обидва коефіцієнти ефективності інвестицій у відповідні напрямки. З'ясуємо, як саме вони діють на інвестування. Для цього розглянемо спочатку похідну від виразу оптимальної величини інвестицій у розвиток річкового флоту (21) по відповідному коефіцієнту ефективності інвестицій c_1 .

$$\begin{aligned} (I_1^*)'_{c_1} &= \left(\frac{2c_1(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))}{2(c_1^2 + c_2^2)} \right) \\ &= \left(\frac{(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0)) \cdot 2(c_1^2 + c_2^2) - 4c_1^2(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))}{4(c_1^2 + c_2^2)} \right) = \\ &= \frac{c_1(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_2^2 - c_1^2)}{2(c_1^2 + c_2^2)^3}. \end{aligned} \quad (23)$$

Бачимо, що від'ємність чи додатність (23) залежить від співвідношення коефіцієнтів ефективності інвестицій, а саме

$$(I_1^*)'_{c_1} = \frac{c_1(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_2^2 - c_1^2)}{2(c_1^2 + c_2^2)^3} > 0$$

при $c_2 > c_1$, тоді I_1^* зростає по c_1 ,

$$(I_1^*)'_{c_1} = \frac{c_1(\beta dc_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_2^2 - c_1^2)}{2(c_1^2 + c_2^2)^3} < 0$$

при $c_2 < c_1$, тоді I_1^* спадає по c_1 .

Таким чином, якщо ефективність інвестицій у розвиток річкового флоту c_1 вища, ніж у внутрішні водні шляхи c_2 , то при її (c_1) подальшому збільшенні інвестиції у розвиток річкового флоту знижуються; а якщо нижча – то зростають.

Визначимо й вплив показника ефективності інвестицій у внутрішні водні шляхи c_2 на оптимальний обсяг інвестицій у розвиток річкового флоту I_1^* , для цього візьмемо відповідну часткову похідну

$$(I_1^*)'_{c_2} = \frac{c_1^2 c_2 (\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0)) \cdot (\beta d c_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))}{4(c_1^2 + c_2^2)^3} = \frac{c_1 \sqrt{I_2} \sqrt{I_1}}{c_1^2 + c_2^2} > 0. \quad (24)$$

Отже, оптимальний обсяг інвестицій у розвиток річкового флоту I_1^* при підвищенні ефективності інвестицій у внутрішні водні шляхи c_2 збільшується завжди, що підтверджує стимулюючу дію зростання пропускної здатності внутрішніх водних шляхів на розвиток річкового флоту.

Розглянемо тепер дію показника ефективності інвестицій у внутрішні водні шляхи c_2 на оптимальний обсяг інвестицій у відповідний напрямок I_2^* , для чого візьмемо похідну від виразу оптимальної величини інвестицій у внутрішні водні шляхи (22) по коефіцієнту ефективності інвестицій c_2

$$(I_2^*)'_{c_2} = \frac{c_2 (\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_1^2 - c_2^2)}{2(c_1^2 + c_2^2)^3}. \quad (25)$$

Від'ємність чи додатність (25) залежить від співвідношення коефіцієнтів ефективності інвестицій, а саме

$$(I_2^*)'_{c_2} = \frac{c_2 (\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_1^2 - c_2^2)}{2(c_1^2 + c_2^2)^3} > 0$$

при $c_1 > c_2$, тоді I_2^* зростає по c_2 ,

$$(I_2^*)'_{c_2} = \frac{c_2 (\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_1^2 - c_2^2)}{2(c_1^2 + c_2^2)^3} < 0$$

при $c_1 < c_2$, тоді I_2^* спадає по c_2 .

Таким чином, якщо ефективність інвестицій у внутрішні водні шляхи c_2 вища, ніж у розвиток річкового флоту c_1 , то при її (c_2)

подальшому збільшенні інвестиції у внутрішні водні шляхи I_2^* знижуються; а якщо нижча – то зростають.

Визначимо тепер вплив показника ефективності інвестицій у розвиток річкового флоту c_1 на оптимальний обсяг інвестицій у внутрішні водні шляхи I_2^* , для цього візьмемо відповідну часткову похідну

$$(I_2^*)'_{c_1} = \frac{c_2^2 c_1 (\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0)) \cdot (\beta d c_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))}{4(c_1^2 + c_2^2)^3} = \frac{c_2 \sqrt{I_2} \sqrt{I_1}}{c_1^2 + c_2^2} > 0. \quad (26)$$

Отже, розвиток річкового флоту в умовах $\bar{Q}_1^* > Q_2^0$, де \bar{Q}_1^* – оптимальний обсяг перевезень річковим флотом, потребує відповідного зростання пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів.

Підставимо тепер (21) і (22) у (2) та знайдемо оптимальний обсяг перевезень річковим флотом

$$\bar{Q}_1^* = Q_1^0 + \frac{(\beta d c_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0))c_1^2}{2(c_1^2 + c_2^2)} = \frac{\beta d c_2^2 + 2c_1^2 Q_2^0 + 2c_2^2 Q_1^0}{(c_1^2 + c_2^2)}, \quad (27)$$

порівняємо \bar{Q}_1^* (27) з оптимальним обсягом перевезень річковим флотом за відсутності інвестицій у внутрішні водні шляхи Q_1^* (8)

$$\begin{aligned} Q_1^* - \bar{Q}_1^* &= \frac{1}{2} \cdot \left(\beta d c_1^2 - \frac{c_1^2}{c_1^2 + c_2^2} (\beta d c_2^2 - 2(Q_1^0 - Q_2^0)) \right) = \\ &= \frac{c_1^2}{2(c_1^2 + c_2^2)} (\beta d c_1^2 + 2(Q_1^0 - Q_2^0)) > 0, \end{aligned} \quad (28)$$

при $I_2 > 0$. Отже, у разі необхідності інвестування у внутрішні водні шляхи оптимальні інвестиції у розвиток річкового флоту та оптимальний обсяг перевезень знижуються у порівнянні з ситуацією, коли пропускна спроможність внутрішніх водних шляхів була б достатньо високою з самого початку.

Зазначимо, що пропускна спроможність внутрішніх водних шляхів визначається як пропускною спроможністю їх інфраструктури, так і пропускною спроможністю відповідних річкових портів. Ці пропускні спроможності мають бути збалансовані між собою, щоб не утворювалися вузькі місця.

Тож побудуємо модель системної оптимізації інвестицій у розвиток річкового флоту, інфраструктуру внутрішніх водних шляхів та річкові порти:

$$F = \beta \cdot d \cdot Q_1 - I_1 - I_2 - I_3 \rightarrow \max_{I_1, I_2, I_3 \geq 0} \quad (29)$$

$$Q_1 \leq Q_2,$$
$$Q_1 \leq Q_3.$$

де I_1 – величина інвестицій у розвиток річкового флоту;
 I_2 – величина інвестицій в інфраструктуру внутрішніх водних шляхів;
 I_3 – величина інвестицій у річкові порти ;
 Q_2 – величина пропускної спроможності інфраструктури внутрішніх водних шляхів;
 Q_3 – величина пропускної спроможності річкових портів.

В результаті залучення інвестицій у інфраструктуру внутрішніх водних шляхів їх пропускна спроможність Q_2 буде зростати, але все повільніше, адже можливості її збільшення будуть поступово вичерпуватися, тож функція $Q_2(I_2)$ буде монотонно зростаючою та опуклою догори; найпростішою функцією, що відповідає даним умовам, є

$$Q_2 = Q_2^0 + c_2 \sqrt{I_2}, \quad (30)$$

де c_2 – показник ефективності інвестицій у інфраструктуру внутрішніх водних шляхів;

Q_2^0 – базове значення пропускної спроможності інфраструктури внутрішніх водних шляхів.

Аналогічно запишемо функцію залежності пропускної спроможності річкових портів від інвестицій у її збільшення $Q_3(I_3)$

$$Q_3 = Q_3^0 + c_3 \sqrt{I_3}, \quad (31)$$

де c_3 – показник ефективності інвестицій у підвищення пропускної спроможності річкових портів ;

Q_3^0 – базове значення величини пропускної спроможності річкових портів.

Для знаходження оптимального розв'язку (29) побудуємо функцію Лагранжа у розгорнутому вигляді, застосовуючи введені функції (30) і (31)

$$F(I_1, I_2, I_3, \lambda_1, \lambda_2) = \beta \cdot d \cdot (Q_1^0 + c_1 \sqrt{I_1}) - I_1 - I_2 - I_3 + \quad (32)$$

$$+ \lambda_1 (Q_2^0 + c_2 \sqrt{I_2} - Q_1^0 - c_1 \sqrt{I_1}) + \lambda_2 (Q_3^0 + c_3 \sqrt{I_3} - Q_1^0 - c_1 \sqrt{I_1}) \rightarrow \max_{I_1, I_2, I_3, \lambda_1, \lambda_2 \geq 0},$$

та прирівняємо до нуля її часткові похідні

$$F'_{I_1} = \frac{\beta \cdot d \cdot c_1}{2\sqrt{I_1}} - 1 - \frac{\lambda_1 c_1}{2\sqrt{I_1}} - \frac{\lambda_2 c_1}{2\sqrt{I_1}} = 0, \quad (33)$$

$$F'_{I_2} = -1 + \frac{\lambda_1 c_2}{2\sqrt{I_2}} = 0, \quad (34)$$

$$F'_{I_3} = -1 + \frac{\lambda_2 c_3}{2\sqrt{I_3}} = 0, \quad (35)$$

$$F'_{\lambda_1} = Q_2^0 + c_2 \sqrt{I_2} - Q_1^0 - c_1 \sqrt{I_1} = 0. \quad (36)$$

$$F'_{\lambda_2} = Q_3^0 + c_3 \sqrt{I_3} - Q_1^0 - c_1 \sqrt{I_1} = 0. \quad (37)$$

З (33) знайдемо

$$\sqrt{I_1} = \frac{(\beta \cdot d - \lambda_1 - \lambda_2) \cdot c_1}{2}, \quad (38)$$

з (34) отримуємо

$$\sqrt{I_2} = \frac{\lambda_1 \cdot c_2}{2}, \quad (39)$$

з (35) маємо

$$\sqrt{I_3} = \frac{\lambda_2 \cdot c_3}{2}. \quad (40)$$

Підставимо (39) і (38) у (36) та (40) і (38) у (37)

$$F'_{\lambda_1} = Q_2^0 + \frac{\lambda_1 c_2^2}{2} - Q_1^0 - \frac{c_1^2 (\beta d - \lambda_1 - \lambda_2)}{2} = 0. \quad (41)$$

$$F'_{\lambda_2} = Q_3^0 + \frac{\lambda_2 c_3^2}{2} - Q_1^0 - \frac{c_1^2 (\beta d - \lambda_1 - \lambda_2)}{2} = 0. \quad (42)$$

Розв'яжемо отриману систему

$$\begin{cases} \lambda_1 = -\frac{2(Q_2^0 - Q_1^0) - c_1^2 \beta d + \lambda_2 c_1^2}{c_1^2 + c_2^2}, \\ \lambda_2 = -\frac{2(Q_3^0 - Q_1^0) - c_1^2 \beta d + \lambda_1 c_1^2}{c_1^2 + c_3^2}, \end{cases} \quad (43)$$

Звідси

$$\lambda_1 = -\frac{2(c_1^2 + c_3^2)(Q_2^0 - Q_1^0) + c_1^2 c_2^2 \beta d + 2c_1^2 (Q_3^0 - Q_1^0)}{c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2}, \quad (44)$$

$$\lambda_2 = -\frac{2(c_1^2 + c_2^2)(Q_3^0 - Q_1^0) + c_1^2 c_2^2 \beta d + 2c_1^2 (Q_2^0 - Q_1^0)}{c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2}, \quad (45)$$

Підставляючи (44) і (45) у (38), (39) та (40), знаходимо оптимальні значення відповідних інвестицій

$$I_1^* = \left(\frac{c_1}{2} \cdot \frac{c_2^2 c_3^2 \beta d + 2c_3^2 (Q_2^0 - Q_1^0) + 2c_2^2 (Q_3^0 - Q_1^0)}{c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2} \right)^2, \quad (46)$$

$$I_2^* = \left(\frac{c_2}{2} \cdot \frac{c_1^2 c_2^2 \beta d + 2c_1^2 (Q_3^0 - Q_2^0) + 2c_3^2 (Q_1^0 - Q_2^0)}{c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2} \right)^2, \quad (47)$$

$$I_3^* = \left(\frac{c_3}{2} \cdot \frac{c_1^2 c_2^2 \beta d + 2c_1^2 (Q_2^0 - Q_3^0) + 2c_2^2 (Q_1^0 - Q_3^0)}{c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2} \right)^2, \quad (48)$$

Бачимо, що на отримані оптимальні значення інвестицій у розвиток річкового флоту, внутрішніх водних шляхів та річкових портів впливають усі коефіцієнти ефективності інвестицій у відповідні напрямки. З'ясуємо, як саме вони діють на інвестування

$$(I_1^*)'_{c_1} = \frac{c_1 (c_2^2 c_3^2 \beta d + 2c_3^2 (Q_2^0 - Q_1^0) + 2c_2^2 (Q_3^0 - Q_1^0))^2 \cdot (c_2^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2)}{4(c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2)^3}. \quad (49)$$

Бачимо, що $c_1 (c_2^2 c_3^2 \beta d + 2c_3^2 (Q_2^0 - Q_1^0) + 2c_2^2 (Q_3^0 - Q_1^0))^2 > 0$ та $4(c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2)^3 > 0$, отже, в разі $c_2^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2 > 0$, тобто при малому значенні c_1 , оптимальне значення інвестицій у розвиток річкового флоту I_1^* зростає по c_1 , у разі ж $c_2^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2 < 0$, тобто при великому значенні c_1 , оптимальне значення інвестицій у розвиток річкового флоту I_1^* спадає по c_1 .

Візьмемо тепер похідну від виразу оптимальної величини інвестицій у інфраструктуру внутрішніх водних шляхів (44) по коефіцієнту ефективності інвестицій c_2

$$(I_2^*)'_{c_2} = \frac{c_2 (c_1^2 c_2^2 \beta d + 2c_1^2 (Q_3^0 - Q_2^0) + 2c_3^2 (Q_1^0 - Q_2^0))^2 \cdot (c_1^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_2^2 c_3^2)}{4(c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2)^3}, \quad (50)$$

від'ємність чи додатність (47) залежить від різниці $c_1^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_2^2 c_3^2$.

При $c_1^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_2^2 c_3^2 > 0$ оптимальне значення інвестицій у інфраструктуру внутрішніх водних шляхів I_2^* зростає по c_2 ; бачимо, що це можливо при малому значенні c_2 .

При $c_1^2 c_3^2 - c_1^2 c_2^2 - c_2^2 c_3^2 < 0$ оптимальне значення інвестицій у інфраструктуру внутрішніх водних шляхів I_2^* спадає по c_2 ; це матиме місце при великому значенні c_2 .

Проаналізуємо й вплив коефіцієнта ефективності інвестицій у річкові порти на оптимальне значення інвестицій у цей напрям, для чого візьмемо похідну від виразу (45) по коефіцієнту c_3

$$(I_3^*)'_{c_3} = \frac{c_3 (c_1^2 c_2^2 \beta d + 2c_1^2 (Q_2^0 - Q_3^0) + 2c_2^2 (Q_1^0 - Q_3^0))^2 \cdot (c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2 - c_2^2 c_3^2)}{4(c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2)^3}, \quad (51)$$

від'ємність чи додатність (48) залежить від різниці $c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2 - c_2^2 c_3^2$.

При $c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2 - c_2^2 c_3^2 > 0$ оптимальне значення інвестицій у річкові порти I_3^* зростає по c_3 ; бачимо, що це можливо при малому значенні c_3 .

При $c_1^2 c_2^2 - c_1^2 c_3^2 - c_2^2 c_3^2 < 0$ оптимальне значення інвестицій у річкові порти I_3^* спадає по c_3 ; це матиме місце при великому значенні c_3 .

Знайдемо тепер оптимальне значення перевезень річковим флотом внутрішніми водними шляхами

$$\begin{aligned} Q^* &= Q_1^* = Q_2^* = Q_3^* = \\ &= Q_1^0 + \frac{c_1^2}{2} \cdot \frac{c_2^2 c_3^2 \beta d + 2c_2^2 (Q_2^0 - Q_1^0) + 2c_3^2 (Q_2^0 - Q_1^0)}{c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2} = \\ &= \frac{c_1^2 c_2^2 c_3^2 \beta d + 2c_1^2 c_2^2 Q_3^0 + 2c_1^2 c_3^2 Q_2^0 + 2c_2^2 c_3^2 Q_1^0}{2(c_1^2 c_2^2 + c_1^2 c_3^2 + c_2^2 c_3^2)}. \end{aligned} \quad (52)$$

Бачимо, що оптимальне значення перевезень внутрішніми водними шляхами залежить як від базового значення пропускної спроможності їх інфраструктури, так і від базових значень пропускних спроможностей річкового флоту та портів, а також від усіх коефіцієнтів ефективності інвестицій.

Таким чином, необхідна сумісна оптимізація інвестицій у розвиток річкового флоту та внутрішніх водних шляхів. Побудована відповідна модель системної оптимізації інвестицій у ці взаємопов'язані напрямки, яка досліджена у двох випадках – коли наявної пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів достатньо або недостатньо для забезпечення оптимального обсягу перевезень річковим флотом.

Висновки. З'ясовано, що у разі необхідності інвестування у внутрішні водні шляхи оптимальні інвестиції у розвиток річкового флоту та оптимальний обсяг перевезень скорочуються у порівнянні з ситуацією апріорної достатності пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів.

Встановлено, що коли ефективність інвестицій у розвиток річкового флоту вища, ніж у внутрішні водні шляхи, то при її подальшому збільшенні інвестиції у розвиток річкового флоту знижуються; а якщо нижча – то зростають.

У разі, коли ефективність інвестицій у внутрішні водні шляхи вища, ніж у розвиток річкового флоту, то при її подальшому збільшенні інвестиції у внутрішні водні шляхи знижуються; а якщо нижча – то зростають.

З'ясовано, що оптимальний обсяг інвестицій у розвиток річкового флоту при підвищенні ефективності інвестицій у внутрішні водні шляхи

збільшується завжди, що підтверджує стимулюючу дію зростання пропускної спроможності внутрішніх водних шляхів на розвиток річкового флоту.

Для збалансованого розвитку галузі треба збалансовувати пропускні спроможності річкового флоту, інфраструктури внутрішніх водних шляхів та річкових портів. Це дозволяє зробити побудована модель системної оптимізації інвестицій у розвиток річкового флоту, інфраструктури внутрішніх водних шляхів та річкових портів. Аналітично знайдені оптимальні значення цих інвестицій та обсягу перевезень, встановлено вплив коефіцієнтів ефективності інвестицій на оптимальні значення інвестицій у відповідні напрямки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горев А.Э. *Основы теории транспортных систем.* – СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.
2. Белый О.В., Кокаев О.Г., Попов С.А. *Архитектура и методология транспортных систем.* – СПб.: Элмор, 2002. – 256 с.
3. Магамадов А.Р. *Координация работы различных видов транспорта.* – М.: Транспорт, 1982. – 176 с.
4. Правдин Н.В., Негрей В.Я., Подкопаев В.А. *Взаимодействие различных видов транспорта.* – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.
5. Бланк Ш.П., Миташвили А.А., Легостаев В.А. *Экономика внутреннего водного транспорта.* – М.: Транспорт, 1983. – 236 с.
6. Жихарева В.В. *Теория и практика инвестиционной деятельности судоходных компаний.* – Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины, 2010. – 480 с.
7. Смехов А.А. *Маркетинговые модели транспортного рынка.* – М.: Транспорт, 1998. – 120 с.
8. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. *Modeling Transport / 3-rd edition.* – John Willey & Sons Ltd, 2008. – 499 p.

Стаття надійшла до редакції 24.12.2012

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

УДК 629.12-8:629.12.037

В.А. Яровенко

**КРИТЕРИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ
В СРАВНИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНКАХ ПРОЕКТОВ ГЭУ ЭЛЕКТРОХОДОВ**

Выявлены критерии динамического подобия переходных режимов гребных электродвигателей (ГЭД). Критерии охватывают все типы ГЭД. Обеспечивается возможность сравнительного анализа показателей качества работы электроходов с различными типами ГЭД.

Ключевые слова: гребные электродвигатели; критерии динамического подобия; сравнительный анализ.

Виявлені критерії динамічної подібності перехідних режимів роботи гребних електродвигунів (ГЕД). Критерії охоплюють всі типи ГЕД. Забезпечується можливість порівняльного аналізу показників якості роботи електроходів з різними типами ГЕД.

Ключові слова: гребні електродвигуни; критерії динамічної подібності; порівняльний аналіз.

Dynamic similarity criteria of rowing electric engines' transient regimes were established. These criteria encompass all types of rowing electric engines. Possibility of comparative analysis of quality indices of electric ships' operation with different types of rowing electric engines is given.

Keywords: rowing electric engines; dynamic similarity criteria; comparative analysis.

Актуальность задачи. Определяющим образом на выбор системы электродвижения оказывает тип гребного электродвигателя (ГЭД). На электроходах в качестве ГЭД применяются машины постоянного тока (ДПТ), асинхронные частотно-регулируемые (АД), синхронные (СД) и вентильные (ВЭД). В настоящее время однозначных рекомендаций по преимущественному использованию какого-либо типа ГЭД не существует. Вполне естественно, возникает задача обоснованного выбора типа гребного электродвигателя и, соответственно выбора системы электродвижения, которые в каждом конкретном случае наилучшим образом обеспечат решению поставленных перед ними задач.

Для решения такого типа задач необходимы единые критерии оценки качества работы самих электроходов, и единые критерии оценки качества работы гребной энергетической установки (с соответствующим типом гребного электродвигателя). Разработка таких критериев и является **целью настоящей работы**. Для достижения поставленной цели необ-

ходимо обобщенное математическое описание переходных и установившихся режимов работы ГЭД в составе единого судового пропульсивного комплекса. Оно должно охватывать все типы гребных электродвигателей.

Изложение основного материала. В структурной схеме гребной электрической установки (ГЭУ) электрохода ГЭД является промежуточным звеном между статическим преобразователем электроэнергии и гребным винтом (рис. 1). В общем случае входными режимными показателями для него являются напряжение U_M , ток I_M и коэффициент мощности $\cos\varphi_1$, а выходными – движущий момент M_M и угловая скорость вращения ω_M .

Анализ существующих способов представления движущего момента гребных электродвигателей дает основания принять за унифицированную форму его записи выражение [2]

$$M = K_M \Phi I \cos \varphi_2,$$

где K_M – постоянный коэффициент;

Φ и I – магнитный поток и ток двигателя;

$\cos\varphi_2$ – коэффициент мощности ротора.

При такой форме записи можно в любой момент "изъять" из структурной схемы ГЭУ электродвигатель одного типа и "вставить" в нее электродвигатель другого типа. Причем, это нисколько не повлияет на форму представления выходных параметров предыдущего (преобразователя электроэнергии) и входных параметров последующего (гребной винт) блоков структурной схемы.

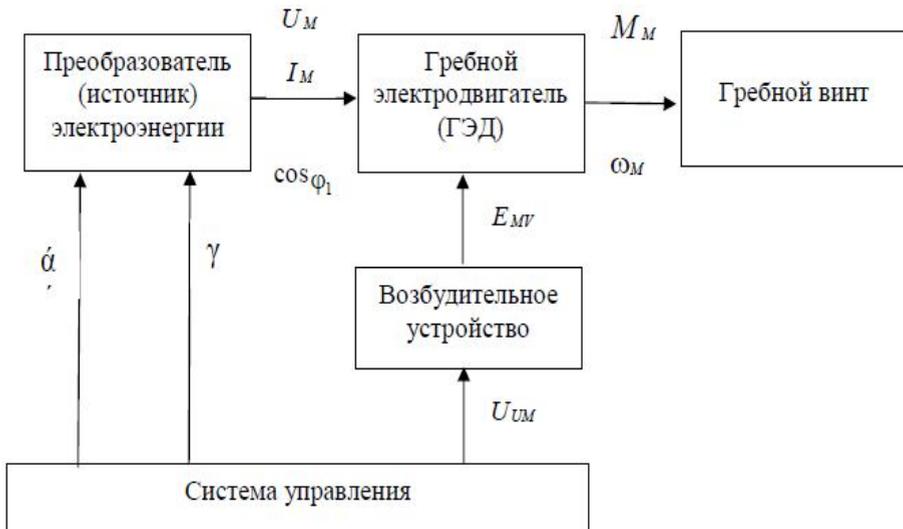


Рис. 1. Гребной электродвигатель в ГЭУ электрохода

В общем случае, математическое описание переходных и установившихся режимов работы гребного электродвигателя в составе ГЭУ имеет [2] следующий вид:

уравнение движения ГЭД

$$J_M \frac{d\omega_M}{dt} = \begin{cases} M_M - M_P - M_{TM}, & \text{для ДПТ, АД, ВЭД} \\ J_M \frac{2\pi \cdot 60}{p_M} \cdot \frac{df_M}{dt}, & \text{для СД} \end{cases}, \quad (1)$$

где J_M – приведенный к валу гребного электродвигателя момент инерции ротора, валопровода и гребного винта с присоединенными массами воды;

M_P – момент сопротивления гребного винта;

M_{TM} – суммарный момент сил трения;

f_M – частота питающего напряжения;

p_M – число пар полюсов обмотки;

движущий момент ГЭД

$$M_M = \begin{cases} K_{M1} \Phi_M I_M K_M^{in} \cos \varphi_{2M}, & \text{для ДПТ, АД, ВЭД} \\ M_P + M_{TM} + \frac{2\pi \cdot 60}{p_M} J_M \frac{df_M}{dt}, & \text{для СД} \end{cases}, \quad (2)$$

где K_{M1} – постоянный конструктивный коэффициент;

K_M^{in} – коэффициент инвертирования;

$\cos \varphi_{2M}$ – коэффициент мощности ротора двигателя.

Принцип работы синхронных гребных электродвигателей (СД) при частотном управлении отличается от принципа работы остальных типов ГЭД. Угловая скорость вращения ротора СД определяется частотой f_M питающего двигателя напряжения, т.е. электродвигатель работает без скольжения. Этот факт нашел отражение в формулах (1) и (2).

Магнитный поток ГЭД

$$\Phi_M = \begin{cases} \alpha_{M\Phi} \sum F_{MV} = \alpha_{M\Phi} W_{MV} I_{MV}, & \text{ДПТ, СД,} \\ \alpha_{M\Phi} \sum F_{MV} = \alpha_{M\Phi} \sqrt{\left[F_{MV} - K_{MD} F_{MA} \sin \left(\theta_{MK} + \delta_M^{in} + \frac{\gamma_M}{2} \right) \right]^2 + \left[K_{MQ} F_{MA} \cos \left(\theta_{MK} + \delta_M^{in} + \frac{\gamma_M}{2} \right) \right]^2}, & \text{ВЭД,} \\ \frac{U_M}{c_{1M}} \gamma \frac{\sqrt{x_{2M}^{\prime 2} + r_{2M}^{\prime 2}} / \beta_M^2}{\sqrt{(b_M^2 + c_M^2 \alpha^2) + (d_M^2 + e_M^2 \alpha^2) \frac{r_{2M}^{\prime 2}}{\beta_M^2} + 2r_{1M} \alpha \frac{r_{2M}}{\beta_M}}}, & \text{АД.} \end{cases} \quad (3)$$

где $\alpha_{M\Phi}$ – постоянный коэффициент; F_{MV} – магнитодвижущая сила возбуждения; W_{MV} – число витков обмотки возбуждения; I_{MV} – ток в обмотке возбуждения; K_{MD} – коэффициент формы поля поперечной реакции якоря; F_{MA} – магнитодвижущая сила реакции якоря; θ_{MK} – угол реакции якоря между векторами э.д.с. холостого хода и коммутирующей э.д.с.; δ_M^{in} – угол запаса инверторного режима; γ – относительное значение питающего двигателя напряжения; K_{MQ} – коэффициент формы поля продольной составляющей реакции якоря; α – относительная частота тока статора; U_M – напряжение на входе двигателя; c_{1M} – постоянный коэффициент; r_{2M}' – приведенное активное сопротивление ротора; x_{2M}' – приведенное реактивного сопротивление ротора; β_M – абсолютное скольжение ротора; b_M, c_M, d_M, e_M – постоянные коэффициенты частотно-управляемого ГЭД; r_{1M} – активное сопротивление статора.

Ток двигателя

$$I_M = \left\{ \begin{array}{l} \frac{U_M - c_{EM} \Phi_M \omega_M}{r_{1M}}, \text{ДПТ,} \\ \frac{U_M - c_{EM} \Phi_M K_M^{in} \omega_M}{1,85 r_{1M}}, \text{ВЭД,} \\ \frac{\sqrt{E_{0M}^2 + U_M^2 - 2U_M E_{0M} \cos \theta_M}}{x_{MD}^2}, \text{СД,} \\ \frac{U_M \gamma}{\sqrt{(b_M^2 + c_M^2 \alpha^2) + (d_M^2 + e_M^2 \alpha^2) \frac{r_{2M}'^2}{\beta_M^2} + 2r_{1M} \alpha \frac{r_{2M}'}{\beta_M}}}, \text{АД.} \end{array} \right. , \quad (4)$$

где c_{EM} – постоянный коэффициент; E_{0M} – э.д.с. намагничивания синхронного ГЭД; θ_M – угол нагрузки синхронного ГЭД; x_{MD} – синхронное индуктивное сопротивление явнополюсной синхронной машины по поперечной оси.

Коэффициент инвертирования

$$K_M^{in} = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ДПТ, АД, СД,} \\ \frac{3}{\pi} \cos \left(\delta_M^{in} + \frac{\gamma_{MK}}{2} \right) \cos \frac{\gamma_{MK}}{2}, \text{ВЭД.} \end{array} \right. \quad (5)$$

Коэффициент мощности на входе двигателя

$$\cos \phi_{1M} = \begin{cases} 1, & \text{ДПТ,} \\ \cos\left(\delta_M^{in} + \gamma_{MK}/2\right), & \text{ВЭД,} \\ \cos\left(\arctg \frac{U_M - E_{0M} \cos \theta_M}{E_{0M} \sin \theta_M}\right), & \text{СД,} \\ \frac{b_M \beta_M / r'_{2M} + d_M^2 r'_{2M} / \beta_M + r_{1M} \alpha}{\sqrt{\left[(b_M^2 + c_M^2 \alpha^2) + \left((d_M^2 + e_M^2 \alpha^2) r'_{2M} / \beta_M + 2r_{1M} \alpha \right) \right]} \cdot \left(\frac{b_M \beta_M}{r'_{2M}} + \frac{d_M^2 r'_{2M}}{\beta_M} \right)}. & \end{cases} \quad (6)$$

Коэффициент мощности ротора

$$\cos \varphi_{2M} = \begin{cases} 1, & \text{ДПТ, ВЭД, СД,} \\ \frac{r'_{2M} / \beta_M}{\sqrt{x_{2M}'^2 + r_{2M}'^2 / \beta_M^2}}, & \text{АД.} \end{cases} \quad (7)$$

Математическая модель (1) - (7) гребного электродвигателя является единой для любого из рассматриваемых двигателей.

Переменные величины формул (1)-(7) находятся следующим образом.

Э.д.с. намагничивания

$$E_{0M} = K_{EM} \omega_M [W_{MV} I_{MV}],$$

где K_{EM} - постоянный коэффициент.

Угол реакции якоря θ_{MK} между векторами э.д.с. холостого хода и коммутирующей э.д.с для неявнополюсного и явнополюсного вентильного гребного электродвигателя определяется, соответственно, по соотношениям

$$\theta_{MK} = \begin{cases} \arctg\left(\frac{F_{MA}}{F_{MV}}\right); \\ \arctg\left(\frac{K_{MQ} \cdot F_{MA}}{F_{MV}}\right), \end{cases}$$

где K_{MQ} – коэффициент формы поля продольной составляющей реакции якоря.

Угол нагрузки θ_M синхронного ГЭД находится решением уравнения

$$M_M = \frac{m_M E_{0M} U_M}{\omega_M x_{MD}} \sin \theta_M + \frac{m_M U_M^2}{2\omega_M} \left(\frac{1}{x_{MQ}} - \frac{1}{x_{MD}} \right) \sin(2\theta_M),$$

где x_{MQ} – синхронное индуктивное сопротивление явнополюсной синхронной машины по продольной оси.

Угол машинной коммутации ВЭД

$$\gamma_{MK} = \beta_M^{in} - \delta_M^{in};$$

$$\delta_M = \arccos \left(\frac{2 I_M L_{MK}}{c_{EM} \phi_M} + \cos \beta_M^{in} \right),$$

где β_M^{in} – угол управления машинной коммутации; L_{MK} – коммутационная индуктивность фазы двигателя.

Постоянные коэффициенты асинхронного частотно-управляемого ГЭД рассчитываются по известным соотношениям

$$b_M = r_{1M} (1 + \tau_{2M});$$

$$c_M = x_{1M} (1 + \tau_{2M}) + x'_{2M};$$

$$d_M = (\tau_{1M} / x_{1M}) r_{1M};$$

$$e_M = 1 + \tau_{1M}.$$

Коэффициенты рассеяния τ_{1M} и τ_{2M} рассчитываются по выражениям

$$\tau_{1M} = \frac{x_{1M}}{x_{0M}}; \quad \tau_{2M} = \frac{x'_{2M}}{x_{0M}},$$

где x_{1M} – индуктивное сопротивление статора асинхронного ГЭД; x_{0M} – индуктивное сопротивление намагничивания.

Ток в обмотке возбуждения ГЭД определяется из уравнения

$$L_{MV} \frac{d I_{MV}}{dt} + r_{MV} I_{MV} = E_{MV},$$

где L_{MV} – индуктивность обмотки возбуждения ГЭД; r_{MV} – активное сопротивление обмотки возбуждения; E_{MV} – э.д.с. на выходе возбудителя ГЭД.

В качестве возбудительных устройств ГЭД могут применяться электромашинные или тиристорные агрегаты. В общем случае, э.д.с. на выходе возбудителя определяется как

$$E_{MV} = K_{MV1} \Phi_{MV} + K_{MV2} I_{MV}^c,$$

где Φ_{MV} – магнитный поток возбудителя ГЭД; I_{MV}^c – ток в обмотке самовозбуждения; K_{MV1} , K_{MV2} – постоянные коэффициенты.

Переходные процессы в первой ступени усиления возбудителя и в обмотке самовозбуждения описывается уравнениями

$$T_{MV} \frac{d\Phi_{MV}}{dt} + \Phi_{MV} = \sum_i (K_{MVi} U_{MUi}) = U_{MU\Sigma};$$

$$L_{MV}^c \frac{dI_{MV}^c}{dt} + r_{MV}^c I_{MV}^c = U_{MV},$$

где T_{MV} – суммарная постоянная времени электромашинного возбудителя; U_{MUi} – i -й управляющий сигнал; K_{MVi} – коэффициент усиления по i -му управляющему сигналу; L_{MV}^c – индуктивность обмотки самовозбуждения; R_{MV}^c – активное сопротивление обмотки самовозбуждения; U_{MV} – напряжение на выходе возбудителя;

Для тиристорных возбудителей э.д.с. на выходе возбудителя определяется по уравнению

$$E_{MV} = (U_{MV})_0 K_{MV3} \sum_i (K_{MVi} U_{MUi}) = (U_{MV})_0 \cos \alpha_{MV},$$

где $(U_{MV})_0$ – напряжение на выходе возбудителя в режиме холостого хода; α_{MV} – угол управления возбудителем; K_{MV3} – постоянный коэффициент.

Уравнения системы управления связывают сигналы U_{Ui} , подаваемые на входы системы управления, с напряжением на выходе соответствующего канала регулирования

В общем случае эта связь имеет следующий вид [1]:

$$A_{Kr}(t)(U_{\text{вых}})_{Kr} = K_{Kr}^{CS} \sum_i K_i^{CS} (U_{Ui} - U_{3i}),$$

где K – объект управления; r – управляемый параметр; A_{kr} – функциональная зависимость управляющих устройств регуляторов от времени, включая производную; $(U_{\text{вых}})_{Kr}$ – управляющий сигнал на входе K -го объекта по r -му параметру; K_{Kr}^{CS} – коэффициент усиления по r -му параметру управления K -го объекта; U_{Ui} – напряжения сигналов управления и корректирующих связей; U_{3i} – напряжения сравнения (отсечки); K_i^{CS} – коэффициент усиления по i -му управляющему сигналу.

Система управления может формировать в общем случае следующие управляющие сигналы.

- 1) по цепи возбуждения возбудителя гребного электродвигателя.
Результирующее напряжение на входе возбудителя ГЭД

$$U_{UM} = \Sigma K_{Mi}^{CS} (U_{Ui} - U_{zi}) = K_{UM0} U_{UMB} + K_{UMP} U_{UMP} - K_{UM\omega} U_{UM\omega} - K_{UMI} U_{UMI},$$

где U_{UG3} – задающее напряжение;

U_{UMP} , $U_{UM\omega}$, U_{UMI} – сигналы на выходах соответствующих усилителей

$$U_{UMP} = \frac{T_{BM}}{T_{0M}} (M_M \omega_M - P_{Mgr}) + \frac{1}{T_{0M}} \int (M_M \omega_M - P_{Mgr}) dt;$$

$$U_{UM\omega} = \frac{T_{MM}}{T_{0\omega} K_{TB} K_Y K_{V5}} (\omega_M - \omega_{Mgr}) + \frac{2}{T_{0\omega} K_{TB} K_Y K_{05}} \int (\omega_M - \omega_{Mgr}) dt;$$

$$U_{UMI} = \frac{T_{BM}}{T_{0I}^T} (I_M - I_{Mgr}) + \frac{1}{T_{0I}^T} \int (I_M - I_{Mgr}) dt.$$

Коэффициенты усиления по задающему сигналу K_{UM0} , по мощности K_{UMP} , по угловой скорости вращения $K_{UM\omega}$, по току K_{UMI} , механическая постоянная времени T_{MM} , постоянные времени обмотки возбуждения гребного электродвигателя T_{BM} и соответствующих регуляторов T_{0M} , $T_{0\omega}$, T_{0I}^T зависят от конкретной схемы системы автоматического регулирования.

- 2) управление статическими преобразователями энергии.

Относительная частота выходного напряжения преобразователя электроэнергии

$$\alpha = \alpha_3 - K_{\alpha P} \alpha_P - K_{\alpha\omega} \alpha_\omega - K_{\alpha f} (\alpha_f - \alpha_{fnp}) - K_{\alpha M} (\alpha_M - \alpha_{Mnp}) - K_{\alpha I} (\alpha_I - \alpha_{Inp}).$$

Относительное напряжение на выходе преобразователя

$$\gamma = \gamma_3 - K_{\gamma I} (\gamma_I - \gamma_{Inp}) - K_{\gamma U} \gamma_U$$

где α_3 – задающее значение относительной частоты; α_P – корректирующая связь по мощности ГЭД; α_ω – корректирующая связь по угловой скорости вращения ГЭД; α_f – отсечка по выходной частоте преобразователя частоты; α_M – отсечка по вращающему моменту ГЭД; α_I – отсечка по току статора ГЭД; γ_3 – задающее значение относительного напряжения пре-

образователя частоты – сигнал, являющийся функцией относительной частоты α и принятого закона управления напряжением; γ_U – корректирующая связь по напряжению ГЭД; γ_I – отсечка по току статора ГЭД.

Коэффициенты усиления $K_{\alpha P}$, $K_{\alpha \omega}$, $K_{\alpha f}$, $K_{\alpha M}$, $K_{\alpha I}$, $K_{\gamma I}$, $K_{\gamma U}$ определяются, как и при управлении по цепям возбудителей, конкретной системой управления.

В каждом конкретном случае система автоматического управления имеет свой "набор" управляющих сигналов по каждому каналу регулирования.

Представленная математическая модель переходных и установившихся режимов работы гребных электродвигателей универсальна. Она охватывает гребные электродвигатели подавляющего большинства электроходов и позволяет исследовать маневренные и установившиеся режимы их работы. Заложенные в модель принципы ее построения обеспечивают возможность проведения сравнительного анализа динамики электроходов с различными типами гребных электродвигателей и выбора наилучшего варианта.

В соответствии с поставленной задачей, для выявления критериев динамического подобия система уравнений (1)-(7) приводится к безразмерной форме. Для этого следует воспользоваться понятием приближенного динамически эквивалентного комплекса. В соответствии с ним, для перехода к безразмерной форме записи используется понятие базовых значений относительных режимных показателей. В качестве таковых (они отмечаются индексом «0») принимаются значения, соответствующие работе пропульсивного комплекса электрохода в номинальном установившемся режиме, при движении судна по свободной, глубокой, спокойной воде прямым курсом. Тогда относительные значения соответствующих режимных показателей будут определяться как отношения текущих значений к базовым. Будем обозначать их символом «0» в показателе степени (например, $M_D^0 = M_D / M_{D0}$). Относительное время T^0 определяется несколько иначе

$$T^0 = \frac{v_0}{L} t,$$

где t – реальное время.

Окончательный вариант обобщенной математической модели переходных и установившихся режимов работы гребных электродвигателей, а составе пропульсивных комплексов электроходов представлен (опуская все промежуточные выкладки) ниже.

Уравнение движения гребного электродвигателя

$$\frac{d\omega_M^0}{dT^0} = N_M (M_M^0 - K_{M1} M_P^0 - K_{MT}). \quad (8)$$

Математическое описание законов изменения основных режимных показателей электродвигателей достаточно сложное. Для облегчения восприятия математической модели запишем переведенные в безразмерные величины формулы (2)-(7) в отдельности по каждому из рассматриваемых типов гребных электродвигателей (что, ни в коей мере не, влияет на общность математического аппарата).

1. Для гребных электродвигателей постоянного тока и вентильных ГЭД:

а) вращающий момент

$$M_M^0 = \phi_M^0 I_M^0 (K_M^{in})^0; \quad (9)$$

б) магнитный поток

$$\phi_M^0 = \sqrt{C_{M1} (I_{MV}^0)^2 + C_{M2} I_{MV}^0 + C_{M3} - C_{M8} I_M^0 (C_{M9} I_{MV}^0 + C_{M10}) \cdot \sin \gamma_{KC} + C_{M11} (I_M^0)^2} \times (K_{MD}^2 \sin^2 \gamma_{KC} + K_{MQ}^2 \cos^2 \gamma_{KC}); \quad (10)$$

в) ток двигателя

$$I_M^0 = C_{M12} U_M^0 - C_{M13} \phi_M^0 (K_M^{in})^0 \omega_M^0; \quad (11)$$

г) коэффициент инвертирования

$$(K_M^{in})^0 = C_{M15} [\cos \beta_M^{in} + \cos \delta_M^{in}]; \quad (12)$$

д) суммарный угол коммутации

$$\gamma_{KC} = \left(\arctg \frac{C_{M4} I_M^0}{C_{M5} I_{MV}^0 + C_{M6}} + \frac{\beta_M^{in} + \delta_M^{in}}{2} \right); \quad (13)$$

е) коэффициент мощности на входе двигателя

$$\cos \varphi_M = \cos \left(\frac{\beta_M^{in} + \delta_M^{in}}{2} \right). \quad (14)$$

2. Для асинхронного гребного электродвигателя:

а) вращающий момент

$$M_M^0 = C_{M16} \frac{\gamma^2}{(C_{M19} \alpha - C_{M20} \omega_M^0)} \cdot \frac{1}{R_f(\alpha, \omega_M^0)}; \quad (15)$$

б) ток

$$I_M^0 = C_{M24} \gamma \frac{1}{R_f(\alpha, \omega_M^0)} ; \quad (16)$$

в) коэффициент мощности двигателя

$$\cos \varphi_M = \frac{C_{M17} + \frac{C_{M21}}{C_{M19}\alpha - C_{M20}\omega_M^0} + \frac{C_{M23}\alpha}{2(C_{M19}\alpha - C_{M20}\omega_M^0)}}{\sqrt{C_{M17} + \frac{C_{M21}}{C_{M19}\alpha - C_{M20}\omega_M^0}}} \cdot \frac{1}{R_f(\alpha, \omega_M^0)} , \quad (17)$$

где $R_f(\alpha, \omega_M^0)$ – вспомогательная функция:

$$R_f(\alpha, \omega_M^0) = \sqrt{(C_{M17} + C_{M18}\alpha^2) + \frac{C_{M21} + C_{M22}\alpha^2}{(C_{M19}\alpha - C_{M20}\omega_M^0)^2} + \frac{C_{M23}\alpha}{C_{M19}\alpha - C_{M20}\omega_M^0}} . \quad (18)$$

3. Для синхронного гребного электродвигателя:

а) вращающий момент

$$M_M^0 = \frac{1}{N_M} \frac{d\alpha}{dT} + K_{M1} M_P^0 + K_{MT} ; \quad (19)$$

б) ток двигателя

$$I_M^0 = \sqrt{C_{M28} (I_{MV}^0)^2 + C_{M29} \left(\frac{\gamma}{\alpha}\right)^2 - C_{M30} \frac{I_{MV}^0 \gamma}{\alpha} \cos \theta_M} ; \quad (20)$$

в) коэффициент мощности двигателя

$$\cos \varphi_M = \cos \left[\arctg \frac{C_{M31} \gamma - \alpha I_{MV}^0 \cos \theta_M}{\alpha I_{MV}^0 \sin \theta_M} \right] ; \quad (21)$$

г) э.д.с. намагничивания

$$E_{0M}^0 = \alpha I_{MV}^0 . \quad (22)$$

Угол нагрузки θ_M находится из решения уравнения

$$M_M^0 = C_{M26} \frac{E_{0M}^0 \gamma}{\alpha} \sin \theta_M + C_{M27} \frac{\gamma^2}{\alpha^2} \sin 2\theta_M . \quad (23)$$

Уравнения процессов в возбудительном устройстве гребного электродвигателя:

а) ток в обмотке возбуждения электродвигателя

$$\frac{dI_{MV}^0}{dT^0} = N_{MV} [E_{MV}^0 - I_{MV}^0]; \quad (24)$$

б) э.д.с. на выходе возбудителя

$$E_{MV}^0 = C_{MV3} \phi_{MV}^0 + C_{MV4} (I_{MV}^c)^0; \quad (25)$$

в) магнитный поток

$$\frac{d\phi_{MV}^0}{dT^0} = N_{MV1} [U_{MU\Sigma}^0 - \phi_{MV}^0]; \quad (26)$$

г) ток в обмотке самовозбуждения

$$\frac{d(I_{MV}^c)^0}{dT^0} = N_{MV2} [E_{MV}^0 - (1 - C_{MV6}) I_{MV}^0 - C_{MV6} (I_{MV}^c)^0]. \quad (27)$$

Результирующее напряжение на входе возбудителя гребного электродвигателя

$$U_{MU\Sigma}^0 = K_{UM0} U_{UM}^0 + K_{UMP} U_{UMP}^0 - K_{UM\omega} U_{UM\omega}^0 - K_{UMI} U_{UMI}^0, \quad (28)$$

где

$$\frac{dU_{UMP}^0}{dT^0} = K_{UMP1} (M_M^0 \omega_M^0 - P_{M1}^0) + K_{UMP2} \frac{d(M_M^0 \omega_M^0 - P_{M1}^0)}{dT^0}; \quad (29)$$

$$\frac{dU_{UM\omega}^0}{dT^0} = K_{UM\omega1} (\omega_M^0 - \omega_{M1}^0) + K_{UM\omega2} \frac{d(\omega_M^0 - \omega_{M1}^0)}{dT^0}; \quad (30)$$

$$\frac{dU_{UMI}^0}{dT^0} = K_{UMI1} (I_M^0 - I_{M1}^0) + K_{UMI2} \frac{d(I_M^0 - I_{M1}^0)}{dT^0}. \quad (31)$$

В процессе преобразования уравнений (1)-(7), описывающих переходные процессы в пропульсивных комплексах в абсолютных единицах, в безразмерную форму записи, были получены критерии динамического подобия – безразмерные параметры пропульсивных комплексов.

Именно этими критериями, согласно выражениям (8)-(31), и определяются законы изменения во времени режимных показателей комплексов. Ими же определяются и показатели качества работы гребных электродвигателей на маневрах. Электродвигатели с равными значениями критериев будут иметь одинаковые законы изменения режимных показателей. Заложенные в модель принципы ее построения обеспечивают возможность проведения сравнительного анализа динамики комплексов и показателей качества работы электроходов с различными типами ГЭД.

Выводы. Таким образом, в работе выявлены критерии динамического подобия гребных электродвигателей. Они позволяют осуществлять количественную оценку поведения электродвигателей в составе судовых пропульсивных комплексов. Это дает возможность для каждого конкретного судна обоснованно выбирать тип электродвигателя с заранее прогнозируемыми показателями качества его работы.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рукавишников С.Б. Автоматизированные ГЭУ / С.Б. Рукавишников. – Л.: Судостроение, 1968. – 311 с.
2. Яровенко В.А. Расчет и оптимизация переходных режимов пропульсивных комплексов электроходов / В.А. Яровенко. – Одесса: Маяк, 1999. – 188 с.

Стаття надійшла до редакції 26.03.2013

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

УДК 002.53:002.55

В.В. Вычужанин

**РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Проанализированы имеющиеся на рынке высокопроизводительные сетевые решения. Рассмотрена реализация стандарта 100 Гбит Ethernet в сетевых устройствах на программируемых логических интегральных схемах и оптических модулях для технологии облачных вычислений.

Ключевые слова: *облачные вычисления, 100 Гбит Ethernet, оптические модули, программируемые логические интегральные схемы.*

Проаналізовано наявні на ринку високопродуктивні мережеві рішення. Розглянуто реалізація стандарту 100 Гбіт Ethernet в мережевих пристроях на програмованих логічних інтегральних схемах і оптичних модулях для технології хмарних обчислень.

Ключові слова: *хмарні обчислення, 100 Гбіт Ethernet, оптичні модулі, програмовані логічні інтегральні схеми.*

Analyzed on the market high-performance networking solutions. We consider the implementation of the standard 100 G Ethernet in the network devices in the programmable logic integrated circuits and optical modules for cloud computing.

Keywords: *cloud computing, 100 Gb Ethernet, optical modules, programmable logic integrated circuits.*

Введение. Облачные вычисления (Cloud Computing), представляют собой комплекс методологий и технологий с организацией распределенной обработки данных, рассматривающих программно-аппаратное обеспечение и информационную инфраструктуру в качестве интернет-сервиса. В масштабах предприятия облачные вычисления позволяют отказаться от собственной программно-аппаратной инфраструктуры. Все необходимые данные пользователей хранятся на удаленной площадке провайдера услуг с доступом к ним при помощи интернет-браузера с персонального компьютера (ПК) или мобильного устройства, подключенного к сети Ethernet [1-4].

К технологиям облачных вычислений предъявляются требования:
– соответствие стандартам IEEE Std 802.3ba GbE и ИТ-услуг ISO 20000 [5];

- учет индивидуальных особенностей ИТ – услуг клиентов;
- наличие дата-центра, например Tier 3 – уровня;
- бесперебойность системы хранения данных при пиковых нагрузках;
- доступность сервисов 99,9 %;

– отсутствие влияния потребляемых мощностей друг на друга на технологическом уровне.

Сегодня все больше клиентов прибегают к облачным вычислениям, чтобы избежать затрат на приобретение новой инфраструктуры. Компании предлагают своим заказчикам не только облачные приложения или инфраструктуру, но и полноценные сервисы, ничем не отличающиеся от внутренних программных и аппаратных решений. Организуется система предоставления облачных услуг, обеспечивающая производительность и бесперебойность сервисов при демократичных ценах.

Актуальность. Растущий спрос на облачные услуги обусловлен их максимальным соответствием современным бизнес-задачам – заказчик платит только за фактически используемые мощности в конкретный момент.

Облачные вычисления, несмотря на преодолеваемые недостатки связанные с вопросом приватности данных, обладают рядом преимуществ. Это пониженные требования к вычислительной мощности ПК, приводящие к меньшим затратам на программно-аппаратное обеспечение, на обслуживание и потребляемую электроэнергию, а также к экономии дискового пространства. Повышение скорости обработки данных, так как не требуется модернизации клиентской части. Облачные вычисления также характеризуются большой надежностью, поскольку отказ одного из серверов, предоставляющего услуги, не ведет к краху системы.

Существуют следующие модели облаков как сервисов: виртуальный сервер (Infrastructure as a Service – IaaS); платформа (Platform as a Service – PaaS); программное обеспечение (Software as a Service – SaaS); виртуальное рабочее место (Desktop as a Service – DaaS); коммуникации (Communications as a Service – CaaS). Модели облачных вычислений SaaS, PaaS и IaaS (рис.1) предоставляют программные компоненты, остальные модели – аппаратное обеспечение, серверы, сети и пр.



Рис. 1. Модели облачных вычислений [5]

На рынке для профессиональных разработчиков программного обеспечения представлены, основанные на концепции облачных вычислений, среды Amazon AWS, Microsoft Azure, Google App Engine, Stax,

10gen, Google Wave, Force.com и др. Среды являются универсальными или ориентированными на какой-либо тип приложений. Универсальная среда Google App Engine поддерживает языки программирования Python и Java, а среды Engineyard.com и Heroku.com. Engineyard, основанные на Amazon EC2 и Amazon S3, поддерживают язык программирования Ruby. Microsoft Azure предоставляет ориентированную инфраструктуру, инструменты разработки и поддерживает PHP, MySQL, Ruby, Python, Java, Eclipse и Zend [6]. Варианты реализации вычислений в облаке представлены на рис. 2, а в табл. 1 – сравнительные характеристики вычислений.

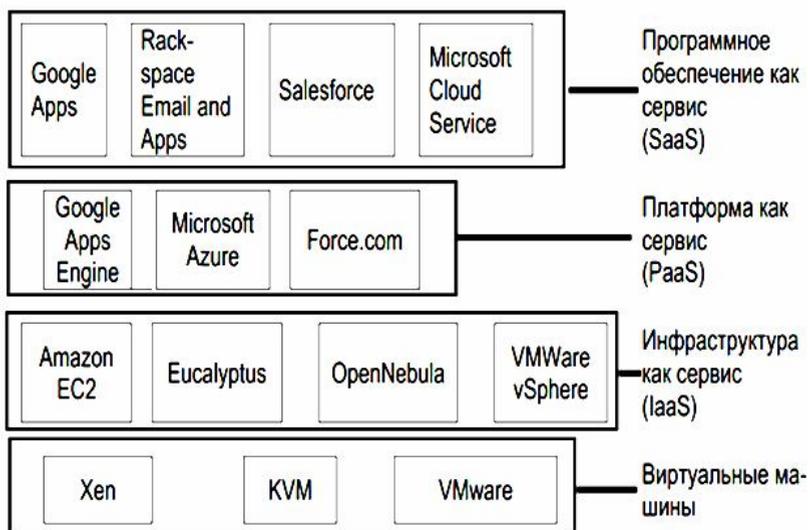


Рис. 2. Варианты реализации вычислений в облаке

Переход клиентов к потреблению облачных услуг требует ответа на следующие вопросы. Во-первых, будет ли стоимость перехода на облачные вычисления достаточно низкой, чтобы ожидаемый результат проявился уже в среднесрочной перспективе? Второе – являются ли облачные вычисления платформой для роста и развития предприятия? Третье – обеспечит ли переход на облачные вычисления уровень безопасности, достаточный для того, чтобы считать отличающие его риски приемлемыми на новом уровне развития предприятия? В этой связи реализация быстрого доступа к информации, хранящейся в облаках, разработка сетевых инфраструктур, позволяющих передавать широкополосные данные на большие расстояния со скоростью не менее 100 Гбит/с, обладающих высокой плотностью портов, низким энергопотреблением, а также сочетающих требуемую масштабируемость с невысокой стоимостью сетевых инфраструктур является актуальной научно-технической задачей.

Таблиця 1

Характеристики облачних вычислений

Характеристика	Amazon Web Services	Google App Engine	Microsoft Azure	Force.com
1	2	3	4	5
Вычислительная архитектура	Elastic Compute Cloud (EC2) поддерживает загрузку образов виртуальных машин и предоставляет клиентские API для создания экземпляров и управления ними	Распределенная архитектура Google	Размещается в центрах обработки данных Microsoft, предоставляя операционную систему и сервисы разработки	"Коммунальная" (Multitenant) архитектура
Управление виртуализацией	Работа на уровне операционной системы в гипервизоре Xen	Приложения работают на экземплярах виртуальной машины Java или среды выполнения Python	Гипервизор (на основе Hyper-V)	Поддерживается инфраструктурой Force.com. Встроенные регуляторы резервируют и распределяют ресурсы между пользователями
Сервис	IaaS	PaaS	PaaS	SaaS через среду разработки Force.com
Балансировка нагрузки	Гибкая балансировка нагрузки	Автоматическое масштабирование и балансировка нагрузки	Встроенная балансировка нагрузки	Встроенная балансировка нагрузки между участниками
Интероперабельность	Опубликованные API для взаимодействия с экземплярами; размещаемые приложения могут быть написаны на стандартных языках программирования, работающих в виртуальных машинах	Размещаемые приложения, написанные на Java и Python, доступны через предоставленные ими интерфейсы; доступ к интернет-ресурсам из кода и сервиса Fetch в App Engine	Размещаемые приложения работают в Windows и доступны через предоставляемые ими интерфейсы, приложения могут также использовать простой API для доступа к структуре Azure	Web Services API в Force.com предоставляет извне доступ к данным, хранящимся в Force.com; приложения Web-логики могут быть представлены как стандартный Web-сервис; для сервисов REST предлагается HTTP API

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
Хранение	Simple Storage Service (S3), Amazon Elastic Block Storage (EBS), Amazon SimpleDB, Amazon Relation Database Service (RDS)	Хранилище данных App Engine (нереляционная, встроенная Bigtable); объекты с поддержкой транзакции	Постоянные данные, хранящиеся в нереляционных блоках, таблицах и очередях; ресурсы хранения SQL предоставленные SQL Azure	Постоянные данные хранятся в объектах, экземпляры объектов аналогичны таблице реляционной базы данных
Безопасность	SAS 70 Type II Certification, межсетевой экран, сертификат X.509. API для поддержки защиты SSL, список контроля доступа	SAS 70 Type II Certification, защищенный доступ к интранет через Secure Data Connector компании Google	SAS 70 Type II Certification, приложения работают в 64-разрядной MS-Windows Server 2008	SAS 70 Type II Certification, контроль доступа к данным на основе идентификационной информации пользователей и их ролей в организации
Платформа программирования	Amazon Machine Image (AMI), MapReduce	Java и Python, планируемые задачи и очереди, доступ к таким сервисам, как получение URL, почта, Memcache, работа с изображениями	.net и неуправляемый код, если он работает в Windows	Модель разработки на базе метаданных, платформа Visualforce для создания пользовательского интерфейса, язык программирования Apex

ЦЕЛЮЮ РАБОТЫ является развитие инфраструктурных решений для технологии облачных вычислений, обеспечивающих реализацию стандартов IEEE Std 802.3ba GbE и ИТ-услуг ISO 20000.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА. Расходы на переход в облако оправданы только тогда, когда инициатор перехода оказывается в состоянии разместить в облаке сервис, востребованный не только им одним. Условия, при которых переход в облако становится двигателем развития:

- модульность и интероперабельность сервисов, позволяющие объединять их понятным для любого внешнего потребителя образом;
- масштабируемость и законченность, дающие возможность обрабатывать большой поток входных запросов и при отсутствии необходимости производить настройку внутренних процессов сервиса;
- истинная облачность – сервис должен быть в целом перенесен в облако.

Стандарт IEEE Std 802.3ba GbE регламентує при функціонуванні мережних пристроїв використовувати паралельно- послідовальний спосіб передачі даних на швидкості 100 Гбіт/с., а також:

- підтримувати швидкість передачі даних 100 Гбіт/с на логічному MAC (Media Access Control)-рівні управління доступом до середовища передачі даних;
- підтримувати тільки повнодуплексні режими MAC – рівня;
- зберігати формат кадру Ethernet 802.3 MAC – рівня;
- забезпечувати для інтерфейсу між MAC – і фізичним рівнями підтримку величини коефіцієнта бітових помилок не гірше 10^{-12} ;
- зберігати мінімальні і максимальні розміри кадрів стандарту IEEE Std 802.3ba GbE;
- забезпечувати сумісність з оптичними мережами OTN.

Фізичний рівень 100 Гбіт Ethernet утворений трьома основними PCS (Physical Coding Sublayer), PMA (Physical Medium Attachment), PMD (Physical Medium Dependent Sublayer) і двома опціональними підрівнями [7, 8] (рис.3). С MAC – рівня дані потрапляють на підрівень узгодження RS (Reconciliation Sublayer), де послідовальний потік даних перетворюється в паралельний 64-бітний (64В) потік і через інтерфейс CGMI (100 Gb Media Independent Interface) потрапляє на підрівень кодування PCS. На PCS функціонує схема кодування 64В/66В, в якій 66-бітне слово переадресується в паралельні індивідуальні потоки.



Рис. 3. Фізичний і MAC-рівні стандарту 100 GbE

Поскольку последовательный поток битов распределяется по параллельным индивидуальным потокам, то для восстановления исходного потока в приемнике между параллельными потоками должна сохраняться временная синхронизация. Учитывая скорости и расстояния передачи данных, предусмотренные стандартом 100 GbE, физические рассогласования потоков неизбежны. Для компенсации временных сдвигов используются выравнивающие маркеры, представляющие собой DC-сбалансированный поток, состоящий из байтов {M0, M1, M2, VIP3, M4, M5, M6, VIP7}, причем M4, M5, M6 являются побайтно обратные M0, M1 и M2 байтам. Каждая полоса для подуровня PCS передачи данных (0, 1 ... 19) имеет единственное байтное M0, M1, M2 кодирование, позволяющее получить и расшифровать номер соответствующей полосы подуровня PCS (рис. 5). Измеряя временной сдвиг поступления кодовых блоков, приемник восстанавливает синхронность параллельных индивидуальных потоков. С прекращением получения данных подуровнем PCS маркеры выравнивания удаляются.

Наличие периодического маркера выравнивания позволяет приемнику успешно функционировать при значительных перекосах сигналов между параллельными каналами передачи данных. После кодирования и синхронизации на подуровне PCS данные поступают на физический подуровень PMA, выполняющий функции тестирования передачи данных: генерацию тестовых последовательностей; формирование петли обратной связи данных для тестирования и т.п.

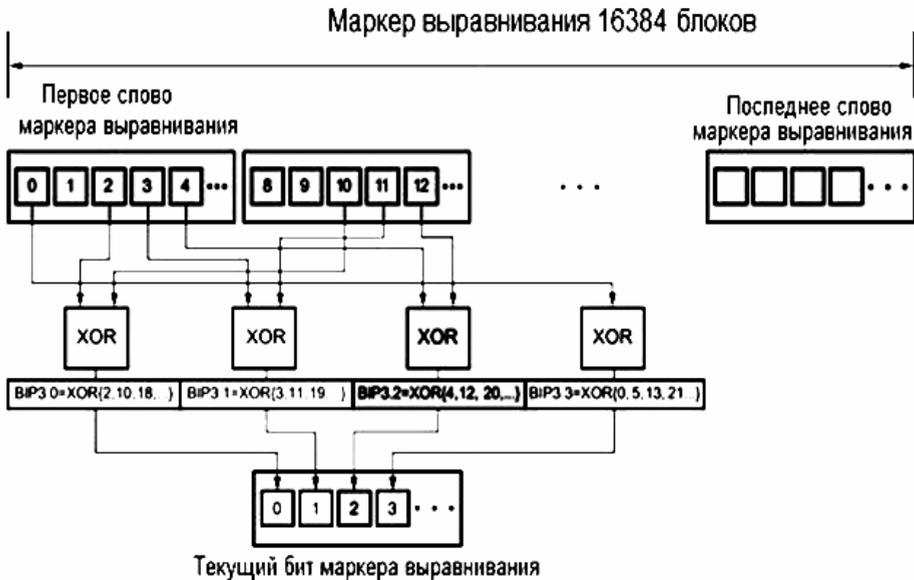


Рис. 4. Включение маркера выравнивания подуровнем PCS

К группе протоколов, используемых для реализации интерфейсов физического уровня, основанной на методе блочного кодирования данных кодом 64В/66В и использующей спецификацию PMA, относится протокол 100GBASE-R физического подуровня PCS. Протокол осуществляет кодирование/декодирование данных, полученных от интерфейса (переданных на интерфейс) CGMII в виде кода в последовательной форме, а также распределение данных на PMA по нескольким параллельным потокам. В качестве примера на рис. 5 приведены варианты архитектуры 100 Гбит Ethernet для протоколов 100GBASE-ER4, 100GBASE-LR4, 100GBASE-SR10 и 100GBASE-CR10 систем передачи сигналов.

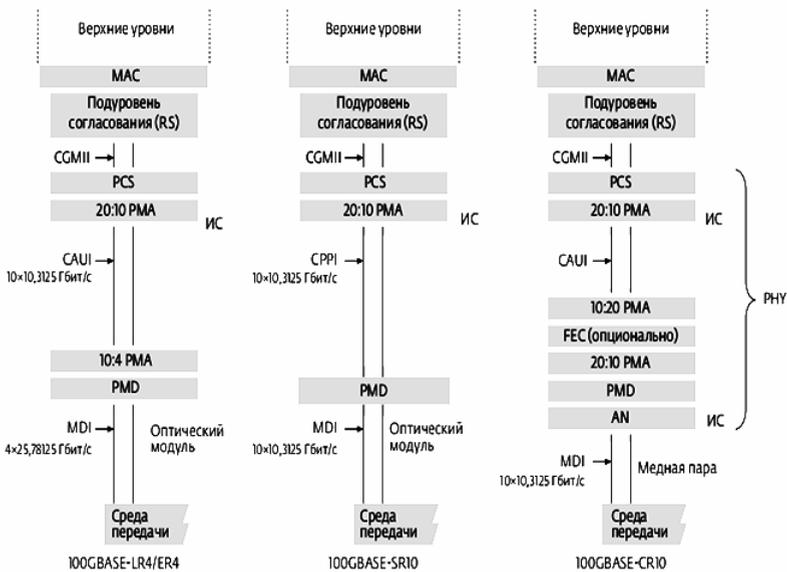


Рис. 5. Варианты архитектуры 100 Гбит Ethernet для протоколов 100GBASE-ER4, 100GBASE-LR4, 100GBASE-SR10 и 100GBASE-CR10

Схемы содержат CPPI – параллельный физический интерфейс, сервисный интерфейс CAUI (Gb per second Attachment Unit Interface) – 100 Гбит модуль интерфейса подключения; а также логический интерфейс CGMII.

В настоящее время для одновременной передачи данных со скоростью 100 Гбит и более по нескольким каналам используется высокоскоростной последовательный интерфейс на основе меди. Для компенсации ухудшения качества сигнала применяют его выравнивание на сторонах передачи и приема. Подобные решения эффективны при небольших длинах медных кабелей, что в принципе недопустимо при реализации технологии облачных вычислений.

Реализацию стандарта IEEE Std 802.3ba GbE с учетом требований к широте полосы пропускания передаваемых сигналов на большие расстояния в сетевых устройствах можно обеспечить высокопроизводительными сетевыми решениями на основе оптических интерфейсов. Известные оптические стандарты включают модули форматов: SFP+, CFP (C form-factor pluggable) и CFP2 [9]. Модуль CFP2 (рис. 6) обладает пропускной способностью 100 Гбит/с, как и модуль CFP, но имеет в два раза меньшие габаритные размеры и энергопотребление, а также меньшую стоимость.

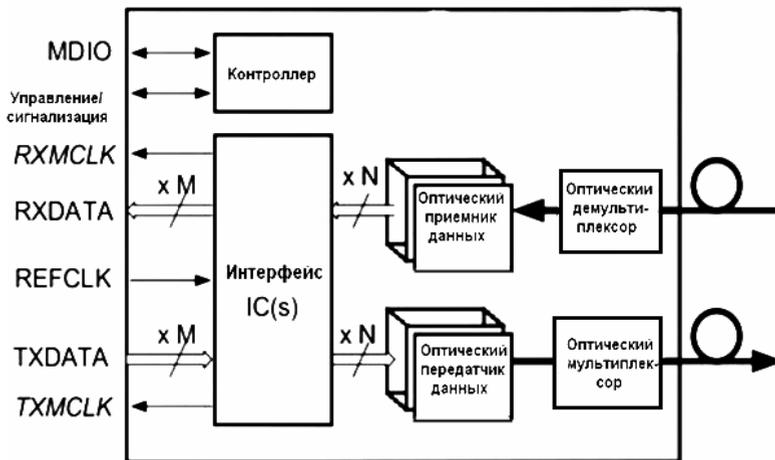


Рис. 6. Блок-схема оптического модуля формата CFP2

Технология облачных вычислений нуждается в применении современных широкополосных быстродействующих сетевых инфраструктур, способных обеспечить функционирование логического MAC – и физического уровней. Кроме того, реализация облачных вычислений требует преодоления ряда аппаратных проблем, обусловленных ограничением функций подсистемы хранения данных, коммутаторов, маршрутизаторов и систем приема/передачи. Успешное преодоление перечисленных проблем возможно при использовании специализированных устройств на ПЛИС (программируемых логических интегральных схем), как реконфигурируемых вычислительных сред, обладающих широким набором средств для обработки высокоскоростных потоков ввода/вывода данных со скоростью 100 Гбит/с и более. Устройства на ПЛИС для облачных вычислений обладают преимуществами в сравнении с другими программируемыми устройствами в производительности и энергопотреблении. Они также обеспечивают эффективную защиту информации, перекладывая эту ответственность с программ на аппаратуру.

Для отображения алгоритмов вычислений при прошивке ПЛИС необходимо компилировать модули с динамическими структурами данных, рекурсиями и неоднородным мелкодисперсным параллелизмом.

Один из возможных выходов – это оверлейная архитектура (VESPA, VIPERS и VEGAS). Другой путь – распространение специализированного языка. Для реализации параллельных вычислений в конфигурациях на ПЛИС с массовым параллелизмом предлагается открытый кросс-платформенный стандарт OpenCL (Open Computing Language) [10] (рис.7). Устройства OpenCL логически поделены на вычислительные узлы, состоящие из обрабатывающих элементов. Стандарт OpenCL охватывает иерархию уровней памяти, показанную на рис. 8. Центральным элементом модели платформы OpenCL является хост – первичное устройство, управляющее OpenCL вычислениями и осуществляющее взаимодействие с пользователем.

Использование стандарта OpenCL позволяет описывать параллельные алгоритмы вычислений при их реализации на ПЛИС на более высоком уровне абстракции и с меньшим временем проектирования, чем при использовании языков описания аппаратных средств более низкого уровня VHDL или Verilog.

В устройствах для обработки высокоскоростных потоков данных 100 Гбит/с могут использоваться гетерогенные 3D-матрицы ПЛИС Virtex-7 H580T, состоящие из матриц кремния SSI (Stacked Silicon Interconnect) [11]. Устройством ПЛИС Virtex-7 H580T предусматриваются дополнительные возможности отладки функций оптических транспортных сетей OTN, логического MAC-уровня, Interlaken IP и исключается необходимость использования специальных кодируемых элементов и устройств ASSP (Application Specific Standard Product). ПЛИС Virtex-7 H580T поддерживает: протокол SFI-S с одиннадцатью полосами на 11,2 Гбит/с и до семидесяти двух 13,1 Гбит/с SerDes (Serializer/Deserializer); протокол SFI-S с пятью полосами 28 Гбит/с (одна полоса на устранение перекося) и до шестнадцати 28 Гбит/с SerDes. Гетерогенная архитектура ПЛИС, реализующая до шестнадцати трансиверов, обеспечивает скорость 28 Гбит/с для оптического модуля формата CFP2. На скорости 100 Гбит/с предусмотрены дальний (LR – до 10 км) и сверхдальний (ER – до 40 км) режимы работы оптического модуля CFP2. Применяя двух-и/или четырех ядерный блок кодирования можно подключить к Virtex-7 H580T до восьми 4x25/28 Гбит/с модулей CFP2. ПЛИС с поддержкой масштабируемого интерфейса SerDes могут быть использованы для реализации двухпортового блока кодирования с расширенными функциями тестирования и отладки. На рис. 9 показано совместное подключение двухпортового блока кодирования (с расширением двух 100 Гбит портов) на основе Virtex-7 H580T и оптического модуля CFP2.

Блок кодирования обеспечивает поддержку: 10x10 Гбит/с CAUI интерфейса для последовательного интерфейса связи 4x25 Гбит/с перевод 11,2 Гбит/с десяти полосного SFI-S интерфейса в 28 Гбит/с четырех полосный SFI-S интерфейс, с устранением перекося полосы; физического перевода интерфейса с OTL 4.10 на OTL 4.4.

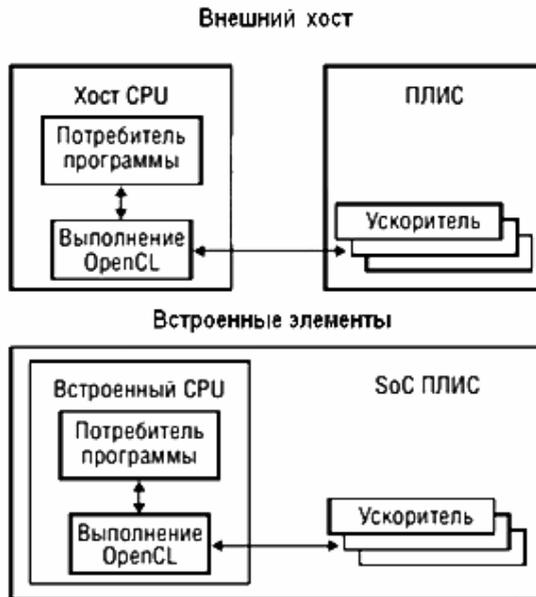


Рис. 7. Использование OpenCL на ПЛИС

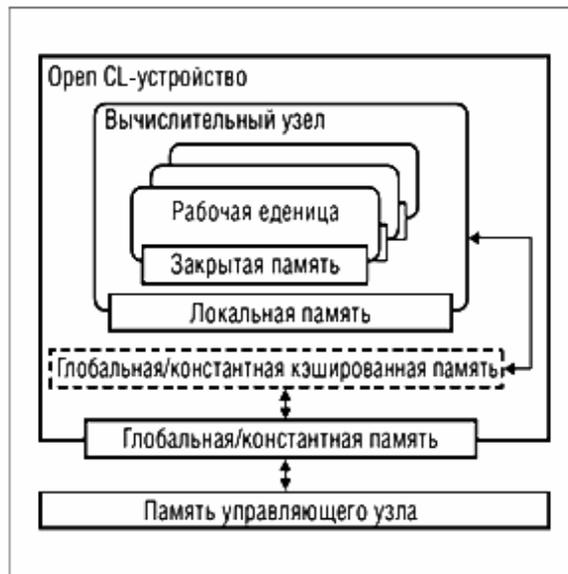


Рис. 8. Иерархия памяти OpenCL

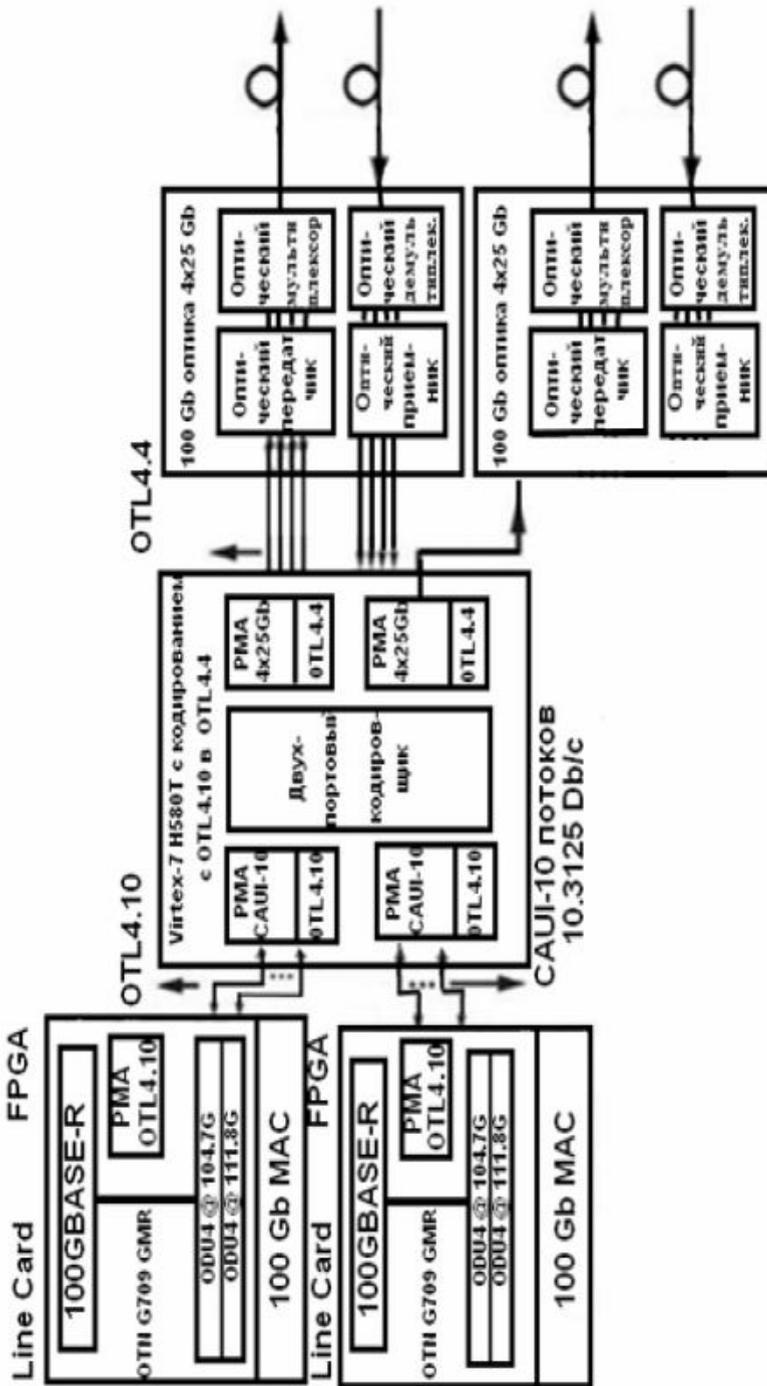


Рис. 9. Блок схема 100 Гбит оптического модуля и ПЛИС

В целях повышения плотности 100 Гбит портов блока кодирования осуществляется подключение ASIC/FPGA/ASSP 100 Гбит Ethernet с использованием функций стандартов MAC или OTN. На одной ПЛИС Virtex-7 H580T можно создавать 100 Гбит/с OTN транспондеры, содержащие несколько модулей CFP2. Для поддержки 100 Гбит/с связи, обнаружения и исправления ошибок при совместном функционировании ПЛИС Virtex-7 H580T и оптических модулей CFP в соответствии с протоколом OIF SFI-S 1.0 используется процессор FEC на 4-20 полос масштабируемого интерфейса.

Достоинства от использования блока кодирования в Virtex-7 H580T заключаются еще в том, что он позволяет осуществлять большие объемы тестирования, отладки и контроля ПЛИС. Для этого в ПЛИС реализуется встроенная модель генератора PRB на 13,1 Гбит/с или 28 Гбит/с для SerDes, позволяющая осуществить проверку физического подслоя PCS в различных режимах работы системы передачи данных. Кроме того, Virtex-7 H580T, имея значительное число блоков оперативной памяти, может в течении нескольких миллисекунд обеспечить проверку потоков получаемых данных различных длин. Блок кодирования также обеспечивает имитацию перекосов распространения сигнала. Для минимизации дрожания сигналов трансиверов в ПЛИС используется синхронизация с фазовой автоподстройкой частоты. Для компенсации потерь и поддержания целостности передаваемого сигнала в трансиверах реализуется передача предискажений и автоматическая адаптация в линейном эквалайзере приемника.

Проведенные исследования 28 Гбит/с трансивера на Virtex-7 H580T показали, что полученная для него глазковая диаграмма (рис. 10) отражает низкий джиттер и высокое качество передаваемого сигнала.

Глазковая диаграмма (рис. 10) представляет собой открытый глаз без чрезмерного выравнивания.

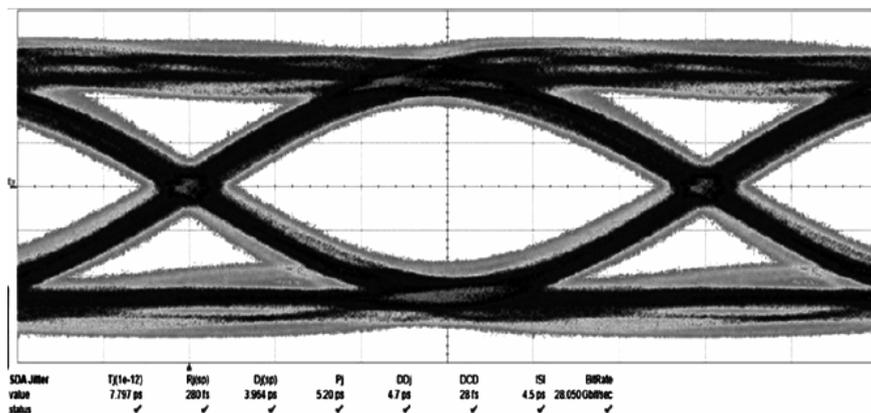


Рис. 10. Глазковая диаграмма 28 Гбит/с трансивера на Virtex-7 H580T

Выводы. При реализации параллельных вычислений в конфигурациях на ПЛИС с массовым параллелизмом может быть применен кросс-платформенный стандарт OpenCL. Инфраструктурные решения для технологии облачных вычислений, позволяющие обеспечить реализацию стандартов IEEE Std 802.3ba GbE и ИТ-услуг ISO 20000, эффективно строятся на трансиверах 28 Гбит/с на ПЛИС Virtex-7 H580T с низкими фазовыми шумами и оптических модулях SFP2. Подобные инфраструктурные решения для технологии облачных вычислений обеспечивают высокое качество передаваемого широкополосного высокоскоростного сигнала на расстояния до 40 км.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Риз Дж. *Облачные вычисления*. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2011. – 288 с.
2. Фингар П. *Dot.Cloud: облачные вычисления – бизнес-платформа XXI века*. – М.: Аквамариновая Книга, 2011. – 256 с.
3. Hewitt C. *ORGs for Scalable, Robust, Privacy-Friendly Client Cloud Computing / Massachusetts Institute of Technology*. – 2008. – Vol. 12. – №. 5. – P. 96-99.
4. Zhou S. *Understanding the Evolution Dynamics of Internet Topology / Physical Review E*. – 2006. – Vol. 74. – № 1. – P. 016124–1–016124–11.
5. *IEEE 802.3ba-2010. IEEE Standard for Information Technology. Amendment 4: Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for 40 Gb/s and 100 Gb/s Operation – 2010*. – 433 p.
6. http://www.livebusiness.ru/tags/SAAS_platformy
7. D'Ambrosia J. *100 Gigabit Ethernet and Beyond / IEEE Communications Magazin*. – 2010. – Vol. 48. – № 3. – P. 6-13.
8. Toyoda H., Ono G., Nishimura Sh. *100GbE PHY and MAC Layer Implementation / IEEE Communications Magazin*. – 2010. – Vol. 50. – №. 3. – P. 41-47.
9. *CFP MSA Hardware Specification, Revision*. – 2010. – 53 p.
10. Вычужанин В.В. *Использование стандарта программирования OpenCL для организации вычислений на ПЛИС / Современная электроника*. – 2012. – № 2. – С. 70-74.
11. www.xilinx.com

Стаття надійшла до редакції 02.04.2013

Рецензент – доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету **В.О. Яровенко**

УДК 681.3.06

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

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ

В статье предложена модель оценки эффективности портфеля проектов путем согласования интересов заинтересованных сторон.

Ключевые слова: проекты, портфели проектов, стратегические цели, эффективность проектов, эффективность портфеля проектов.

У статті запропонована модель оцінки ефективності портфеля проектів шляхом узгодження інтересів зацікавлених сторін.

Ключові слова: проекти, портфелі проектів, стратегічні цілі, ефективність проектів, ефективність портфелю проектів.

The paper proposes a model for evaluating the effectiveness of the portfolio by aligning the interests of stakeholders.

Keywords: projects, project portfolio, strategic objectives, value of the project, efficiency projects, efficiency project portfolio.

Деятельность проектно-ориентированных организаций реализуется через проекты, программы и портфели проектов. Под портфелем проектов понимается совокупность компонентов (проектов), которые группируются вместе с целью эффективного управления и для достижения стратегических целей организации [1]. Организационная структура управления портфелем проектов может в значительной степени различаться в зависимости от их специфики, но при управлении любым портфелем проектов должны быть определены следующие роли (рис. 1):

– комитет управления портфелем проектов – коллегиальный орган, образованный для принятия наиболее важных решений по управлению портфелем проектов;

– руководитель портфеля – лицо, ответственное за текущее управление портфелем проектов и отчитывающееся перед комитетом управления портфелем проектов;

– офис управления портфелем проектов – организационная структура для поддержки руководителя портфеля проектов и комитета управления.

Целью статьи является разработка модели для оценки эффективности портфеля проектов путем согласования интересов заинтересованных сторон.

Ключевой составляющей управления портфелем проектов является подсистема определения стратегических целей, которые устанавливаются организацией. При этом стратегические цели должны быть транс-

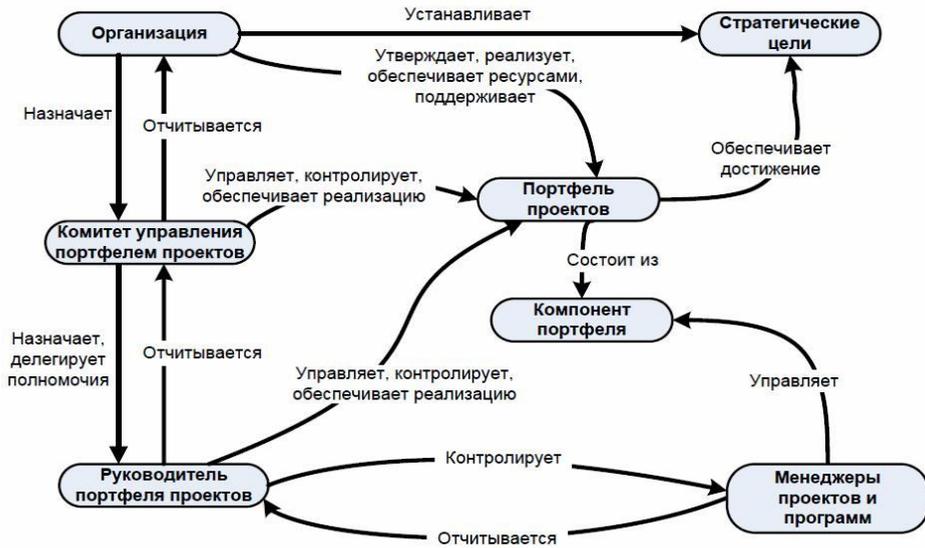


Рис. 1. Уровни управления портфелем проектов и их взаимосвязь

формированы в конкретные показатели, которые должны быть измеримы и чувствительны к процессам проектов. Такая формулировка стратегических целей позволяет оценивать эффективность не только каждого отдельного проекта, но и всей совокупности проектов, включенных в портфель проектов.

Выбор проекта из множества альтернатив сводится к поиску максимума целевой функции эффективности $F(s)$

$$F(s) \rightarrow \max, s \in S,$$

где S – вектор возможных стратегий.

На этапе предварительного отбора проектов отсеиваются заведомо неэффективные проекты (рис. 2).

При этом вместо критерия максимума целевой функции целесообразно использовать определенное пороговое значение эффективности

$$F(s) \geq D, s \in S_D,$$

где D – некоторое действительное число; S_D – подмножество множества S .

В настоящее время существует ряд методик оценки эффективности проектов [2, 3], основанных принципиально на единой методологической базе и отличающихся в основном условиями применимости и предметными областями. При оценке эффективности проектов предлагается использовать следующие характеристики [2]:

- чистый доход (Net Value – NV);
- чистый дисконтированный доход (Net Present Value – NPV);
- внутреннюю норму доходности (Internal Rate of Return – IRR);

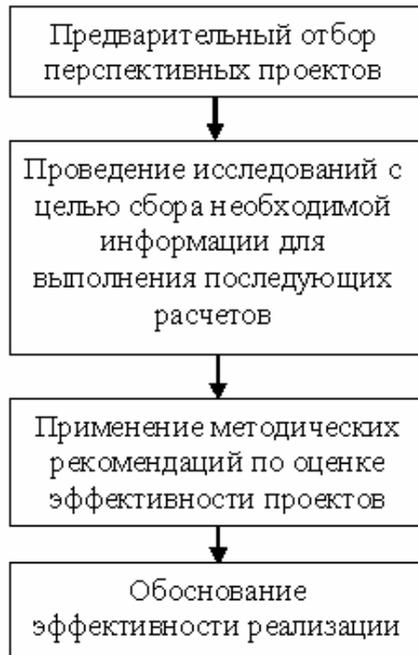


Рис. 2. Оценка эффективности проекта

- индексы доходности затрат и инвестиций;
- дисконтированный срок окупаемости (Payback Period – *PP*).

Приведенные показатели позволяют оценить финансовую составляющую проекта, но никак не учитывают полезность проекта для непосредственных участников и сторон, косвенно связанных с его реализацией. Поэтому в оценке эффективности проекта необходимо учитывать его полезность для заинтересованных сторон при заданных условиях. Кроме этого приведенные методы не учитывают специфику портфельного управления проектами, т.е. ориентированность портфеля проектов на достижение стратегических целей организации. Эти методы отражают только одну составляющую проекта – финансовую – и никак не учитывают других критериев эффективности.

Первоочередной же задачей, стоящей перед руководством организации и командой управления проектами, является выработка системы показателей для оценки проектов и портфелей проектов с учетом согласования интересов.

Описание модели оценки эффективности портфеля проектов.

Выбор показателей оценки проектов и портфелей проектов, как правило, не вызывает затруднений – обычно используются временные, финансовые (например, доход, прибыль, рентабельность), социальные (например, социальная значимость проекта) и другие показатели.

Ограничения также обычно легко перечисляются – технологические, ресурсные и другие. Сложнее дело обстоит с показателем эффективности. Фактически, формируется многокритериальная задача принятия решений, в которой специфика портфелей проектов отражается тем, что, во-первых, не всегда субъекты способны сформулировать четко свои предпочтения, а, во-вторых, может существовать несколько различных (несовпадающих) мнений относительно того, какой портфель проектов считать более эффективным.

Это противоречие обусловлено тем, что любая организация является сложной системой, однозначно описать цели которой с позиций одного субъекта не всегда удается. Кроме того, любая организация состоит из множества субъектов (руководителей, подразделений, сотрудников), представления которых о том, "что такое хорошо, и что такое плохо", могут быть различными как в силу несовпадения их интересов, так и в силу отличий в опыте, квалификации и компетентности.

Пусть имеется множество T оцениваемых проектов, $T = \{1, 2, \dots, n_i\}$. Обозначим $Q \in P$ – подмножество множества проектов – портфель проектов. Каждый портфель проектов L оценивается по n параметрам: $x_i(L)$ – оценка портфеля L по параметру i , $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множеству параметров.

Параметры системы могут быть заданы различными способами: количественными характеристиками, вербальным образом (в виде словесных термов). Так, например, в систему показателей качества любого вуза входят: $Q_{(\text{входа } i)}$ – качество входных данных специальности, $Q_{(\text{обр. проц. } i)}$ – качество процессов обучения по специальности, $Q_{(\text{выхода } i)}$ – качество результатов обучения. Здесь учитывается качество: абитуриентов, оборудования, учебников, кадров, проекта обучения.

Качество абитуриентов i -й специальности можно определять разными способами. Главное, что на этом этапе могут фигурировать реальные числа и достаточно простые алгоритмы. Вычисления могут непрерывно совершенствоваться по мере получения реальных результатов. Могут использоваться такие показатели: средняя оценка на вступительных экзаменах, средняя школьная оценка, результат независимого тестирования знаний, результат психолого-педагогического тестирования студентов.

Если параметры заданы количественно, то их обработка значительно упрощается, а если это качественные (словесные) оценки, то к ним можно применить различные методы экспертных оценок, включая некоторые элементы ранжирования или шкалирования. К ним относятся метод интервью, метод предпочтения, метод рангов, метод попарного сравнения. При использовании метода попарного сравнения результаты представляются в соответствующих матрицах. Количественное представление каждого словесного параметра может быть получено путем присвоения каждому показателю соответствующего значения. Значения по каждому

элементу матрицы позволяют ранжировать показатели в порядке роста значимости. На первом этапе составляют системы сравнения показателей по каждому из параметров, на втором – строят квадратную матрицу смежности, где знаки «>, =, <» или слова оценки заменяют коэффициентами предпочтительности (например, 1,5; 1,0; 0,5 соответственно).

Перейдем от оценок параметров портфеля проектов $x_i(Q)$ к вероятностным оценкам. Обозначим через $p_i = \frac{|\lambda_i - \lambda_H|}{\lambda_H}$, где λ_i – полученный количественный показатель параметра $x_i(L)$, λ_H – так называемая «норма», «то, как или что должно быть». Совершенно очевидно, что $0 \leq p_i \leq 1$. Это вероятности соответствия параметров портфеля проектов ожиданиям.

Так как предел наилучшего параметра трудно установить, то полезно рассматривать и обратное понятие – многомерный «сопряженный параметр».

Например, для вузов в паре «качество» – «рекламации», за «рекламации» можно принять долю дефектов, которые минимальны при прочих равных условиях (соответствие стандарту и скрытым потребностям клиентов).

Так, например в коэффициенте рекламации образовательных услуг $K_{(def.обр)}$ нужно учитывать: затраты на обучение "отчисленных" студентов, затраты на выполнение повторных учебных процедур, превышение нормативов затрат на административный аппарат, сверхнормативные затраты энергоносителей, сверхнормативные затраты расходных материалов, затраты на ликвидацию аварий, косвенные затраты, связанные с отсрочкой трудоустройства.

В таком случае пара «качество» – p_i и «рекламации» q_i связаны традиционным соотношением $p_i + q_i = 1$. Поэтому, зная вероятностные оценки «сопряженных параметров» q_i , которые вычислить в некоторых случаях значительно проще, нет необходимости проводить громоздкие вычисления p_i .

Вычислим вероятность оценки системы параметров или показателей эффективности портфеля проектов

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i),$$

или, с учетом соотношения «качество» – «рекламации», получим

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n q_i.$$

Эта формула справедлива только для независимых параметров системы.

Выводы. На основании предложенной модели, можно сделать вывод, что многокритериальная задача принятия решений сводится к нахождению вероятностных оценок портфеля проектов. Эффективной, является та система параметров, вероятность P которой выше, вне зависимости от того, что для каждого портфеля проектов параметры системы в каждом случае различны. Таким образом, выбирая из предложенных портфелей проектов, предпочтение отдается тем, у кого вероятностная оценка выше.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ Р 54870–2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению портфелем проектов. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2011. – 9 с.
2. Гогунский, В.Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, П.А. Тесленко // Управління розвитком складних систем. – Вип. 8. – К.: КНУБА, 2012. – С. 14-16.
3. Создание и развитие конкурентоспособных проектно-ориентированных наукоемких предприятий: Монография / В.Н. Бурков, С.Д. Бушуев, А.М. Возный, К.В. Кошкин, С.С. Рыжков, Х. Танака, Л.С. Чернова, А.Н. Шамрай. – Николаев: Изд-во Торубары Е.С., 2011. – 260 с.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2013

Рецензент – доктор технічних наук, професор Одеського національного політехнічного університету, заслужений діяч науки та техніки України **В.Д. Гогунський**.

УДК 621.431.74

А.В. Шамов, А.В. Шахов

**МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА
В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ**

На основании оригинальной модели энергетического баланса проектно-ориентированной организации в статье предложены методы определения достижимости стратегических целей фирмы и формирования эффективного портфеля проектов.

Ключевые слова: проектно-ориентированная организация, энергетический баланс, портфель проектов, мощность проекта.

На підставі оригінальної моделі енергетичного балансу проектно-орієнтованої організації у статті запропоновані методи визначення досяжності стратегічних цілей фірми та формування ефективного портфелю проектів.

Ключові слова: проектно-орієнтована організація, енергетичний баланс, портфель проектів, потужність проекту.

Based on the original model of the energy balance of project-oriented organization in the article the method of determining the reachability of strategic objectives of the company and create an efficient portfolio.

Keywords: project-oriented organization, the energy balance of the cue, the portfolio of projects, power project.

Введение. Методология управления проектно-ориентированными организациями в последние годы развивается стремительными темпами, доказательством чего является большое число научных исследований по данной тематике [1, 2, 3]. При этом для описания процессов, протекающих в организации в процессе реализации проектов, все чаще используются различные естественнонаучные модели: физическая, генетическая, биологическая [4, 5]. В то же время, несмотря на пристальное внимание, уделяемое специалистами решению данной проблемы, эффективность практической реализации отдельных проектов, портфелей и программ остается на очень невысоком уровне. Так, по официальным статистическим данным, лишь 14 % проектов заканчиваются вовремя и только 26 % выдерживают рамки бюджета. Предлагаемая в работе модель энергетического баланса проектно-ориентированной организации направлена на формирование портфеля или программы проектов, эффективных для достижения стратегических целей.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Теория стратегического управления рассматривает развитие любой организации

как процесс целенаправленного движения в направлении сформулированных стратегических целей [6]. При этом проекты, реализуемые организацией, зачастую рассматриваются в качестве движущих сил (драйверов) [7]. На основании данных гипотез, авторами работы [8] предлагается изучать закономерности движения организации в пространстве, сформированном стратегическими целями организации, методами полевой физики.

Основное положение в структуре современного естествознания занимает дефиниция энергии – единая мера различных форм движения и взаимодействия материи [9]. Полная энергия системы является суммой внешней и внутренней энергии системы. Внешняя энергия состоит из кинетической и потенциальной энергий системы как целого, а внутренняя – это энергия системы, зависящая только от ее внутреннего состояния. Используя метод аналогий, можно использовать энергетические закономерности и зависимости при исследовании любых систем, в том числе и предприятий для решения задач эффективного управления проектно-ориентированными организациями.

Целью исследования является разработка модели энергетического баланса проектно-ориентированной организации, которая позволит решить задачи достижимости стратегических целей и формирования эффективного портфеля проектов фирмы.

Основной материал исследования. Центральным местом разрабатываемой нами модели является организация – целевое объединение ресурсов. Деятельность носит целенаправленный характер. Видов деятельности у организации, как правило, несколько, поэтому и целей может быть несколько. Отмеченное свидетельствует о том, что цели организации могут лежать в нескольких пересекающихся плоскостях, причем точка пересечения указанных плоскостей в общем виде будет отражать место нахождения совокупной (интегральной) цели организации.

В качестве аналога организации можно принять материальную точку – обладающее массой тело, размерами и формой которого можно пренебречь при решении данной задачи [9]. Тогда деятельность организации – это движение материальной точки в виртуальном пространстве из текущего состояния в желаемое.

Любое движение рассматривается в пространстве – абстрактном логическом понятии, придуманном человеком, которое как своеобразная «тетрадь» используется для отражения соотношения, расположения и движения объектов. При этом пространство как таковое никак не может влиять на физические процессы, как и не может быть подвержено влиянию. Выбор того или иного эталона длины, типа геометрии или сетки координат определяется исключительно вопросами удобства. В основе методики лежит принцип разделения целей, сформулированный в [8], и метод линейной свертки целевых критериев.

Величиной, определяющей меру инертности тела и, тем самым влияющей на его характер движения является масса тела. По аналогии в рассматриваемой модели под массой организации понимается ее стоимость. При этом масса не рассматривается как внутренняя «врожденная» характеристика, которую можно трактовать как меру количества материи, а обусловлена внешней средой. Данный постулат очень удобен для использования в нашей модели, поскольку очевидно, что масса организации изменяется во времени и сильно зависит от состояния окружающей среды.

Основной характеристикой любой системы, которая является единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие в естественных науках признана энергия [9].

Продолжая принятую аналогию, можно использовать такие понятия, как внутренняя энергия организации, ее потенциальная и кинетическая энергия. В качестве основного закона движения проектно-ориентированной организации используется закон сохранения энергии – при отсутствии внешних воздействий энергия изолированной системы остается постоянной, в организации происходит лишь процесс превращения одного вида энергии в другой. Применение закона сохранения энергии используется в экономике и сегодня, доказательством чего является применение большого количества различных балансов: по финансам, по труду, по материально-техническому снабжению и т.д. Единый энергетический баланс позволит точнее оценить потенциальные возможности фирмы.

Используя уравнение Эйнштейна для общей энергии, запишем

$$E_{\text{орг}} = M_{\text{орг}} \cdot k_{\text{зр}}^2,$$

где $M_{\text{орг}}$ – масса организация (ее стоимость);

$k_{\text{зр}}$ – суммарный коэффициент эффективности использования всех ресурсов организации, который в дальнейшем будем называть коэффициентом зрелости проектно-ориентированной организации.

Следует обратить внимание, что для количественных расчетов следует использовать безразмерный параметр массы (отношение стоимости к какой-либо величине). Это позволит не учитывать изменение стоимости денег во времени, что значительно упростит расчеты.

В состав любой организации входят различные ресурсы – все, что может быть использовано компанией для достижения своих целей, для удовлетворения собственных потребностей и потребностей субъектов внешней среды. К основным ресурсам, наиболее необходимым в деятельности организации относят:

- основные фонды;
- человеческие ресурсы;
- капитал;
- сырье;

- технологию;
- информацию.

Ресурсы организации можно представить в виде топлива, сжигание которых обеспечивает получение энергии, необходимой для движения организации.

Особенностью проектно-ориентированной организации является использование проектов в качестве средств достижения своих стратегических целей. Другими словами, проект представляет собой аналог теплового двигателя, превращающего внутреннюю энергию топлива в полезную работу. При этом эта работа расходуется либо на увеличение внутренней энергии организации либо на изменение ее состояния в пространстве целевых координат. Таким образом, можно говорить об энергетическом балансе проектно-ориентированной организации, в результате реализации проекта (табл. 1) и балансе самого проекта (табл. 2).

Таблица 1

Энергетический баланс проектно-ориентированной организации

Наименование показателей	До реализации портфеля			После реализации портфеля		
	2	3	4	4	5	
Ресурс 1	N_1	m_1	E_1	N_1''	m_1''	E_1''
Ресурс 2	N_2	m_2	E_{12}	N_2''	m_2''	E_2''
.....						
Ресурс I	N_1'	m_1'	E_1'	N_1''	m_1''	E_1''
Внутренняя энергия	$E'_{орг}$			$E''_{орг}$		
Сумма работ проектов портфеля				$\sum A_{пр}$		
Приращение энергии	$\Delta E = A_{пр} + (E''_{орг} - E'_{орг})$					
Приращение коэф- фициента зрелости организации	$\Delta K_{зр} = \sqrt{\frac{E''_{орг} + \sum A_{пр}}{E''_{орг}}}$					

Расчет баланса рекомендуется выполнять в соответствии с расчетной схемой (рис.) в следующей последовательности.

1. Для всех ресурсов организации заполняем колонки 2 и 3 таблицы 1.
2. Находим внутреннюю энергию организации как сумму относительных стоимостей ее ресурсов

$$E'_{орг} = \sum_{i=1}^I N_i \cdot m_i.$$

Таблиця 2

Энергетический баланс проекта

Наименование показателей	Пассив			Актив		
	2	3	4	6	7	8
Ресурс 1	N_1	m_1	E_1	N_1	m_1	E_1
Ресурс 2	N_2	m_2	E_{12}	N_2	m_2	E_2
.....						
Ресурс I	N_j	m_j	E_1	N_j	m_j	E_j
Внутренняя энергия проекта	$E'_{пр} = \sum E'_j$			$E''_{пр} = \sum E''_j$		
Работа проекта				$A_{пр}$		
Приращение энергии	$\Delta E = A_{пр} + (E''_{пр} - E'_{пр})$					
Коэффициент эффективности	$K_{пр} = \frac{\Delta E}{E'_{пр}}$					

3. Для каждого из проектов, включенных в потенциальный портфель, составляем его энергетический баланс. При этом в таблицу 2 заносятся только те ресурсы, которые задействованы в проекте, либо дополнительно появятся в организации после его завершения.

4. Выполняется расчет изменения массы и значений целевых параметров (состояния) организации в результате реализации j-го проекта

5. Работа j-го проекта по перемещению организации

$$A_j = g_{ср} \cdot M'_{орг} \cdot S_j \cdot \cos \alpha ,$$

где L' – расстояние от текущего состояния организации до целевого;

$g_{ср}$ – коэффициент, учитывающий состояние среды. Данный коэффициент является аналогом величины ускорения свободного падения в механике.

6. Поскольку в процессе реализации проекта организация использует не только собственную внутреннюю энергию, а и энергию среды (всех заинтересованных сторон проекта) энергия организации не будет сбалансирована на величину приращения энергии ΔE . Следует обратить внимание, что величина ΔE может быть как положительной (если среда способствует реализации проекта), так и отрицательной.

7. По аналогии с коэффициентом полезного действия теплового двигателя коэффициент эффективности $K_{пр}$ проекта составит отношение приращения энергии к затраченной внутренней энергии (бюджету) проекта. Отличие состоит в том, что коэффициент эффективности проекта может принимать значения больше единицы. При этом, если $K_{пр} < 1$, то проект следует признать неэффективным.

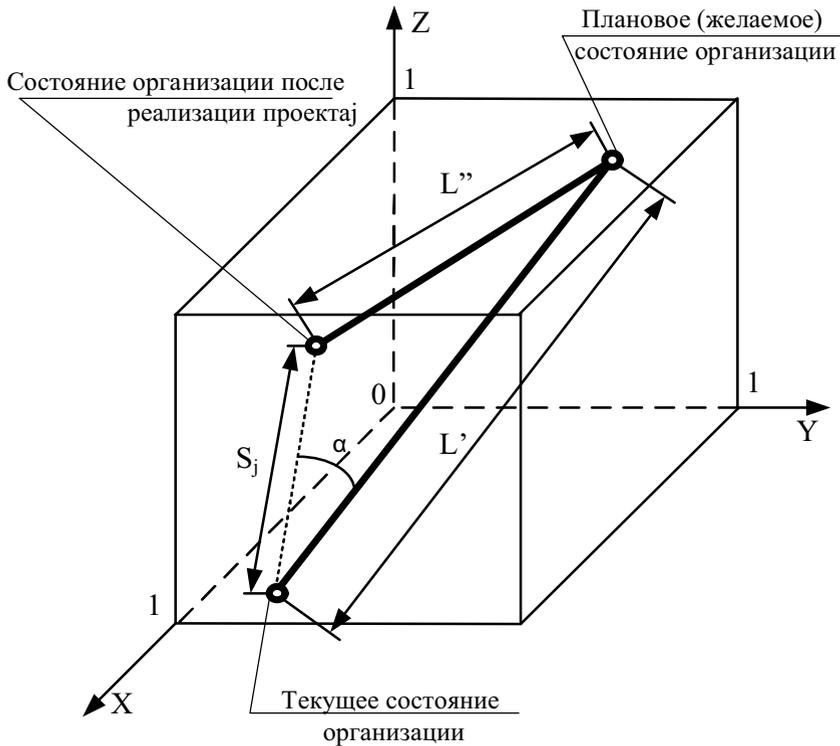


Рис. Расчетная схема движения проектно-ориентированной организации

8. Отобрав наиболее эффективные проекты в портфель, рассчитываем приращение энергии организации вследствие успешной реализации сформированного портфеля проектов. Учитывая, что в начальный момент времени коэффициент зрелости можно принять равным единице (внутренняя энергия равна массе организации), изменение коэффициента зрелости можно рассчитать по формуле

$$\Delta K_{зр} = \sqrt{\frac{E''_{орг} + \sum A_{пр}}{E''_{орг}}}$$

Выводы. Использование метода энергетического баланса позволяет решать ряд прикладных задач управления проектно-ориентированными организациями, а именно:

- доказательство возможности достижения стратегических целей организации за счет использования только внутренней энергии;
- ранжирование потенциальных проектов организации;

- формирование эффективного, с точки зрения достижения стратегических целей организации, портфеля проектов;
- определение наиболее существенных ресурсов для организации в рассматриваемый промежуток времени.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вайсман В.А. Модели, методы и механизмы создания и функционирования проектно-управляемой организации: Монография / В.А. Вайсман. – К.: Наук. світ, 2009. – 146 с.
2. Бушуев С.Д. Динамическое лидерство в управлении проектами: Монография / С.Д. Бушуев, В.В. Морозов / Украинская ассоциация управления проектами. – К., 1999. – 312 с.
3. Бушуев С.Д. Креативные технологии в управлении проектами и программами / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева, И.А. Бабаев и др. – К.: Саммит книга, 2010. – 768 с.
4. Тернер Дж. Родни. Руководство по проектно-ориентированному управлению / Родни Тернер / Пер. с англ. под. общ. ред. В.И. Воропаева. – М.: Изд. дом Гребенщикова, 2007. – 552 с.
5. Тесленко П.А. Модель управления движения галсами на основе закона Тернера-Руденко / Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – № 2(30). – С. 113-118.
6. Ансофф И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1993. – 187 с.
7. Ярошенко Р.Ф. Моделі класу «рушійні сили-опір» в управлінні фінансуванням та впровадженні проектів: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.22 "Управління проектами та програмами" / Р.Ф. Ярошенко. – К., 2009. – 19 с.
8. Шахов А.В., Шамов А.В. Моделирование движения организации в целевом пространстве / Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. – К.: Вид-во КНУБА ім. В. Даля, 2011. – № 7. – С. 68-73.
9. Справочник по физике (для инженеров и студентов вузов) / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф, А.К. Лебедев. – М.: Оникс, 2006, 1056 с.

Стаття надійшла до редакції 26.03.2013

Рецензент – доктор технічних наук, професор Міжнародного гуманітарного університету **А.І. Рибак**

УДК 711.16: 001.895

В.М. Питерская, О.В. Логинов

**КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТНОЙ СТРАТЕГИИ
ИННОВАЦИОННОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

В статье разработаны теоретические основы и методические положения применения инновационно-кластерного подхода в реализации проекта научно-технологического развития с учетом синергетического эффекта.

Ключевые слова: научно-технологический кластер, проект, синергетический эффект, инновационная деятельность.

У статті розроблені теоретичні основи та методичні положення застосування інноваційно-кластерного підходу в реалізації проекту науково-технологічного розвитку з урахуванням синергетичного ефекту.

Ключові слова: науково-технологічний кластер, проект, синергетичний ефект, інноваційна діяльність.

The theoretical basis and methodical positions of innovative cluster approach are described in the article considering the project implementation of the research and technological development taking into account the synergistic effect.

Keywords: research and technological cluster, project, synergistic effect, innovative activity.

Введение. Международный опыт управления инновационным и научно-техническим развитием показывает, что на уровне отдельного государства происходит объективный процесс синтеза научной, промышленной, экономической и социальной политики в форме научно-технологических кластеров, с целью создания благоприятных условий для активного использования нововведений.

В Стратегии экономического и социального развития Украины на 2004-2015 годы и Программе экономических реформ Президента Украины на 2010-2014 годы определено, что инновационная модель развития государства является одним из приоритетных направлений осуществления национальной политики. Организационными формами элементов инновационной инфраструктуры, которая сейчас формируется в Украине, являются инновационные центры, научные парки, центры трансфера технологий, технопарки, региональные инновационные кластеры, инновационные бизнес-инкубаторы. Одним из ключевых элементов инновационной инфраструктуры являются технологические парки, которые должны организационно обеспечить выполнение инновационных проектов по производственному внедрению наукоемких разработок в сфере высоких

технологий и промышленный выпуск конкурентоспособной на мировом рынке продукции. Научно-технологический кластер является неотъемлемым элементом современной рыночной системы, важной формой слияния инновационных компаний, высших учебных заведений, консультационных и других предприятий сферы услуг, различных подразделений государственных органов в единый механизм [1].

Важно подчеркнуть, что конкурентоспособность современной экономики, ориентированной на знания, зависит не только от технических достижений, но и от организационных изменений, способствующих коммерциализации результатов научно-технических разработок.

С точки зрения инновационного развития, кластером можно считать проект с большим количеством участников, деятельность которых определяется рядом стратегических целей. Именно кластеризация научно-производственной системы содействует более эффективному использованию финансовых и интеллектуальных ресурсов, уменьшая тем самым затраты на проведение научно-технологических разработок.

К обзору публикаций по проблеме. В настоящее время идет поиск наиболее прогрессивных форм развития науки и наукоемкого производства. Одним из направлений по решению поставленных задач является создание и развитие научно-технологических кластеров по направлениям прикладной науки и наукоемкого производства. Зарубежный опыт показывает, что такие образования показали себя достаточно эффективными с точки зрения решения научно-технических задач и оказались экономически устойчивыми.

Следует отметить, что правовые, экономические и организационные направления создания и функционирования технологических и научных объединений отражены в Законе Украины «О специальном режиме инновационной деятельности технологических парков» и Законе Украины «О научных парках».

Понятие кластера рассматривается М.Ю. Портером [2], который выдвинул теорию национальной, государственной и местной конкурентоспособности и обосновал исторические и интеллектуальные предпосылки теории кластеров.

При кластерном подходе проектно-ориентированные организации должны быть определенным образом связаны с целью образования научно-технологической сети, позволяющей получить выгоду для задействованных учреждений.

Следует отметить, что кластеры являются географически близкими группами взаимосвязанных компаний, что способствует формированию и увеличению преимуществ, создающих ценность, являющуюся результатом взаимодействия между организациями.

Вопросы использования инновационных методов управления представлены в научных работах В.А. Гневко [3], Б.Н. Кузыка [4], А.И. Татаркина [5]. Характерные особенности применения кластерных

технологий в условиях современного развития государства рассмотрены в работах О.В. Горшениной [5], И.Г. Меньшениной [7], Т.В. Цихан [8].

В современных условиях применение кластерного подхода рассматривается в качестве одного из наиболее эффективных механизмов структурного развития государства.

Различают следующие наиболее распространенные определения кластеров, каждое из которых подчеркивает основную черту их функционирования: регионально ограниченные формы экономической активности внутри родственных секторов, обычно привязанные к тем или иным научным учреждениям (научно-исследовательским институтам, университетам); вертикальные производственные цепочки, узко определенные секторы, в которых смежные этапы производственного процесса образуют ядро кластера; отрасли промышленности или совокупности секторов, определенные на высоком уровне агрегации, например, «химический кластер» [8]. Ядром кластера является одно или несколько предприятий, конкурентоспособных на мировом рынке.

Несмотря на широкое освещение теории кластеров отечественными и зарубежными исследователями, следует отметить недостаточность разработки теоретических основ формирования взаимосвязей учреждений в научных проектно-ориентированных кластерах, а также вопросов, касающихся обеспечения условий организации кластеров в сфере научно-технологического развития.

Цель исследования – разработка теоретических основ и методических положений применения инновационно-кластерного подхода в реализации проекта научно-технологического развития.

Основной материал исследования. Инвестиционные и инновационные проекты научно-технологического развития являются приоритетными для привлечения кредитов, предоставляемых под государственные гарантии иностранными банками, международными финансовыми организациями. На положительной динамике социально-экономических показателей деятельности научных проектно-ориентированных организаций негативно сказывается потеря доверия инвесторов, вызванная нестабильностью национальной политики по оказанию государственной помощи с целью реализации инновационных проектов.

Работа компаний-разработчиков наукоемких технологий при кластеризации научно-технологической деятельности позволила бы решить задачи получения средств для развития перспективных проектов, оптимизировать расходы по поддержанию необходимой для этого инфраструктуры, используя информационные технологии. Сложность существования и развития ранее созданных отраслевых научно-исследовательских институтов сложилась за счет их строгой ориентации на государственный заказ. Последние несколько лет эти научно-исследовательские институты не были в значительной мере обеспечены государственными средствами, что привело к потере своего научного и кадрового потенциала, а в некоторых

случаях и к потере своего профиля, как научно-исследовательской организации.

Использование инновационно-кластерного подхода по направлениям промышленности и науки позволило бы собрать в единый центр оставшиеся научно-исследовательские организации, небольшие коллективы разработчиков, которые возникли на базе различных научно-исследовательских институтов и существуют в настоящее время в различных организационных и хозяйственных формах.

Научно-технологический кластер создает условия для работы компаний, пытающихся внедрить в производство и вывести на рынок современные научные разработки, и представляет собой объединение в области исследования, образования и технологического трансфера научных результатов и инноваций, состоящее из научно-образовательных учреждений, общественных организаций, органов государственной власти, отечественных и иностранных инвесторов, созданное с целью повышения конкурентоспособности продукта проекта и содействия экономическому развитию страны. При этом услуги, которые могут предоставить данные объединения, всегда определяются государством. Порядок создания и функционирования научно-технологических кластеров определяется деятельностью юридического лица любой организационно-правовой формы (инновационная структура типа А) а также группы юридических и физических лиц, которые функционируют на основании договора о совместной деятельности (тип Б) [9].

При формировании концепции функционирования научно-технологических кластеров часто не формализованы модели финансирования инновационных проектов, организационно-экономическая и производственно-хозяйственная модели, отсутствует четкое представление об услугах и проектах, которые будут в последующем реализованы, не проведена оценка готовности инженерных коммуникаций и инфраструктуры.

Все перечисленные факторы приводят к негативным тенденциям развития научно-технологических кластеров, связанным с высокими рисками относительно государственной поддержки. Инновационные проекты имеют длительный срок возврата инвестиций и высокую потребность финансирования. Наличие налоговых и таможенных преференций позволит повысить инвестиционную привлекательность.

Представленные проблемы в той или иной мере присущи вышеупомянутым объединениям, но по степени значимости на первое место нужно поставить рассмотрение вопросов, связанных с неопределенностью государственной поддержки и непривлекательностью научно-технологического развития для инвесторов.

Опыт успешно функционирующих объединений за рубежом показывает, что обе категории проблем связаны между собой. Мощная государственная поддержка, обеспечивающая льготное налогообложение, таможенные преференции, государственные гарантии, дает возможность привлечь крупных инвесторов и уменьшить риск проекта. Следует отме-

тить, что в большинстве научно-технологических кластерах экономически развитых стран государство является наиболее значимым инвестором, что дает возможность серьезного финансирования и, в свою очередь, позволяет поддерживать конкурентоспособность государства в различных отраслях промышленности.

Представим систему частных показателей оценки уровня научно-технологического развития при проектно-ориентированном подходе (табл. 1).

Таблица 1

*Частные показатели алгоритма
оценки уровня научно-технологического развития*

Показатель	Сущность
Научная деятельность	Количество научно-исследовательских институтов
Инновационное развитие	Количество поданных заявок на изобретения, трансфер технологий
Ресурсный потенциал	Обеспеченность основными фондами, уровень их износа
Информационное обеспечение	Использование новейших программных продуктов
Технологическая активность	Уровень использования передовых технологий
Инвестиционная привлекательность	Соотношение привлеченных средств и собственного капитала
Эффективность	Доходность реализованного проекта научно-технологического развития

Следует отметить, что управляющая компания научно-технологического кластера берет на себя задачу поиска, привлечения инвесторов, способных обеспечивать успешное осуществление предпринимательской деятельности малыми компаниями.

Стратегия создания научно-технологических кластеров должна быть связана с наличием конкурентных преимуществ региональной экономики. Для решения этой задачи участникам данных объединений необходимо сформировать коммерческие, социальные, макроэкономические и политические цели, проработать определенную концепцию осуществления проектной деятельности, выработать приоритетные направления и экономические ориентиры с учетом грамотно проработанной стратегии развития и четкого технико-экономического обоснования.

Мощным фактором развития кластеризации в научно-производственных комплексах является наличие синергетических процессов, которые в итоге приводят к образованию новых уникальных свойств проекта, не сводимых к сумме качеств отдельных элементов.

Научно-технологический кластер необходимо создавать для достижения целей развития перспективных направлений исследований, разработок путем научного, технического управления; интегрирования разрозненных компаний для решения конкретных задач в области высоких и наукоемких технологий; маркетинга идей, разработок, изобретений и полезных моделей; обеспечения соблюдения законодательства относительно объектов права интеллектуальной собственности. Основные задачи научно-технологического объединения заключаются в поддержке коллективов разработчиков, занятых созданием перспективных технологий; разработке и внедрении новых наукоемких технологий, продвижении на глобальный рынок новых видов программного обеспечения; определении приоритетных направлений разработок; подготовке квалифицированных кадров программистов и менеджеров по интеграции крупных проектов; привлечении инвестиций; проведении комплексных маркетинговых исследований.

Критерии эффективности научно-технологической кластеризации можно условно разделить на следующие группы: социально-экономические (улучшение институционального климата проведения научно-исследовательской работы с учетом эффективного использования знаний); организационно-экономические (улучшение результатов проектной работы за счет приобретения технологических, финансовых, научных, управленческих преимуществ); стратегические (рациональное развитие стратегий взаимодействующих научно-производственных структур с учетом анализа потребностей внутренней и внешней среды).

Использование кластерного подхода в научно-технологическом проектно-ориентированном управлении позволяет обеспечить повышение конкурентоспособности системы, поскольку кластерные инициативы стимулируют быстрое распространение инноваций, внедрение новых технологий, а также устойчивое развитие государства в целом.

Использование функционально-стоимостного анализа в процессе анализа кластерных научно-производственных структур дает реальную возможность оценить и спрогнозировать эффективность кластерных объединений.

В силу синергетических эффектов возрастает производительность труда как в самом кластере, так и в смежных секторах научно-производственной сферы.

В результате создания научно-технологического кластера происходит образование новой системы, обладающей свойствами, которые не сводятся к простому суммированию свойств каждого участника взаимодействия. Возникает синергетический эффект, предполагающий превали-

рование эффекта совместного функционирования объектов над суммарным результатом их автономной деятельности

$$R^U \geq \sum_{i=1}^n R_i, \quad (1)$$

где R^U – результат совместной деятельности научно-технологического комплекса;

R_i – результат автономного функционирования i -й научно-производственной организации, участвующей в кластеризации.

При анализе эффективности кластеризации научно-производственных учреждений целесообразно использовать такие основные индикаторы, как снижение потребности в инвестициях, доходность проекта, понесенные затраты, уменьшение времени для достижения целей проекта. Исходя из этого синергетический эффект определяется следующим образом:

$$S_i = R^U - \sum_{i=1}^n R_i. \quad (2)$$

При осуществлении кластеризации в научно-производственной сфере, ценность проектно-ориентированной организации с учетом синергетического эффекта определяется следующим образом:

$$V = \sum_{i=1}^n (V_i + S_i^C + S_i^T + S_i^M + S_i^W + S_i^{IN}), \quad (3)$$

где V_i – текущая ценность проектно-ориентированной научно-технологической организации;

S_i^C – синергетический эффект от уменьшения уровня инвестиционных поступлений;

S_i^T – синергетический эффект за счет послабления системы налогообложения;

S_i^M – синергетический эффект при оптимизации системы управления и устранения дублирующих функций;

S_i^W – синергетический эффект за счет расширения масштабов проводимых исследований научно-технологическим кластером;

S_i^{IN} – синергетический эффект от инновационной деятельности и трансфера технологий в проектно-ориентированной организации.

Следует отметить, что устойчивость совместной деятельности предприятий и организаций, входящих в состав научно-технологического объединения, напрямую зависит от величины синергетического эффекта. Если $S_i \geq 0$, то взаимодействие является эффективным, поэтому рациональным будет дальнейшее продолжение деятельности в области выполнения проектных научно-технологических разработок.

Выводы. В деятельности научно-технологических кластеров существует немало негативных факторов, касающихся процедуры разработки и финансирования инновационных проектов, нормативно-правового обеспечения инновационной деятельности, отношений между исполнителями проектов, реализации бизнес-планов, налогообложения и государственной поддержки.

Важным фактором развития кластеризации в научно-производственных комплексах является наличие синергетических процессов, которые приводят к образованию новых уникальных свойств проекта, не сводимых к сумме качеств отдельных элементов.

При кластерном проектно-ориентированном взаимодействии повышается эффективность производства благодаря доступу к новым технологиям, возникает гибкость восприятия инноваций при реализации стратегических и тактических задач интеллектуализации развития научно-технологического комплекса.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Величко О.Г. *Інноваційна діяльність у сферах техніки, технології, технічного регулювання і забезпечення якості* / О.Г. Величко. – Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2010. – 393 с.
2. Портер, М.Ю. *Конкуренция* / М.Ю. Портер. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. – 496 с.
3. Гневко В.А. *Управление экономическим развитием народнохозяйственного комплекса: Монография* / В.А. Гневко. – М.: Изд-во Института управления и экономики, 2002. – 368 с.
4. Кузык Б.Н. *Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование: Учебник* / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2011. – 604 с.
5. Татаркина А.И. *Инновационное развитие регионов России. Теория, практика, управление: Монография* / А.И. Татаркина, А.В. Молодчик, Н.Б. Акатов. – М.: Экономика, 2010. – 318 с.
6. Горшениева О.В. *Кластеры: сущность, виды, принципы организации и создания в регионах* / О.В. Горшениева // *Экон. вестник Ростов. гос. ун-та.* – Ростов: РГУ. – 2006. – № 4. – Ч. 2. – С. 77-78.

7. *Меньшенина И.Г. Кластерообразование в региональной экономике: Монография / И.Г. Меньшенина, Л.М. Капустина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос.экон. ун-та, 2008. – 154 с.*
8. *Цихан Т.В. Кластерная теория экономического развития / Т.В. Цихан // Теория и практика управления [Электронный ресурс]. – 2003. – № 5. – С. 34-36.*
9. *Шевченко О.О. Інновації та їх інвестиційне забезпечення: методологічний аспект: Монографія / О.О. Шевченко. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 168 с.*

Стаття надійшла до редакції 05.02.2013

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент кафедри менеджменту та управління проектами Одеської державної академії будівництва та архітектури **П.О. Тесленко**.

УДК 517.977

В.И. Нещерет

**ОБ ИНВАРИАНТНЫХ МНОГООБРАЗИЯХ
В ЗАДАЧЕ ЛОКАЛЬНО-ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

В работе исследуются условия инвариантности линейного многообразия, которые возникают при решении задач локально-оптимальной стабилизации программного движения. Это связано как с рациональным выбором целевого множества на программном многообразии, так и с вопросом о целых траекториях на множестве, где управление становится неэффективным.

Ключевые слова: уравнение, матрица, множество, инвариантность, ранг.

В роботі досліджуються умови інваріантності лінійної множини, що виникають при рішенні задач локально-оптимальної стабілізації програмного руху. Це пов'язано як з раціональним вибором цільової множини на програмному русі, так і з питанням про цілі траєкторії в області, де управління стає неефективним.

Ключові слова: рівняння, матриця, множина, інваріантність, ранг

In this article are researched the conditions of invariance of linear manifold, that arise up at the decision of tasks of the locally-optimal stabilizing of programmatic motion. They are related both with rational choice of a purpose domain on a programmatic variety and with a question about whole trajectories on a domain, where control becomes ineffective

Keywords: equation, matrix, manifold, invariance, grade

Вступление. В задачах локально-оптимального управления последнее определяется из условия минимума производной от локального критерия в силу системы дифференциальных уравнений. На некотором многообразии эта производная не зависит от управления. В зависимости от области допустимых управлений здесь возможно возникновение скользких режимов [1] или необходимо исследовать поведение системы на этом многообразии [2]. Аналогичны также вопросы об инвариантности самого программного многообразия и наличия у него инвариантного ядра. Данные проблемы возникают и при использовании локально-оптимального управления в конкретных технических задачах [3].

Постановка задачи. Необходимо сформулировать условия инвариантности программного многообразия для систем дифференциальных уравнений и особых многообразий, которые возникают при решении задач локально-оптимальной стабилизации программного движения.

1. На траекториях системы неоднородных дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = Ax + a \quad (1)$$

рассмотрим линейное многообразие Ω , задаваемое уравнениями

$$\Omega = Dx + d = 0, \quad (2)$$

где A – матрица $N \times N$; D – матрица $M \times N$; a – вектор $N \times 1$; d – вектор $M \times 1$; $\text{rank } \bar{D} = M$, $\bar{D} = \{D, d\}$ – матрица $M \times (N+1)$, $M \leq N$.

Вначале рассмотрим условие однородности задачи (1), (2). Для этой цели обозначим её как задачу \bar{E} , в отличие от следующей задачи E , в которой уравнения (1), (2) будут однородными

$$\dot{x} = Ax \quad (3)$$

$$E \quad \omega = Dx = 0 \quad (4)$$

Сделаем в \bar{E} замену $x = G\hat{x} + g$ с произвольной невырожденной матрицей G размерности $N \times N$. Уравнение (1) приобретает вид $\dot{\hat{x}} = \hat{A}\hat{x} + \hat{a}$, где $\hat{A} = G^{-1}AG$, $\hat{a} = G^{-1}(Ag + a)$. Для однородности этого уравнения ($\hat{a} = 0$) примем $g = -A^{-1}a$, так как $\det G^{-1} \neq 0$. Функция $\omega(x)$ в новых переменных $\omega = \hat{D}\hat{x} - DA^{-1}a + d$, $\hat{D} = DG$.

Если выполняется условие

$$d = DA^{-1}a, \quad (5)$$

то с помощью указанной замены уравнения (1), (2) могут быть приведены к однородной форме: $\dot{\hat{x}} = \hat{A}\hat{x}$, $\omega = \hat{D}\hat{x} = 0$. Можно взять в качестве G единичную матрицу, и тогда $\dot{\hat{x}} = A\hat{x}$, $\omega = D\hat{x} = 0$. Уравнения (1), (2) однородны в точке покоя $x^* = g$.

Условие (5) предполагает невырожденность матрицы A . При $\det A = 0$ система имеет неединственное положение равновесия x^* , а многообразие Ω^* таких положений, определяемое системой уравнений $\omega^* = Ax + a = 0$, если $\text{rank } \{A, a\} = \text{rank } A = N^* < N$.

Для того чтобы задача \bar{E} обладала свойством однородности, то есть могла быть приведена к виду E , надо, чтобы хотя бы одна их точек

$x^* \subseteq \Omega^*$, в которую теперь можно перенести начало координат, принадлежала Ω . Действительно, если начало координат $x=0$ расположено на пересечении гиперплоскостей Ω , последние описываются однородными уравнениями. Следовательно, необходимо и достаточно, чтобы множество $\check{\Omega} = \Omega \cap \Omega^*$ было не пусто. Составим матрицу $\check{D} = \begin{vmatrix} A \\ D \end{vmatrix}$ и вектор

$\check{a} = \begin{vmatrix} a \\ d \end{vmatrix}$. Для того, чтобы $\check{M} = N^* + M$ уравнений $\check{\omega} = \check{D}x + \check{a} = 0$

имели хотя бы одно решение, необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие $\text{rank} \{ \check{D}, \check{a} \} = \text{rank} \check{D}$.

Лемма 1. Для того, чтобы задача (1), (2) могла быть приведена к однородной форме, необходимо и достаточно выполнения условия

$$\text{rank} \begin{vmatrix} A & a \\ D & d \end{vmatrix} = \text{rank} \begin{vmatrix} A \\ D \end{vmatrix}, \quad (6)$$

в частности условия (5) при $\det A \neq 0$.

Дальше будем рассматривать общий случай неоднородной задачи программного движения (1), (2).

Рассмотрим условия инвариантности (интегральности) программного многообразия Ω . Для того, чтобы Ω было инвариантным многообразием системы (1), необходимо и достаточно, в силу линейности уравнений (1), (2), чтобы существовала матрица B размерности $M \times M$ такая, чтобы выполнялось соотношение

$$\dot{\omega} = B\omega, \quad (7)$$

где $\dot{\omega} = \varphi(x) = DAx + Da$. Рассматривая (7) в виде

$$DAx + Da = BDx + Bd,$$

получаем

$$\begin{aligned} DA &= BD \\ Da &= Bd \end{aligned} \quad (8)$$

или $D\bar{A} = B\bar{D}$, где $\bar{A} = \{A, a\}$ – матрица $N \times (N+1)$. Элементы каждой строки B_m матрицы B определяются из соответствующей системы $\bar{D}'B'_m = \bar{A}'D'_m$, если $\text{rank} \{ \bar{D}', \bar{A}'D'_m \} = M$, где D'_m – строка матрицы D , $m=1, 2, \dots, M$.

Лемма 2. Для того, чтобы многообразие Ω вида (2) было инвариантным многообразием системы (1) необходимо и достаточно выполнения условия

$$\text{rank } \overline{\overline{D}} = M, \quad \overline{\overline{D}} = \left| \begin{array}{c|c} \overline{D} & \\ \hline \overline{DA} & \end{array} \right| = \left| \begin{array}{c|c} D & d \\ \hline DA & Da \end{array} \right| \quad (9)$$

Здесь и далее предполагаем, что все M строк матрицы D (и, следовательно, матрицы \overline{D}) независимы, то есть $\text{rank } D = M$. В противном случае надо предварительно оговорить, что среди уравнений (1) нет таких, которые определяют параллельные плоскости, то есть потребовать $\text{rank } \overline{D} = \text{rank } D$. Тогда условие инвариантности Ω в общем виде

$$\text{rank } \overline{\overline{D}} = \text{rank } \overline{D} = \text{rank } D \quad (10)$$

Отметим, что условие (9) не перестаёт быть необходимым и при выполнении условия однородности (6) задачи – в том смысле, что тогда второе из соотношений (8) выполняется тождественно.

2. Теперь перейдём непосредственно к построению инвариантно ядра $\tilde{\Omega}$ многообразия Ω .

В задачах об устойчивости линейных систем обычно предполагают, что они допускают невозмущённое движение $x = \theta$, то есть рассматривают устойчивость системы (3). Аналогично, говоря об устойчивости программного многообразия Ω , естественно принять, что Ω инвариантно на траекториях системы дифференциальных уравнений. Но в задаче стабилизации Ω с помощью некоторого управления $u(\omega, x)$, требование инвариантности Ω можно ослабить, если предположить, что хотя бы некоторая часть его $\tilde{\Omega}$ инвариантна.

Рассмотрим вначале однородную задачу E . Будем обозначать производные $\omega^{(n)} = \varphi^n = DA^n x, n = 0, 1, 2, \dots$, причём $\varphi^0 = DC$.

Пусть $M = 1$. Если производная φ^1 не обращается в нуль на всём Ω (векторы D и DA независимы), но вторая производная φ^2 равна нулю при $\varphi^0 = 0, \varphi^1 = 0$, то гиперплоскость Ω не является интегральной для (3), но пересечение двух гиперплоскостей $\Omega^2 = \{x : \omega(x) = 0, \varphi^1 = 0\}$, будет интегральным многообразием. Если $\varphi^2(x)$ не обращается в нуль на Ω^2 , то надо рассматривать $\varphi^3 = \frac{d}{dt} \varphi^2(x)$ и так далее. Таким образом будет построено многообразие $\Omega^n = \{x : \omega(x) = 0, \varphi^1(x) = 0, \dots, \varphi^{n-1}(x) = 0\}$

размерности $N-n$, $n < N$. Если при некотором $n < N$ функция $\varphi^n(x)$ обращается в нуль на Ω^n , то есть имеет место

$$\varphi^n = \sum_{i=0}^{n-1} B^i \varphi^i, \quad (11)$$

то Ω^n – интегральное многообразие. Так как $\Omega^n \subset \Omega$, будем называть его инвариантным ядром и обозначать $\tilde{\Omega}$. Если ни при каком $n < N$ Ω^n не будет интегральным многообразием, то $\tilde{\Omega}$ не существует, то есть Ω не содержит целых траекторий системы (3).

Случай $n=N$ можно рассматривать как тривиальный, так как это свидетельствует об инвариантности нуль-мерного многообразия – точки $x=0$. С учётом этого из (11), где $\varphi^i = DA^i x$, $i = 0, \dots, N-1$, получается, что среди вектор-строк D, DA, \dots, DA^{N-1} были зависимые, то есть выполнялось условие

$$\text{rank } \overline{\overline{D}}_N < N, \quad \overline{\overline{D'}}_N = \{D', (DA)', (DA^2)', \dots, (DA^{N-1})'\}. \quad (12)$$

Это соответствует отсутствию полной наблюдаемости в задаче E. При $\text{rank } \overline{\overline{D}}_N = N$ система наблюдаема. Данное условие получено здесь геометрическим путём, в отличие от обычного алгебраического подхода. Такой путь будет использован также для неоднородной задачи \overline{E} , где условия наблюдаемости не решают полностью вопрос об инвариантном ядре $\tilde{\Omega}$.

Условие (12) наличия на Ω ненаблюдаемого инвариантного подмножества справедливо в общем случае $M > 1$. Он в основных чертах аналогичен рассмотренному выше. Но окончательный результат можно записать немного иначе, чем (12). Для этого укажем одно свойство блочной матрицы $\overline{\overline{D}}_N$.

Если вектор $D_m A^n$ линейно зависит от векторов $D_j A^p$, $p < n$, $j = 1, 2, \dots, M$, то все векторы $D_m A^{n+1}, D_m A^{n+2}, \dots$ также зависимы от них. Поэтому в матрице $\overline{\overline{D}}_N$ базисные векторы содержатся в первых блоках, а число блоков DA^n , в которых есть такие векторы, будет наибольшим в том случае, если в каждом блоке будет только один такой вектор. Следовательно, если $\text{rank } \overline{\overline{D}}_N = \tilde{M}$ то все \tilde{M} независимых векторов содержатся в первых \tilde{M} блоках, то есть $\text{rank } \overline{\overline{D}}_N = \text{rank } \overline{\overline{D}}_{\tilde{M}}$ и эти

матрицы эквивалентны: $\overline{\overline{D}}_N \sim \overline{\overline{D}}_{\tilde{M}}$. Так как принято $rank D = M$, то блоки DA, DA^2, \dots содержат остальные $N - M$ независимых векторов. Максимальное число этих блоков, в которых могут быть такие векторы, равно $N - M$, а не $N - 1$, как в общем случае.

Лемма 3. При $rank D = M$ матрица $\overline{\overline{D}}_N$ эквивалентна матрице

$$\overline{\overline{D}}_{N-M+1} = \{D', (DA)', \dots, (DA^{N-M})'\}.$$

С учётом лемм 2, 3 можно сформулировать окончательные условия существования $\tilde{\Omega}$ в задаче E .

Теорема 1. Для того, чтобы многообразие Ω в однородной задаче E имело инвариантное ядро $\tilde{\Omega}$, необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие

$$\tilde{M} = rank \overline{\overline{D}}_{N-M+1} < N.$$

Здесь $\tilde{\Omega}$ имеет вид $\tilde{\omega} = \tilde{D}x = 0$, где строки $\tilde{D}_m, m = 1, 2, \dots, \tilde{M}$, $M \leq \tilde{M} < N$ матрицы \tilde{D} - это линейно независимые строки $D_m A^n, m = 1, 2, \dots, M, n = 0, 1, \dots, N - M$ матрицы $\overline{\overline{D}}_{N-M+1}$. Первые M строк $\overline{\overline{D}}$ есть матрица D .

3. Перейдём к неоднородной задаче \overline{E} . Условие наблюдаемости, содержащееся в теореме 1, не меняется. Например, если по результатам измерений известно $\omega = Dx + d$, то можно считать, что известен и однородный выход Dx . Не влияет на свойство наблюдаемости и свободный член в дифференциальных уравнениях, например, управление. Не меняется и размерность $N - \tilde{M}$ ненаблюдаемого подпространства. Но конкретный вид его для неоднородной задачи имеет свою специфику. Будем обозначать $\omega^{(n)} = \varphi^n DA^n x + DA^{n-1} a$.

Вначале рассмотрим случай $\tilde{M} = M$. Это значит, что в однородной задаче E всё многообразие Ω инвариантно. Действительно, условие (9) здесь имеет вид $rank \overline{\overline{D}} = M$, где $\overline{\overline{D}} = \begin{vmatrix} D \\ DA \end{vmatrix}$ состоит из первых двух блоков матрицы $\overline{\overline{D}}_{N-M+1}$. В неоднородном варианте матрица $\overline{\overline{D}}$ дополняется свободными членами и имеет вид $\overline{\overline{D}}$ в (9). Ранг такого рода расширенных матриц будем для краткости в настоящем выводе обозначать $rank \overline{\overline{D}} = \tilde{M}$.

В данном случае $M \leq \widetilde{M} \leq 2M$, так как $\text{rank}\{D, d\} = M$. Хотя строки матрицы DA линейно зависимы со строками D , требуется также определенное согласование свободных членов d, Da , чтобы строки матрицы $\{DA, Da\}$ были линейно зависимы со строками матрицы $\{D, d\}$. Если $\widetilde{M} = M$, то и в неоднородной задаче Ω инвариантно, то есть $\widetilde{\Omega} = \Omega$. Геометрически это обозначает, что все гиперплоскости $\varphi^1 = DAx + Da = 0$ проходят через Ω , точнее, в силу одинаковой размерности Ω и многообразия $\hat{\Omega}$, определяемого первой производной $\varphi^1(x) = 0$, эти многообразия совпадают.

Предположим, что $\widetilde{M} \geq \widetilde{M} + 1$ ($\widetilde{M} = M$), то есть хотя бы одна из плоскостей $\varphi_m^1 = 0$ ($m = 1, 2, \dots, M$ фиксировано), не содержит Ω . Будем говорить, что она параллельна Ω , так как её вектор-строка $\{D_m A, D_m a\}$ независима со строками матрицы $\{D, d\}$ только за счёт свободного члена $D_m a$. Она не имеет общих точек с Ω , поэтому её пересечение $\hat{\Omega}$ с остальными плоскостями $\varphi_i^1 = 0$, $i = 1, 2, \dots, M, i \neq m$, не имеет общих точек с Ω : $\hat{\Omega} \cap \Omega = \emptyset$. Так как $\widetilde{M} \neq M$, то по лемме 2 Ω не инвариантно в \overline{E} . Покажем, таким инвариантным многообразием теперь будет $\hat{\Omega} : \varphi^1(x) = 0$. В силу предположения об инвариантности Ω в E существует такая квадратная M -мерная матрица B , что справедливо соотношение

$$DA = BD \tag{13}$$

Рассмотрим производную $\varphi^2 = \frac{d}{dt} \varphi^1 = DA^2 x + DAa$. С учётом (13) $\varphi^2 BDAx + BDa = B\varphi^1$. Производная от φ^1 обращается в нуль при $\varphi^1 = 0$, следовательно, $\hat{\Omega}$ инвариантно в \overline{E} .

Таким образом, при $\widetilde{M} = M$ имеем: или $\widetilde{M} = M$, тогда инвариантное ядро $\widetilde{\Omega}$ совпадает с Ω , или $\widetilde{M} > M$, и тогда Ω не содержит инвариантного ядра. Во втором случае ненаблюдаемое (инвариантное) подпространство это $\hat{\Omega}$. Размерность его равна $N - \widetilde{M}$, но расположение в пространстве иное, чем $\widetilde{\Omega}$.

Перейдём к рассмотрению общего случая $M \leq \tilde{M} < N$. \tilde{M} независимых строк матрицы \overline{D}_{N-M+1} составляют $(\tilde{M} \times N)$ -мерную матрицу \tilde{B} , рассмотренную выше. Остальные строки \overline{D}_{N-M+1} зависят от \tilde{D} , то есть существует постоянная $\tilde{M} \times \tilde{M}$ -мерная матрица B , такая что имеет место

$$\tilde{D}A = B\tilde{D} . \quad (14)$$

Инвариантное многообразие, определяемое уравнением $\tilde{D}x = 0$, обозначим здесь Ω^0 , чтобы подчеркнуть, что речь идёт об однородной составляющей общей неоднородной задачи \overline{E} .

Аналогично \overline{D} составим матрицу

$$\overline{D}_{N-M+1} \text{ размерности } (N - M + 1)M \times (N + 1),$$

дополнив \overline{D}_{N-M+1} свободными членами

$$\overline{D}_{N-M+1} = \left| \begin{array}{c|c} D & d \\ \hline DA & Da \\ \hline DA^2 & DAa \\ \hline \dots & \dots \\ \hline DA^{N-M} & DA^{N-M-1}a \end{array} \right|$$

Для записи более удобна её транспонированная форма

$$\overline{D}'_{N-M+1} = \left\{ \overline{D}', \overline{A'D'}, \overline{A'A'D'}, \dots, \overline{A'(A')^{N-M-1}D'} \right\}.$$

Два первые её блока – это матрица \overline{D} . Матрице D^0 в \overline{D}_{N-M+1} соответствует $(\tilde{M} \times (N + 1))$ -мерная матрица $\{\tilde{D}, \tilde{d}\}$. Очевидно, что ранг её, как и матриц $\tilde{D}, \overline{D}_{N-M+1}$ равен \tilde{M} . Но в \overline{D}_{N-M+1} за счёт свободных членов ещё могут быть строки, линейно независимые со строками матрицы $\{\tilde{D}, \tilde{d}\}$, то есть может быть $\overline{M} > \tilde{M}$, где $\overline{M} = \text{rank } \overline{D}_{N-M+1}$.

Пусть $\overline{M} = \tilde{M}$. Это значит что многообразие $\overline{\Omega}^0$, задаваемое уравнениями $\tilde{\omega} = \tilde{D}x + \tilde{d} = 0$, также инвариантно в \overline{E} , так как не только справедливо (14), но и свободные члены согласованы обычным образом

$$\tilde{D}a = B\tilde{d} . \quad (15)$$

Поэтому $\overline{\Omega}^0$ = это инвариантное ядро $\widetilde{\Omega}$ - часть Ω . Отметим, что и многообразии $\hat{\Omega}$, задаваемое производной $\dot{\tilde{\omega}} = \tilde{D}Ax + \tilde{D}a = 0$, совпадает здесь с $\overline{\Omega}^0$, так как в силу (14), (15)

$$\ddot{\tilde{\omega}} = \tilde{D}A^2x + \tilde{D}Ax = B\tilde{D}Ax + B\tilde{D}a = B\dot{\tilde{\omega}} = B^2\tilde{\omega}.$$

Если $\widetilde{M} > M$, то есть хотя бы для одного из свободных членов $\tilde{d}_i, i = 1, 2, \dots, \widetilde{M}$, не выполняется условие (15), где B – матрица (14), то соответствующая плоскость $\dot{\tilde{\omega}}_i(x) = 0$ не имеет общих точек с $\overline{\Omega}^0$, параллельна ему и $\overline{\Omega}^0$ неинвариантно. Тем не менее, размерность ненаблюдаемого пространства равна \widetilde{M} , то есть в фазовом пространстве существует инвариантное многообразие размерности $N - \widetilde{M}$. Покажем, что это $\hat{\Omega}: \dot{\tilde{\omega}} = 0$.

Запишем производную $\ddot{\tilde{\omega}} = \frac{d}{dt}\dot{\tilde{\omega}} = \tilde{D}A^2x + \tilde{D}Aa$. С учётом (14) $\ddot{\tilde{\omega}} = B\tilde{D}Ax + B\tilde{D}a = B\dot{\tilde{\omega}}$. Так как производная от $\dot{\tilde{\omega}}(x)$ обращается в нуль на $\dot{\tilde{\omega}}(x) = 0$, то $\hat{\Omega}$ инвариантно. Однако, так как в этом случае $\overline{\Omega}^0 \cap \hat{\Omega} = \emptyset$ в \overline{E} , то Ω не содержит в \overline{E} инвариантного ядра.

Теорема 2. Условия

$$\text{rank } \overline{D}_{N-N+1} < N, \tag{16}$$

$$\text{rank } \overline{\overline{D}}_{N-M+1} = \text{rank } \overline{D}_{N-M+1} \tag{17}$$

необходимы и достаточны для того, чтобы многообразие Ω в неоднородной задаче $\overline{E}: (1), (2)$ имело инвариантное ядро $\widetilde{\Omega}$ вида

$$\tilde{\omega} = \tilde{D}x + \tilde{d} = 0 \tag{18}$$

Здесь матрица \tilde{D} составлена из $\widetilde{M} = \text{rank } \overline{D}_{N-M+1}$ линейно независимых строк матрицы \overline{D}_{N-M+1} , а \tilde{d} из соответствующих им свободных членов матрицы $\overline{\overline{D}}_{N-M+1}$.

Таким образом, выполнение условия $\text{rank } \overline{D}_{N-M+1} = N$ наблюдаемости в неоднородной задаче необходимо, но недостаточно для существования целых траекторий на Ω , в отличие от однородной задачи E , где оно и достаточно. В \overline{E} требуется дополнительное условие (17).

Инвариантность $\tilde{\Omega}$ эквивалентна тому, что справедливы соотношения (6), (7). Поэтому изменение $\tilde{\omega}(x)$ на траекториях системы (3) описывается дифференциальным уравнением

$$\dot{\tilde{\omega}} = B\tilde{\omega} \quad (19)$$

4. В задачах локально-оптимальной стабилизации программного движения (18) используется минимизация производной от некоторого локального критерия [1-3]. Управление входит в эту производную с коэффициентом $h = \tilde{\omega}'\bar{L}$, где \bar{L} - матрица $\tilde{M} \times K$, $K \leq M \leq \tilde{M}$. Для решения задачи требуется условие отсутствия целых траектории на особом многообразии $H = \{x: h(x) = 0\}$, где эта производная от управления не зависит. Рассмотрим этот вопрос на основе предыдущего анализа.

Из выражения для $h(\omega)$ видно, что $\tilde{\Omega} \subset H$ и только при условиях $rank \bar{L} = K$, $K = M$, $(\tilde{M} = M)$ эти многообразия совпадают: $\tilde{\Omega} = H$. Так как в общем случае $\tilde{\Omega} \subset H$ и $\tilde{\Omega}$ инвариантно, то H содержит инвариантное подмножество по крайней мере размерности $N - M$ в виде $\tilde{\Omega}$. Действительно, с учётом (19) $\dot{h}' = \bar{L}'B\tilde{\omega}$, следовательно, производная \dot{h} также обращается в нуль на H . Надо, чтобы H не содержало инвариантного подмножества \tilde{H} , большего, чем $\tilde{\Omega}$. Например, если $N = 3$, $\tilde{M} = 2$, $K = 1$, \hat{I} - плоскость, содержащая прямую $\tilde{\Omega}$. Здесь требуется чтобы вся H не была инвариантной.

В соответствии с теоремой 1 составим матрицу \bar{D} для функции $h'_0 = D_0x + d_0$, $D_0 = \bar{L}'\tilde{D}$, $d_0 = \bar{L}'\tilde{d}$, но обозначим эту матрицу-аналог следующим образом:

$$D_{N-K+1}^* = \left| \begin{array}{c|c} \frac{D_0}{D_0A} & \frac{d_0}{D_0a} \\ \frac{D_0A}{D_0A^2} & \frac{D_0a}{D_0Aa} \\ \dots & \dots \\ \frac{D_0A^{N-K}}{D_0A^{N-K-1}a} & \frac{D_0A^{N-K-1}a}{D_0A^{N-K-1}a} \end{array} \right| \quad (20)$$

Ранг этой матрицы обозначим $\tilde{K} = rank D_{N-K+1}^*$. Размерность \tilde{H} равна $N - \tilde{K}$. Но в силу инвариантности $\tilde{\Omega}$ она не меньше размерности $N - \tilde{M}$ многообразия $\tilde{\Omega}$, откуда $\tilde{K} \leq \tilde{M}$ - число независимых строк D_{N-K+1}^* не превышает \tilde{M} . Требуется, чтобы размерность \tilde{H} была не больше, чем размерность $\tilde{\Omega}$, то есть $\tilde{K} \geq \tilde{M}$. Получаем $\tilde{K} = \tilde{M}$.

Теорема 3. Для того, чтобы многообразии \tilde{H} не содержало целых траекторий системы (3), кроме $\tilde{\Omega}$, необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие

$$\text{rank } D_{N-K+1}^* = \tilde{M}. \quad (21)$$

Условие отсутствия целых траекторий на H , кроме $\tilde{\Omega}$, можно сформулировать и непосредственно на основе уравнений (19). Но тогда оно будет записано не в исходных терминах задачи, потребуется значение матрицы B . Запишем это условие и сравним его с (21). Многообразии $H = \{ \tilde{\omega} : h = \tilde{\omega}' \bar{L} = 0 \}$ в пространстве переменных $\tilde{\omega}_n, n = 1, 2, \dots, \tilde{M}$, не содержит целых траекторий системы (19), кроме $\tilde{\omega} = 0$, если пара (\bar{L}', B) наблюдаема, то есть выполняется условие

$$\text{rank } F_{\tilde{M}} = \tilde{M}, \quad F_{\tilde{M}} = \{ \bar{L}, B' \bar{L}, (B')^2 \bar{L}, \dots, (B')^{\tilde{M}-1} \bar{L} \}. \quad (22)$$

Покажем эквивалентность этого условия и (21). Для этого сначала учтём, что при $\text{rank } \bar{L} = K$ по лемме 2, которая справедлива здесь, с учётом иных обозначений, матрица $F_{\tilde{M}}$ эквивалентна $F_{\tilde{M}-K+1}$. С последней и будем сравнивать D_{N-K+1}^* . Из (14) получим $\tilde{D}A^n = B^n \tilde{D}, n = 1, 2, \dots$

Подставив эту связь при $n = 1, 2, \dots, \tilde{M} - K$ в матрицу D_{N-K+1}^* , приведём её к такому виду $D_{N-K+1}^* = F_{\tilde{M}-K+1} \bar{D}, \bar{D} = \{ \tilde{D}, \tilde{d} \}$. Здесь $\text{rank } \bar{D} = \tilde{M}$, поэтому если справедливо (22), и $F_{\tilde{M}-K+1} \sim F_{\tilde{M}}$, то $\text{rank } F_{\tilde{M}-K+1} \bar{D} \leq \tilde{M}$. Выделим из $F_{\tilde{M}-K+1}$ невырожденную квадратную матрицу F^0 размера $\tilde{M} \times \tilde{M}$, тогда $\text{rank } F^0 \bar{D} = \tilde{M}$, значит $\text{rank } F_{\tilde{M}-K+1} \bar{D} \geq \tilde{M}$. В итоге $\text{rank } D_{N-K+1}^* = \tilde{M}$.

Пусть не выполняется условие (22), то есть $\text{rank } F_{\tilde{M}-K+1} = M^0 < \tilde{M}$. Тогда аналогичным образом получим $\text{rank } D_{N-K+1}^* = M^0$. Таким образом, получаем $D_{N-K+1}^* \sim F_{\tilde{M}-K+1}$. Теорема доказана также алгебраическим путём.

Выводы. В статье исследованы необходимые и достаточные условия инвариантности линейных многообразий, которые возникают при локально-оптимальной стабилизации программного движения на траекториях системы дифференциальных уравнений. Эти результаты для нескольких задач сформулированы в виде лемм и теорем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Неццет В.И. Стабилизация неинвариантного многообразия в скользящем режиме при использовании локально-оптимального управления // Вісник Одеського національного морського університету. – Вып. 18. – Одесса, 2005. – С. 198-206.
2. Неццет В.И. Область притяжения в задаче локально-оптимальной стабилизации программного движения // Нові інформаційні технології навчання в навчальних закладах України (технічні та економічні науки). – Одеса: Друк, 2001. – С. 29-32.
3. Неццет В.И. Локально-оптимальная стабилизация углового движения летательного аппарата // Проблемы техники: Научково-виробничий журнал. – Одеса, 2012. – № 3. – С. 36-41.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2013

Рецензент – кандидат технічних наук, професор кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету
В.М. Челабчі

УДК 656:615.078.111/178

А.О. Мурадян

АНАЛИЗ ЕМКОСТИ СКЛАДА ПЕРЕВАЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА

В статье рассмотрены процессы взаимодействия морского и железнодорожного транспорта в припортовых транспортных узлах. Также проведен анализ работы перевалочного комплекса. Рассмотрена вероятностная модель работы склада перевалочного комплекса, которая состоит из последовательных периодов определенной продолжительности каждый.

Ключевые слова: транспортный узел, морской транспорт, железнодорожный транспорт, коэффициент использования тылового грузового фронта, коэффициент использования кордонного грузового фронта, емкость, грузопоток.

У статті розглянуто процеси взаємодії морського й залізничного транспорту в припортових транспортних вузлах. Також проведено аналіз роботи перевалочного комплексу. Розглянуто імовірнісну модель роботи складу перевалочного комплексу, що складається з послідовних періодів певної тривалості кожен.

Ключові слова: транспортний вузол, морський транспорт, залізничний транспорт, коефіцієнт використання тылового вантажного фронту, коефіцієнт використання кордонного вантажного фронту, ємність, вантажопотік.

In the article the processes of co-operation of marine and railway transport are considered in port transport knots. the analysis of work of transshipment complex is also conducted. The probabilistic model of work of storage, which goes from the succes-sive periods of certain duration each, is considered.

Keywords: transport knot, marine transport, railway transport, coefficient of the use of rearward freight front, coefficient of the use of cordon freight front, capacity, traffic

Введение. Проблема взаимодействия железнодорожного и морского транспорта имеет важное теоретическое и практическое значение. Теоретическое – так как требует разработки принципов и моделей согласованного развития инфраструктуры и взаимосвязанной технологии, а также моделей управления потоками соответствующих ритмам грузовых работ [8-10]. Практическое – это важно не только для припортовых транспортных узлов, но и для экономически взаимодействующих больших предприятий.

Пункт перевалки грузов – это лишь отдельный и достаточно важный элемент. Учитывая то, что конечные элементы (пункты отправления, система организации движения на железнодорожном транспорте и водном транспорте) не охватываются согласованной технологией, довольно часто возникают ситуации, при которых порт вынужден испытывать на себе бремя такого несогласования. Железнодорожные вагоны и суда прибывают с отклонениями от графика, порожнего подвижного состава, как правило, не хватает, склады переполняются, все это ведет к значительным простоям железнодорожных вагонов и судов.

Так как порт не может оперативно руководить общим процессом организации движения, то и его деятельность не может повлиять на организацию перевозочного процесса на подходах к нему, не говоря уже о транспортировке на всем пути следования. Порту остается лишь обрабатывать тот грузопоток, который приходит в его адрес на железнодорожном и водном транспорте, а прибывает он временами без каких-нибудь признаков по которым можно отличить организованный грузопоток от неорганизованного. Учитывая это, часто происходит нарушение предусмотренных технологических норм работы железнодорожных станций и портов. Таким образом необходимо связать работу железнодорожного и водного транспорта в крупных транспортных узлах. И довольно важное значение в этом вопросе играет эффективное использование складских емкостей, поскольку составы представляют собой «буферы», способные сгладить несоответствие ритмов подхода и отгрузки железнодорожного и морского транспорта в узле [1-7].

Постановка задания. Независимо от вместимости складов возможности складов перевалочного комплекса по приему грузов от железной дороги и передаче их на морской флот лимитированы суточной пропускной способностью P_T тылового и P_K кордонного грузовых фронтов. Поэтому, независимо от количества и типов прибывающих, находящихся под обработкой и ожидающих ее морских судов и железнодорожных составов, количество грузов принимаемых на склады или выдаваемых со складов перевалочного комплекса не может быть более, чем соответствующее значение их пропускных способностей. Следовательно, колебания ежесуточно поступающего и отгружаемого со склада перевалочного комплекса груза ограничено пропускной способностью его тылового P_T или кордонного P_K фронтов.

Величина этих колебаний определяется уровнем использования пропускной способности соответствующего грузового фронта, определяемого коэффициентами $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$. Однако коэффициенты $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$ определяют лишь уровень использования соответствующих производственных мощностей грузовых фронтов и не могут дать описания внутреннего процесса, происходящего на складе.

Для моделирования работы этой системы рассмотрим поступления и отправления грузов со складов перевалочного комплекса партиями, равными суточной пропускной способности соответствующего грузового фронта P_T и P_K .

Так как $K_{и} < 1$, то поступление и отправление указанных грузовых партий не может быть осуществлен ежесуточно достаточно длительный период времени. При этом очевидно, что каждые очередные сутки характеризуются переработкой или не завершением переработки очередной партии P_T либо P_K .

Если рассматривается период времен T , количество суток, в течение которых процесс поступления условных партий груза будет завершённым – t , то их соотношение зависит от производственной мощности грузовых фронтов, то есть от значений коэффициентов $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$. Следовательно, как и в работе [13], для кордонного грузового фронта

$$\frac{t}{T} \cong k_u^k \quad (1)$$

для тылового грузового фронта

$$\frac{t}{T} \cong k_u^m \quad (2)$$

Рассмотрим вероятностную модель работы склада перевалочного комплекса, состоящую из l последовательных периодов продолжительностью n суток каждый. Тогда изменение в отправляемых (прибывающих) партиях грузов вызывает изменения в количестве условных партий груза, поступающих на склад либо выдаваемых со склада в каждом из l периодов в диапазоне от нуля до n . Причем для всего интервала времени испытания существует равная $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$ вероятность того, что партия поступит (будет отправлена). И соответственно равная $(1 - K_{и}^T)$ либо $(1 - K_{и}^K)$ вероятность того, что партия груза не поступит (не будет отправлена).

Упомянутая модель соответствует вероятностной схеме Бернулли, следовательно вероятность $P_{n,m}$ случайного события, заключающегося в том, что в течение n суток на склады перевалочного комплекса поступает ровно m условных партий груза где $p = k_u$, $q = (1 - k_u)$. Применительно к кордонному фронту используется $K_{и}^K$, в случае тылового – $K_{и}^T$. Между величинами коэффициентов использования $K_{и}^T$ тылового и $K_{и}^K$ кордонного грузового фронтов и значениями пропускных способностей P_T и P_K существует следующая связь:

$$P_k / P_m = k_u^m / k_u^k \quad \text{либо} \quad P_k k_u^k = P_m k_u^m = q \quad (3)$$

Эти соотношения позволяют использовать для характеристики прохождения груза через фронты перевалочного комплекса не только соответствующие значения условных грузовых партий, но и какое-либо одно из них.

Рассмотрим исходящий на море грузопоток, перерабатываемый перевалочным комплексом с вместимостью складов V начальной емкостью V_0 . Максимальная вероятность наполнения свободной емкости перевалочного комплекса $V-V_0$ за рассматриваемый период T_B грузопотоком мощностью P_m будет достигаться в случае когда прибытие наибольшее и в то же самое время отгрузка минимальная. Вероятность каждого из описанных событий определяется из соотношения Бернулли, а вероятность того и другого события одновременно равна их произведению. В данном случае уместно рассматривать n и m , как действительные числа, характеризующих временные отрезки.

(M) – первое событие соответствует ежедневному прибытию на склад перевалочного комплекса партии груза, равных P_T . В этом случае $n = T_B$, $m = T_B$.

$$P(M) = \frac{T_\epsilon!}{T_\epsilon!(T_\epsilon - T_\epsilon)!} (k_u^m)^{T_\epsilon} (1 - k_u^m)^{(T_\epsilon - T_\epsilon)} = (k_u^m)^{T_\epsilon} \quad (4)$$

(N) – второе событие соответствует ежедневным отгрузкам нулевых партий груза через кордонный фронт, что соответствует $m = 0$.

Необходимый интервал времени, соответствующий работе кордонного грузового фронта для переработки грузопотока, равного P_m будет определяться так:

$$n = T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k} \quad (5)$$

тогда

$$P(N) = \frac{\left[T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k} \right]!}{0! \left[T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k} - 0 \right]!} (k_u^k)^0 (1 - k_u^k)^{T_\epsilon} = (1 - k_u^k)^{T_\epsilon} \binom{k_u^m}{k_u^k} \quad (6)$$

Следовательно

$$P(MN) = P(M)P(N) = (k_u^m)^{T_\epsilon} (1 - k_u^k)^{T_\epsilon} \binom{k_u^m}{k_u^k} \quad (7)$$

$$T_e = \frac{\lg[P(MN)]}{\lg \left[(k_u^m)(1-k_u^k) \right]^{\frac{k_u^m}{k_u^k}}}; iV - V_0 = T_e$$

и

$$P_m = \frac{P_m \lg[P(MN)]}{\lg \left[(k_u^m)(1-k_u^k) \right]^{\frac{k_u^m}{k_u^k}}} \quad (8)$$

Наибольшая вероятность полной разгрузки склада перевалочного комплекса, имеющего переходящий остаток V_0 достигается при максимальной отгрузке на морской флот и минимальном поступлении грузов по железной дороге за период работы T_n .

Максимальная загрузка кордонного фронта достигается при следующих параметрах:

$$n = T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right), \quad m = T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right) \quad (9)$$

$$P(L) = \frac{T_u! \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)!}{T_u! \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)! (T_u - T_u)!} \left(k_u^k \right)^{T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} \left(1 - k_u^k \right)^{\left(T_u - T_u \right) \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} = \left(k_u^k \right)^{T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} \quad (10)$$

Вероятность события минимального поступления груза на тыловой фронт перевалочного комплекса определяется при $n = T_u, m = 0$

$$P(K) = \frac{T_u!}{0! T_u!} \left(k_u^m \right)^0 \left(1 - k_u^m \right)^{T_u - 0} = \left(1 - k_u^m \right)^{T_u} \quad (11)$$

$$P(LK) = P(L)P(K) = \left(k_u^k \right)^{T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} \left(1 - k_u^m \right)^{T_u} \quad (12)$$

$$T_u = \frac{\lg[P(LK)]}{\lg[(k_u^k)^{\left(\frac{k_u^m}{k_u^k}\right)} (1-k_u^m)]} \quad (13)$$

$$V_0 = P_k T_u = \frac{P_m k_u^m \lg P(LK)}{k_u^k \lg[(k_u^k)^{\left(\frac{k_u^m}{k_u^k}\right)} (1-k_u^m)]} \quad (14)$$

При $P(MN) = F_1 P(LK) = A$ получим выражения для вместимости склада перевалочного комплекса

$$V = P_m \lg A \left\{ \frac{1}{\lg[K_u^m (1-k_u^k)^{\frac{k_u^m}{k_u^k}}]} + \frac{k_u^m F_1}{k_u^k F_1 \lg[(k_u^k)^{\frac{k_u^m}{k_u^k}} (1-k_u^m)]} \right\} \quad (15)$$

где F_1 – коэффициент неравномерности использования складских фронтов перевалочного комплекса.

Анализ соотношения (11-13) показывает, что при сделанных допущениях вместимость складов перевалочного комплекса является функцией величины проходящего через него грузопотока, а так же зависит от пропускных способностей грузовых фронтов и их соотношений.

Кроме того, значение F зависит от величины надежности функционирования склада перевалочного комплекса. Вместимость склада перевалочного комплекса должна полностью соответствовать пропускной способности грузовых фронтов. Невыполнение этого требования может приводить к диспропорции между возможностями технических средств технологического комплекса по выполнению основных операций перевалки грузов (выгрузка-хранение-погрузка) и потенциальным простоям транспортных средств при свободных грузовых фронтах. Для рационального использования мощностей перевалочного комплекса, исключения простоев подъемно-транспортных средств из-за ограниченной вместимости складов и надежного функционирования системы рекомендуется принимать величину вероятности A соразмерной интервалу времени интенсивных периодов деятельности.

В случае использования прямого варианта переработки грузов вместо K_n^T и K_n^K следует использовать K_n^{TP} и K_n^{KP} , определяемые из соотношений

$$k_u^{mn} = k_u^{mm} = k_u^m (1 - k_n), k_u^{kn} = k_u^k (1 - k_n) \quad (16)$$

$$K_n = q_n/q,$$

где q_n – средняя интенсивность грузового потока, обрабатываемого по прямому варианту.

В качестве примера использования полученного выражения для вместимости склада рассмотрим перевалочный комплекс, используемый для переработки экспортного грузопотока металлургического завода с экспортным грузопотоком $P_T = 3200$ т/сутки. При трех заданных значениях коэффициента использования кордонного фронта $K_{и}^K$ (0,3; 0,5; 0,8) на рисунке представлено изменение величины вместимости склада в зависимости от изменения коэффициента использования тылового фронта $K_{и}^T$ во всем его диапазоне изменения. Анализ графиков распределения (рисунок) показывает, что 495-970 % от уровня минимального значения вместимости склада в зависимости от заданной величины уровня величины коэффициента использования кордонного фронта $K_{и}^T$ (0,2; 0,4; 0,7) вместимость склада перевалочного комплекса (рисунок) в пределах 115-190 % от уровня минимального значения при изменении коэффициента использования кордонного фронта $K_{и}^K$ во всем диапазоне его изменения.

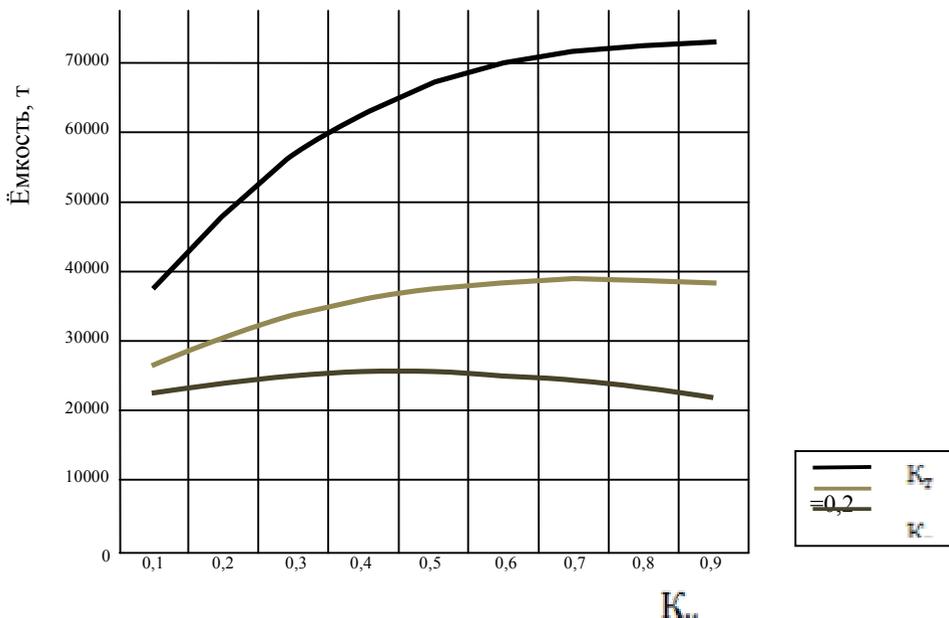
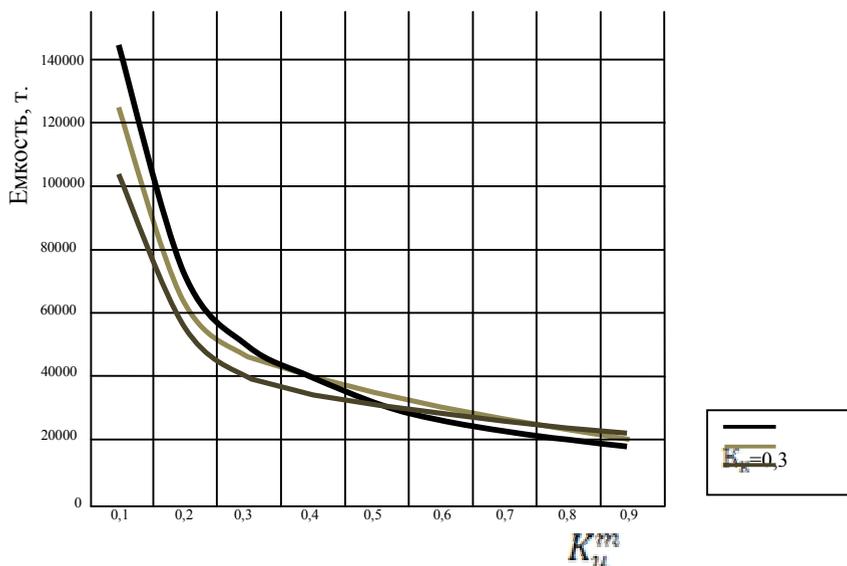


Рис. Зависимость емкости склада перевалочного комплекса от коэффициента использования кордонного фронта, коэффициента использования тылового фронта

Результаты. Результаты исследования представляют собой научно обоснованные экономико-эксплуатационные решения в области оптимизации взаимодействия морского и железнодорожного транспорта и работы складов в припортовых транспортных узлах, а также оказывают содействие дальнейшему усовершенствованию теории и практики рационального развития транспортных узлов.



Продолжение рис.

Приведенные расчеты демонстрируют определяющее влияние коэффициента использования тылового фронта на уровень вместительности склада перевалочного комплекса. Величина коэффициента использования тылового фронта, в свою очередь, определяется: продолжительностью проведения работ по разгрузке железнодорожного подвижного состава на склад порта, организации подачи и разгрузку железнодорожных вагонов на тыловом фронте порта.

Аппарат теории вероятности является гибким и универсальным инструментом моделирования процессов функционирования многих элементов смешанных перевозок таких, как работа складов предприятий, железнодорожных и перевалочных комплексов, работа морского флота. Аналитические решения, полученные с использованием теории вероятности, разрешают получать качественные результаты для анализа взаимодействия железнодорожного и морского транспорта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем: Учебн. пособие / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1988. – 357 с.
2. Веников В.А. Теория подобия и моделирования: Учебн. пособие / Г.В. Веников. – М.: Высшая школа, 1984. – 479 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций: Учебн. пособие / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

4. Головин Ю.А. Применение языков моделирования в обучении методам программной имитации сложных систем: Тез. докл. 6-й Междунар. конф. «Региональная информатика-98». – Ч. 1 / Ю.А. Головин, С.А. Яковлев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 78 с.
5. Ермаков С.М., Мелос В.Б. Математический эксперимент с моделями сложных стохастических систем: Учебн. пособие / С.М. Ермаков, В.Б. Мелос. – СПб.: Изд-во ГУ, 1993. – 315 с.
6. Имитационное моделирование производственных систем: Учебн. пособие / Под ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983. – 215 с.
7. Козлов И.Т. Пропускная способность транспортных систем: Учебн. пособие / И.Т. Козлов. – М.: Транспорт, 1985. – 214 с.
8. Кривулин Н.К. Об оптимизации сложных систем при имитационном моделировании / Н.К. Кривулин // Вестн. Ленингр. ун-та. – Сер. 1. – 1990. – № 8. – С. 102.
9. Персианов В.А. Станции и узлы в современной транспортной системе (проблемы, мнения, идеи): Учебн. пособие / В.А. Персианов. – М.: Транспорт, 1980. – 259 с.
10. Прицкер А.А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМП: Учебн. пособие / А.А. Прицкер. – М.: Мир, 1987. – 646 с.
11. Советов Б.Я. Моделирование систем: Учебн. пособие / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1998. – 319 с.
12. Яковлев С. А. Эволюционные имитационные модели процессов и систем как методологическая основа интеллектуальных технологий обучения // Тез. докл. Междунар. конф. «Современные технологии обучения»/ С.А. Яковлев. – СПб., 1996. – С. 48-54.
13. Горбатый М.М. Теория и практика оптимизации производственных мощностей морских портов: Учебн. пособие / М.М. Горбатый. – М.: Транспорт, 1981. – 168 с.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2012

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

УДК 621.011.056

С.Н. Леонова

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭТАПАМИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

В статье разработана модель управления государственными программами отраслевого развития на основе принципа поэтапной реализации. Рассмотрен механизм принятия решения о корректировке или принципиальном пересмотре мероприятий программы с учетом баланса социальной и производственной ценности программы.

Ключевые слова: программное управление, точки бифуркации, поэтапный мониторинг, ценностно-ориентированное управление.

У статті розроблено модель управління державними програмами галузевого розвитку на основі принципу поетапної реалізації. Розглянуто механізм прийняття рішення про коригування або принциповому перегляді заходів програми з урахуванням балансу соціальної та виробничої цінності програми.

Ключові слова: програмне управління, точки бифуркації, поетапний моніторинг, ціннісно-орієнтоване управління.

The paper developed a model of the management of public sector development programs based on the principle of progressive realization. The mechanism of the decision on the adjustment or revision of the fundamental activities of the program, taking into account the balance of social and production values of the program.

Keywords: program management, the bifurcation point, phased monitoring, value-based management

Введение. Поскольку программа является сложной организационной деятельностью, и обладает наивысшей степенью неопределенности как внутренней, так и внешней, это обстоятельство значительно усложняет процесс отслеживания и прогнозирования изменений, и как следствие, управление взаимосвязями внутри программы. Ценностно-ориентированное управление взаимодействием в программе принципиально отличается от управления взаимодействием в течение этапов жизненного цикла, которое традиционно реализуется как организационно-ориентированное и уже достаточно детально разработано.

Ценностно-ориентированное управление взаимодействиями на сегодня только очерчено некоторыми концептуальными положениями управления сообществом проекта/программы в системе знаний Р2М [5] и в других работах [2-4]. Тем не менее, на сегодня отсутствует действенный механизм управления взаимодействиями внутри программы и принятия решения по дальнейшей судьбе программы.

Постановка задачі. Розробити модель управління державними програмами галузевого розвитку. Розглянути механізм прийняття рішення про коректуючі заходи в програмі.

Изложение основного материала. Для построения модели управления программой предлагается использовать принцип поэтапной реализации [1].

Каждая фаза модели жизненного цикла программы имеет свою систему предполагаемых кризисных явлений, которые должны быть учтены в процессах управления [2, 3]. Такие явления на модели развития программы формируют точки бифуркации (под понятием бифуркации понимается скачкообразное изменение качества, смена типа решения системы), где развитие системы может быть существенно заторможено, или она может быть разрушена под влиянием внутренних и внешних воздействий. Данный подход отвечает условному описанию, когда представление о кризисе сведено в точку – точку бифуркации, где развитие системы неустойчиво и скачком переходит на устойчивую альтернативную ветвь.

Опасность кризиса растет не только как следствие запуска на конкретной стадии больших комплексных мероприятий, но и в результате накопления более мелких нарушений и конфликтов внутри программы. Точки бифуркации могут отражать накопленные проблемы относительно рыночной уязвимости, кризиса управления цепями поставок, кризиса автономности, кризиса отношений в цепях поставок, кризиса управляемости и центров инноваций, кризиса доверия и кризиса конкурентоспособности и др.

В работе было отмечено, что в любом проекте (а, следовательно, и в программе) реализуются два принципиально отличных вида взаимодействия заинтересованных сторон: в «веховых ситуациях» (точках бифуркации) и в течение этапов жизненного цикла. Взаимодействие в течение этапов жизненного цикла рассматривается как информационно-коммуникационная деятельность. Она вызвана необходимостью организации общего выполнения заинтересованными сторонами предварительно спланированной деятельности и направлена на обеспечение информационного состояния заинтересованных сторон, актуального для выполнения ими действий в проекте. Взаимодействие в течение этапов жизненного цикла реализуется как организационно-ориентированное [4].

Взаимодействие в точках бифуркации рассматривается как специфическая «переговорная» деятельность заинтересованных сторон. Она вызвана необходимостью корректировки или принципиального пересмотра предварительно спланированной деятельности и направлена на общую выработку заинтересованными сторонами рационального варианта дальнейшего развития проекта с позиций их ценностей. Данный вид взаимодействия может быть только ценностно-ориентированным.

Наступление точки бифуркации всегда вызывается превалярованием между заинтересованными сторонами конфликтных отношений над синергетическими, а завершение – наоборот. Точка бифуркации всегда связана с приостановкой деятельности по проектам для общего поиска варианта дальнейшего развития проекта/программы с учетом собственных ценностей заинтересованных сторон [4].

Проблемы, которые накапливаются в точках бифуркации, требуют решения в ходе реализации программы. Для этого жизненный цикл программы разделяется на этапы по количеству точек бифуркации.

В конце каждого этапа с приближением к предполагаемой точке бифуркации проводится комплексная оценка достигнутых результатов и выполняется их сравнительный анализ с плановыми показателями, рассчитанными для данного этапа. Принцип поэтапной реализации базируется на четкой системе мониторинга, оценки и сбора информации, что обеспечивает возможность отслеживать изменения во времени и по конкретным целям выполнения программы. Данный анализ на каждом этапе целесообразно проводить отдельно по выполнению output (непосредственный результат как количество и качество произведенных товаров и услуг) и outcome (конечный результат как социально-значимые выгоды с позиции общества в целом) результатов.

Графическое отображение модели управления этапами реализации программы приведено на рис. 1.

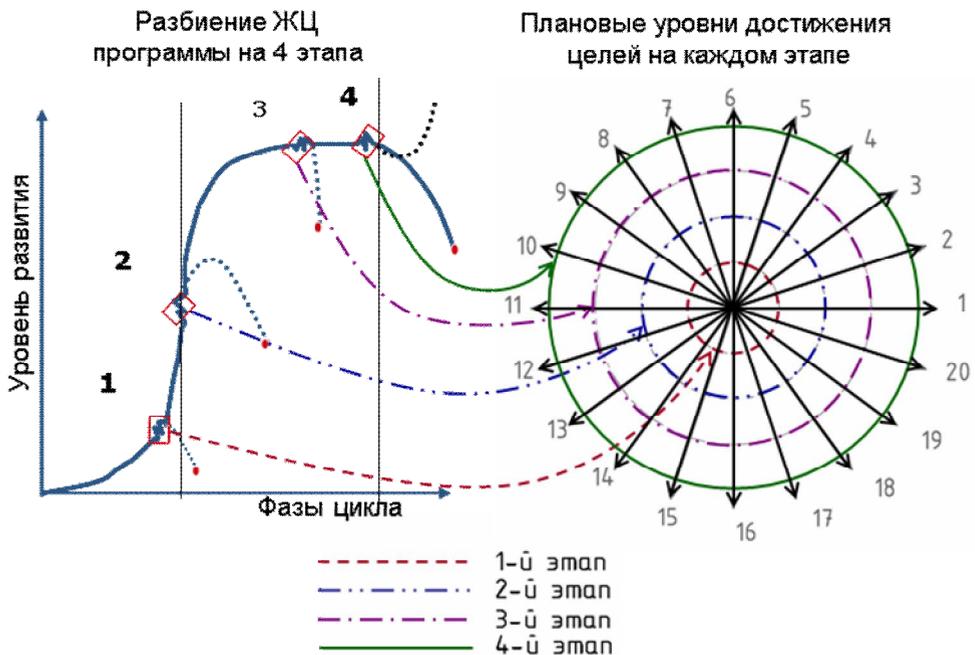


Рис. 1. Модель управления этапами реализации программы

На предложенной модели мониторинга программа разделяется точками бифуркации на этапы (в зависимости от степени сложности программы таких этапов может быть больше, для примера рассматривается 4 этапа), по n output целям и m основным outcome целям (в рассматриваемом примере $n = 20$, $m = 6$). Оценка процесса выполнения программы осуществляется с использованием лепестковой диаграммы, на которой по осям отмечаются фактические показатели выполнения поставленных целей и плановые значения показателей на расчетном этапе. Рассмотрим действие данной модели более детально. Лепестковая диаграмма выполнения output (рис. 2) целей состоит из двадцати осей, которые равномерно распределены по окружности и делят ее на равные углы $\alpha_{pi} = \frac{1}{n} 360^\circ$, что указывает на равноценность в достижении назначенных результатов по каждой оси.

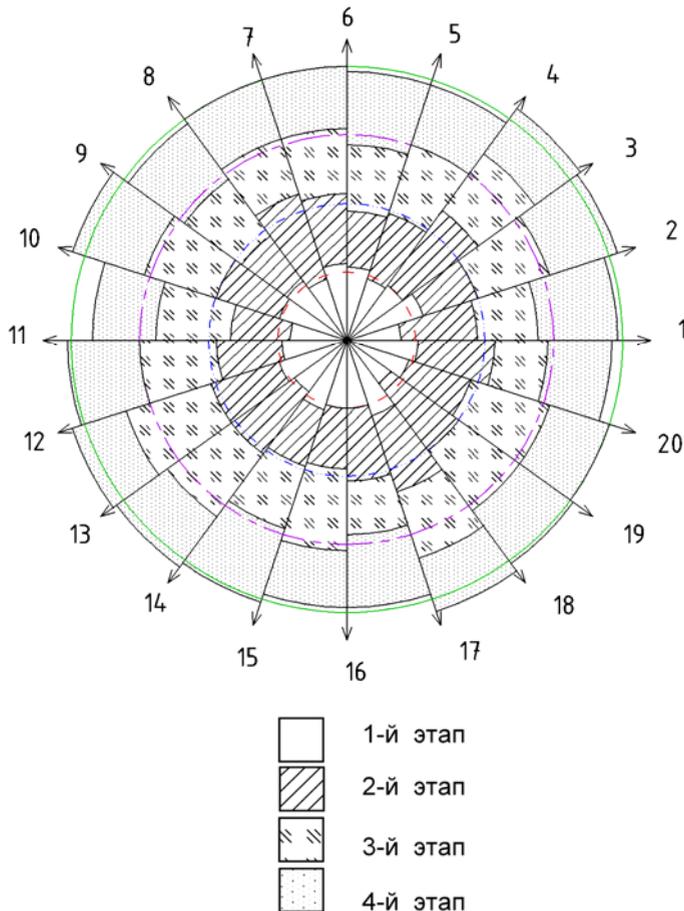


Рис. 2. Безразмерная диаграмма 20 производственных (Output) целей программы

В то же время лепестковая диаграмма outcome целей имеет несколько другой вид (рис. 3). На ней оси расположены неравномерно и делят окружность на разные углы, которые отражают важность (значимость) каждой цели (оси) в общей социальной ценности программы.

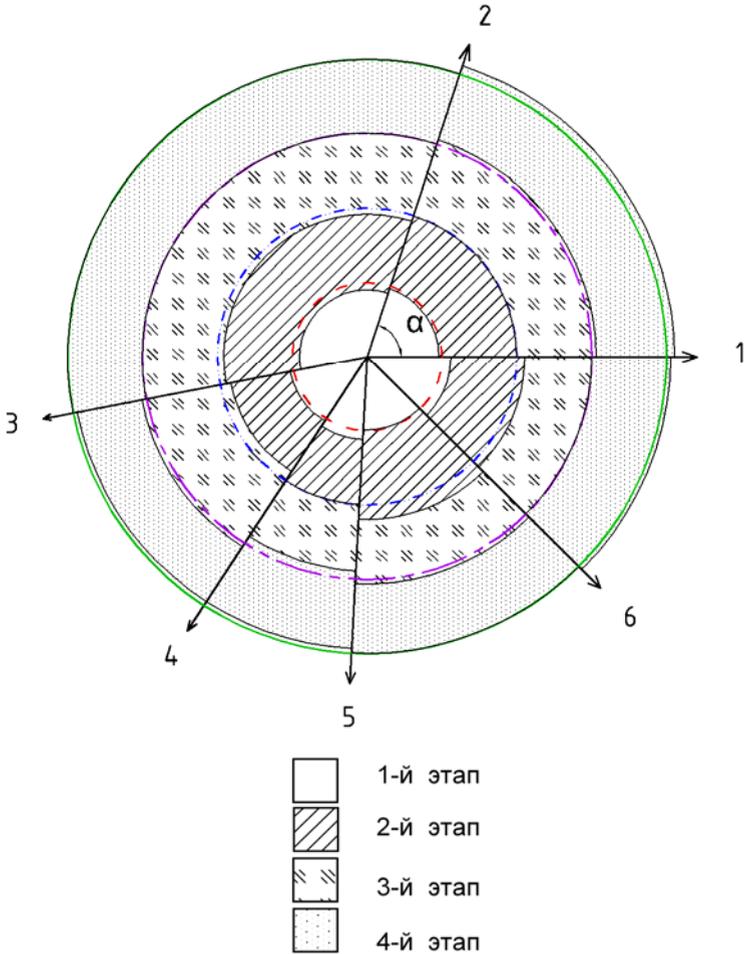


Рис. 3. Безразмерная диаграмма 6 социальных (Outcome) целей программы

Угол j -й outcome оси определяется исходя из назначенных методом экспертных оценок весовых коэффициентов, характеризующих важность результатов каждой j -й цели в общей ценности программы: $q_1, q_2, q_3, \dots, q_j \dots q_m$, где $\sum q_j = 100\%$.

$$\alpha_{cj} = \frac{q_j \cdot 360^\circ}{100}.$$

Для построения графика на каждом этапе программы по осям откладывается две дуги с ординатами соответствующими плановым (расчетным) и фактическим показателям выполнения целей. Площади соответствующих секторов характеризуют выполнение каждой конкретной цели. По каждой цели плановый показатель на расчетном этапе t принимается равным единице

$$p_{ii} = 1 \text{ – по } i\text{-й output цели,}$$
$$c_{jj} = 1 \text{ – по } j\text{-й outcome цели.}$$

Следовательно, на диаграмме линия, отражающая желаемый уровень достижения цели на рассматриваемом этапе, принимает форму окружности с радиусом 1. В процессе реализации при достижении предполагаемой точки бифуркации и проведении анализа выполненных работ, определяются и рассчитываются фактические показатели выполнения целей p'_{ii} , c'_{jj} . Проводится их нормирование относительно плановых показателей. В идеализированной ситуации фактические показатели должны быть равными плановым: $p_{ii} = p'_{ii}$, $c_{jj} = c'_{jj}$, однако на практике имеют место еще два варианта: невыполнение плана: $p_{ii} > p'_{ii}$, $c_{jj} > c'_{jj}$ и превышение запланированного уровня: $p_{ii} < p'_{ii}$, $c_{jj} < c'_{jj}$. Данная оценка дает наглядное представление о успешности выполнения всех целей программы по отдельности, однако не дает полной картины о степени выполнения программы в целом.

Для того что бы оценить выполнение программы в целом по output и outcome целям предлагается по каждой диаграмме вычислить, площадь отражающую степень выполнения всей программы.

В случае $p_{ii} = p'_{ii}$ и $c_{jj} = c'_{jj}$ фигура, ограниченная линией является окружностью и ее площадь определяется как

$$S'_p = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot p_{ii}^2 = \pi ,$$
$$S'_c = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot c_{jj}^2 = \pi .$$

Если же на разных секторах наблюдается несовпадение с плановыми показателями, площадь фигуры ограниченной линией фактического выполнения программы определяется как сумма площадей секторов

$$S'_p = S'_{p1} + S'_{p2} + S'_{p3} + \dots + S'_{pi} + \dots + S'_{pn} = \sum_{i=1}^n S'_{pi} \quad (1)$$

$$S'_c = S'_{c1} + S'_{c2} + S'_{c3} + \dots + S'_{cj} + \dots + S'_{cm} = \sum_{j=1}^m S'_{cj} . \quad (2)$$

Преобразуем выражения (22) и (23) с учетом углов между output осями и outcome осями

$$\sum_{i=1}^n S_{pi}^t = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{pi}}{360^\circ} \cdot \pi \cdot R^2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \cdot \pi \cdot p_{ii}'^2 = \frac{\pi}{n} \sum_{i=1}^n p_{ii}'^2 \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m S_{cj}^t = \sum_{j=1}^m \frac{\alpha_{cj}}{360^\circ} \cdot \pi \cdot R^2 = \sum_{j=1}^m \frac{q_{cj}}{100} \cdot \pi \cdot c_{ij}'^2 = \frac{\pi}{100} \sum_{j=1}^m q_{cj} \cdot c_{ij}'^2 \quad (4)$$

Предложенная модель мониторинга, основанная на построении лепестковых диаграмм output и outcome целей, наглядно показывает, насколько выполнены цели на этапе t относительно запланированного уровня. По результатам оценки выполнения программы на текущем этапе производится планирование и корректировка деятельности на следующий этап программы.

Первый этап реализации программы создает основу, на которой базируется второй этап программы, затем следующий и так далее. Таким образом, для наилучшего выполнения программы необходимо устремить линию показателей выполнения целей к окружности оптимальных (плановых) показателей на данном этапе

$$\sum_{i=1}^n S_{pi}^t \rightarrow S_p^t, \quad \sum_{j=1}^m S_{cj}^t \rightarrow S_c^t.$$

Т.е. для одних показателей ускорять, стимулировать процесс достижения цели, для других – приостанавливать, замораживать.

Такая модель управления программой учитывает не только внутренние взаимосвязи между проектами, она также позволяет гибко реагировать на изменения во внешней среде, поскольку на каждом этапе возможна корректировка деятельности в соответствии с новыми изменениями во внешнем окружении программы.

Кроме того, еще одним преимуществом рассматриваемой модели мониторинга является возможность оценить, насколько сбалансировано выполняются социальные и производственные цели программы (output и outcome). Для этого введем следующие обозначения:

$$k_p = \frac{\sum_{i=1}^n S_{pi}^t}{S_p^t}, \quad k_c = \frac{\sum_{j=1}^m S_{cj}^t}{S_c^t}, \quad K = \frac{\sum_{j=1}^m S_{cj}^t}{\sum_{i=1}^n S_{pi}^t} = \frac{k_c}{k_p},$$

где k_p и k_c – коэффициенты достижения output и outcome целей программы соответственно;

K – коэффициент соответствия достижения output и outcome результатов программы.

Таблиця

Метод принятия решения о целесообразности применения мероприятий по корректировке программы

Коэффициенты k_c k_p K		Оценка состояния программы и необходимые корректировки
$k_c \geq 1$	$k_p \geq 1$ $K \geq 1$	Программа выполняется с опережением графика. Баланс output и outcome целей соблюден. Никаких изменений и корректировок не требуется.
$k_c \geq 1$	$k_p \geq 1$ $K < 1$	Программа выполняется хорошо с опережением графика, однако существует дисбаланс скорости выполнения output и outcome результатов в убыток социальной ценности программы. Имеет смысл пересмотреть outcome цели следующего этапа.
$k_c \geq 1$	$k_p < 1$ $K \gg 1$	График выполнения работ отстает от запланированных показателей. Существует некоторый дисбаланс скорости достижения output и outcome результатов. В случае если участников программы устраивает рентабельность их работы в программу при таких условиях – никаких корректировок не требуется.
$k_c < 1$	$k_p \geq 1$ $K < 1$	Наблюдается невыполнение outcome целей программы. Следует провести корректировку плановых показателей outcome целей или внести корректировки в объемы работ.
$k_c < 1$	$k_p < 1$ $K > 1$	Баланс output и outcome целей соблюдается, однако темпы выполнения программы недостаточны. Следует ускорить работы по проектам программы.
$k_c < 1$	$k_p < 1$ $K < 1$	Программа является неэффективной для ее участников и не приносит социальную ценность. Продолжать выполнение программы не имеет смысла. Следует принимать решение о закрытии программы

В результате определения данных трех коэффициентов представляется возможным оценить реально состояние программы в текущий момент и принять решение о дальнейшей судьбе программы. Таким образом, для успешной реализации программы необходимо на каждом этапе устремить площади фактических результатов к окружности запланированных показателей для рассматриваемого этапа.

Выводы. Реализация разработанной модели управления этапами реализации программы приведет к более тесной интеграции усилий и совершенствованию управления программами. Конечный результат применения рассмотренного механизма принятия решения – это создание гармонизированной ценности программы, а также возможность оперативно реагирования на изменения как внутри программы, так и в ее окружении.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Леонова С.Н., Шахов А.В. Методологические особенности управления программами развития отрасли // Восточно-европейский журнал передовых технологий // Интегрированное стратегическое управление, управление проектами и программами развития предприятий и территорий. – 2012. – 1/12 (55). – С. 14-16.*
2. *Азаров Н.Я., Ярошенко Ф.А., Бушуев С.Д. Инновационные механизмы управления программами развития. – К.: Саммит-Книга, 2011. – 528 с.*
3. *Бушуева Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития. – К.: Наук. світ, 2007. – 199 с.*
4. *Медведева О.М. Ціннісно-орієнтоване управління взаємодією в проектах: Методологічні основи // Автореферат дисертації. – К., 2013. – 48 с.*
5. *Руководство по управлению инновационными проектами и программами. Р2М. – Т. 1. – Версия 1.2 / Пер. с англ. под ред. проф. С.Д. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2009. – 173 с.*

Стаття надійшла до редакції 03.04.2013

Рецензент – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, директор Науково-дослідного інституту фундаментальних та прикладних досліджень Одеського національного морського університету **С.В. Руденко**.

АВТОРИ ЗБІРНИКА

Верещака Микола Анатолійович – начальник Державного підприємства «Укрводшлях»

Вишневський Дмитро Олегович – асистент кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету

Вичужанін Володимир Вікторович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Інформаційні технології» Одеського національного морського університету

Гловацька Світлана Миколаївна – начальник відділу міжнародних зв'язків Одеського національного морського університету

Гришин Володимир Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету

Дубровський Михайло Павлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

Єгоров Геннадій В'ячеславович – доктор технічних наук, професор, генеральний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

Зубко Микола Федорович – кандидат технічних наук, професор кафедри «Підйомно-транспортні машини та механізація перевантажувальних робіт» Одеського національного морського університету

Ільницький Ігор Анатолійович – 1-й заступник генерального директора Морського інженерного бюро, м. Одеса

Калугін Ярослав Володимирович – заступник головного конструктора Морського інженерного бюро, м. Одеса

Кириллова Олена Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету

Колеснікова Катерина Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Інформаційні технології проектування в машинобудуванні» Одеського національного політехнічного університету

Кострець Микола Васильович – аспірант кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

Леонова Світлана Миколаївна – аспірант кафедри «Системний аналіз і логістика» Одеського національного морського університету

Логінов Олег Володимирович – старший викладач кафедри «Транспортне право» Одеського національного морського університету

Мелешенко Катерина Сергіївна – пошукач кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету

Мурад'ян Арсен Олегович – асистент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету

Нещерет Віктор Іванович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри «Технічна кібернетика» Одеського національного морського університету

Пітерська Варвара Михайлівна – кандидат технічних наук, викладач кафедри «Організація митного контролю на транспорті» Одеського національного морського університету

Руденко Сергій Васильович – доктор технічних наук, доцент, проректор з наукової роботи, директор Науково-дослідного інституту фундаментальних та прикладних досліджень Одеського національного морського університету

Тонюк Валерій Іванович – технічний директор Морського інженерного бюро, м. Одеса

Хонелія Натела Ніатовна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Морські та річкові порти, водні шляхи та їх технічна експлуатація» Одеського національного морського університету

Шамов Олексій Володимирович – викладач кафедри «Технологія матеріалів» Одеського національного морського університету

Шахов Анатолій Валентинович – доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт» Одеського національного морського університету

Яровенко Володимир Олексійович – доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою «Електротехніка та електрообладнання суден» Одеського національного морського університету

ВИМОГИ ДО АВТОРСЬКИХ ТЕКСТОВИХ ОРИГІНАЛІВ

Редакційна колегія збірника наукових праць запрошує науковців до співробітництва в галузі інформування науково-технічної громадськості про нові теоретичні і практичні досягнення у сфері функціонування різних видів транспорту.

У журналі публікуються оригінальні та оглядові статті проблемного і дискусійного характеру.

Статті публікуються на одній з трьох мов: українській, російській або англійській.

Стаття повинна задовольняти вимогам ВАК України до публікацій статей у періодичних наукових виданнях.

Редакційна колегія приймає лише наукові статті, які мають **такі елементи**: постановка проблеми, огляд останніх досліджень і публікацій з цієї проблеми, формулювання завдання дослідження, виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів, висновки з цього дослідження, список використаних джерел.

Стаття має відповідати тематичному спрямуванню збірника і бути завізована власноручно підписом автора.

Матеріал необхідно викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літера-турні джерела. Одиниці виміру слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI або в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно до вимог чинних державних стандартів.

Рекомендований обсяг статті, що включається у збірник, **не менше 6 та не більше 15 сторінок**.

Для опублікування у збірнику необхідно до підписаної всіма авторами статті та рефератів додати такі документи:

- ✓ експертний висновок;
- ✓ рецензію фахівців з науковим ступенем за профілем статті (бажано доктора економічних наук), завірену печаткою;
- ✓ рекомендацію відповідної кафедри, лабораторії або наукового підрозділу, що рекомендує статтю до друку;
- ✓ авторську довідку, якщо автор подає рукопис до Видавництва ОНМУ вперше, з зазначенням місця роботи, посади, вчених ступенів і звань, адрес і телефонів.

Рішення про публікацію статті у збірнику приймає редакційна колегія на підставі висновку рецензентів про її наукове та практичне значення.

Вимоги до оформлення тексту статті

Редакційна колегія приймає до роботи диски і один примірник роздрукованого текстового оригіналу (файлів), що є на диску. Текстовий редактор Word – файли в форматі (Word 97-2003 & 6.0/95 RTF).

Необхідно дотримуватись головної вимоги – відповідність шрифтів документа його формату. Оформлення рівнозначних фрагментів документа (заголовків, підписів під рисунками, формул тощо), позначень ідентифікаторів перемінних та констант повинно бути однаковим по всій роботі. Одна і та ж величина (фізична, хімічна, економічна тощо) повинна мати однакове начертання літер.

Текст набирається з дотриманням нижченаведених правил:

- ✓ абзаци відокремлюються один від одного одним маркером кінця абзацу (застосування цього символу в інших цілях не допускається);
- ✓ усі слова всередині абзацу розділяються тільки одним пробілом;
- ✓ перед розділовим знаком пробіли не ставлять, після розділового знака – один пробіл;
- ✓ після ініціалів (перед прізвищем), перед скороченнями і між ними ставиться нерозривний пробіл;
- ✓ виділення курсивом, напівжирним, великими літерами забезпечуються засобами Word.

Розміри полів на сторінках видання

Розмір паперу – формат А4 210 x 297 мм.

- ✓ верхнє – 2 см;
- ✓ нижнє – 3 см;
- ✓ ліве – 2,5 см;
- ✓ праве – 1,5 см.

Стиль, рекомендований для друку – Times New Roman, 14 пт; рядковий;

- вирівнювання – по ширині;
- міжрядковий інтервал – одинарний;
- заборона висячих рядків;
- режим переносу слів – відключений.

Розстановка переносу слів ручним способом забороняється

У лівому куті статті зверху проставляється індекс УДК, ініціали та прізвища авторів передують заголовку і друкуються рядковими літерами – у правому куті.

Заголовок

- ✓ відступ – 0,75;
- ✓ шрифт – Arial Сут, 14 пт, великий;
- ✓ напівжирний;
- ✓ вирівнювання – вліво.

Анотація складається **обов'язково трьома мовами**: українською, російською та англійською (обсягом до 50 слів кожна).

Ключові слова – **обов'язково трьома мовами**: українською, російською та англійською (5-10 слів) наводяться після анотації.

Далі наводяться всі обов'язкові елементи наукової статті.

Вступ

- а) постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними задачами;
- б) короткий аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор;
- в) виділення невирішених раніше питань загальної проблеми, яким присвячується стаття.

Постановка задачі – формулювання мети статті.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів з поділом його на частини з відповідними назвами

У цьому розділі рекомендується висвітлити такі питання, як:

- а) ґрунтовний огляд існуючих рішень поставленої задачі (якщо це необхідно);
- б) актуальність поставленої задачі;
- в) вибір методів, підходів, моделей та інструментів розв'язку поставленої задачі;
- г) власне розв'язок поставленої задачі;
- д) адекватність теоретичних рішень та переваги практичних рішень над існуючими;
- е) приклади застосування отриманих результатів.

Висновки

- а) підсумки даного дослідження;
- б) перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

Література

Список літератури подається в порядку посилання. Неприпустиме посилання на неопубліковані та незавершені праці.

Редакційна колегія звертає увагу авторів на те, що назва статті повинна коротко і максимально точно відобразити суть проведених досліджень.

Розміри для введення формул

- ✓ основний – 16 пт;
- ✓ крупний індекс – 12 пт;
- ✓ дрібний індекс – 10 пт;
- ✓ крупний символ – 18 пт;
- ✓ дрібний символ – 14 пт;
- ✓ перемінна – курсив (на 2 пт більше базового);
- ✓ функція и константи – прямий шрифт (на 2 пт більше базового);
- ✓ скорочення в індексах – прямий шрифт.

Математичні формули набирають тільки вбудованим редактором формул Microsoft Equation 3.0. Вони потребують однакового написання та розміщення елементів. Індеси та показники степеня повинні бути однаковими за розміром, але не більше ніж у два рази меншими за основну строку формули та однаково опущеними чи піднятими по відношенню до лінії основного рядка формули, щоб при зменшенні в 1,5 рази вони безпомилково читались.

Номери формул позначають арабськими цифрами у круглих дужках, розташовуючи їх біля правого краю полоси. У разі, якщо номер не вміщується у рядку формули, його виділяють у наступний за формулою черговий рядок. Біля формули, що займає декілька рядків, номер ставлять біля останнього рядка, біля формули-дробу – навпроти основної ділильної лінійки. Невеликим формулам у одному рядку, якщо вони складають єдину групу, присвоюють один загальний номер. Групу формул, розташованих окремими рядками, охоплюють справа чи зліва парантезом і номер групи розташовують проти його вістря, а якщо парантеза справа нема – проти середини цієї групи.

Якщо формула набирається у редакторі формул шрифтом Times курсивом, то і по тексту символи необхідно набирати курсивом, тобто символи по тексту повинні відповідати символам у редакторі формул.

Якщо формула набирається шрифтом Arial не курсивом, то і по тексту символи повинні відповідати формулі.

Рисунки набираються по тексту, повинні бути **згрупованими**, розмір не повинен перевищувати 10x12 см.

Підписи та надписи у графічних об'єктах (рисунках, схемах та т. інш.) неможна робити за допомогою інструменту надпису панелі інструментів (Рисування) у зв'язку з тим, що при збільшуванні чи зменшуванні графічних об'єктів текстові блоки викривлюються.

Для створення графічних об'єктів рекомендується використовувати графічні програми Paint, Corel Draw, AutoCad та інш.

Середня кількість ілюстрацій за обсягом не повинна перевищувати 20 % авторського тексту, що при розмірі 9x12 см складе 7-8 рисунків на авторський лист.

Якщо рисунок у статті один, то він не нумерується, посилання на нього робиться словом «рисунок» без скорочення, а під самим рисунком слово «рисунок» не пишеться. Підпис з експлікацією без підпису (теми зображення) неприпустиме.

Підпис завжди починають з великої літери, експлікації – з малої. Крапки у кінці підпису не ставлять. Після основного підпису, якщо далі йде експлікація, прийнято ставити двокрапку. Елементи експлікації відділяють один від одного крапкою з комою, а цифрові або буквені позначення від тексту пояснення – знаком тире.

Таблиці. Ширина таблиці повинна відповідати ширині текстового блоку видання. Розмір шрифту для набору таблиці – 14 кегль. Допускається розмір шрифту – 12 кегль.

Таблиці повинні бути надруковані у тексті після абзаців, що мають посилання на них. Таблиця має нумераційний заголовок та тематичний заголовок, що визначає її тему та зміст (без розділового знака на кінці).

Якщо в тексті одна таблиця, нумераційний заголовок не пишеться. Тематичний заголовок не пишеться у таблиці допоміжного характеру, у такій, що немає самостійного значення.

Основні вимоги до тематичного заголовка – точність, відповідність призначенню, зміст таблиці, виразність та короткість.

Над таблицею, що продовжується, пишеться нумераційний заголовок «Продовження табл. _ », якщо вона не закінчена, або «Закінчення табл. _ », якщо закінчена.

Текст таблиці не повинен виходити за лінії, що обмежують графи. Числа у таблиці, що мають більше чотирьох цифр, повинні ділитися на класи по 3 цифри, інтервалом у один пробіл (виняток номери та дати).

Таблиці повинні бути закритими з боків та внизу. Графу «Номер з/п» давати тільки тоді, коли є посилання на цю нумерацію.

Заголовки граф ставлять у називному відмінку однини чи множини без довільного скорочення слів.

У одноярусній головці усі заголовки пишуться з великої літери.

У дво- і багатоярусній головці заголовки верхнього ярусу пишуться з великої літери, а заголовки наступних ярусів – з великої літери, якщо вони граматично не підпорядковуються заголовку верхнього ярусу, що стоїть над ними.

Примітки та виноски за змістом таблиці необхідно друкувати тільки під таблицею.

Виноски позначаються зірочкою.

Матеріали і документи, які не повністю оформлені або не відповідають усім вимогам, не розглядаються.

УВАГА!

Матеріали, що подаються для опублікування, повинні бути актуальними, виключати паралелізм та дублювання.

Передрукування та будь-яке використання матеріалів здійснюється з обов'язковим посиланням на збірник.

Автори несуть повну відповідальність за науковий зміст, точність фактичних даних, посилань на джерело, а також ілюстративного матеріалу і цитат.

Редакція не завжди поділяє позицію авторів публікацій.

Приклади бібліографічного опису документа

Опис книги одного автора

Іванов О.К. Економічний аналіз: Учбовий посібник/ О.К. Іванов. – Спб.: Вид. СПбГТУ, 1998. – 88 с.

Опис книги двох авторів

Гаврикова Т.А. Дислокация в кристаллах: Учебн. пособие / Т.А. Гаврикова, Б.А. Зыков. – Спб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 72 с.

Опис книги трьох авторів

Сергеев К.Г. Физические методы контроля качества материалов и продукции: Учебн. пособие / К.Г. Сергеев, Н.А. Столярова, И.И. Горшков. – Спб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 52 с.

Опис книги під редакцією

Пористые проницаемые материалы: Справ./ Под ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия, 1987. – 333 с.

Опис методичних вказівок

Управление проектами: Метод. указания / В.П. Капитанов. – Одесса: Изд-во ОНМУ, 2005. – 37 с.

Опис складової частини видання

Ильф И.А. Источник веселья / И.А. Ильф, Е.П. Петров // Собр. соч.: В 5 т. – М., 1961. – Т.5. С.94-97.

Опис статті зі збірника, книги

Кириллов В.Н., Демидюк А.В., Тонюк В.И. Экспериментальная установка для исследования гидродинамических характеристик продольной качки моделей судов // Вісник ОДМУ. – Одеса: Вид-во ОДМУ. – 1998. – № 1. – С.90-93.

Опис статті з журналу

Вечорин Е.Л., Константин Петрович Боклевский / Е.Л. Вечорин // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 1999. – № 1(15). – С. 113.

Синтез перенасыщенных аналогов пенициллина / Е.Ф. Панарин, М.В. Соколовский, М.Б. Беров, М.А. Жукова // Изв. АН СССР. Сер. хим. – 1974. – № 10. – С. 2300-2303.

Опис статті з газети

Немировский Е.Л. Первопечатник Иван Федоров / Е.Л. Немировский // Лит.газ. – 1984. – 5 мая. – С.16.

Опис стандартів

ГОСТ 7.1-84 СИБИД. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила оформления. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 76 с.

Опис патентних документів

А.с. 1254421 СССР, МКИ G 03 G 15/00. Электрографический микрофильмирующий аппарат / А.Г. Арутюнов (СССР). Опубл. 23.06.86. Бюл. № 32.

Опис авторефератів дисертацій

Касимовский Н.И. Разработка оксидного катализатора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук // Н.И. Касимовский; ЛТИ им. Ленсовета. – Л., 1988. – 16 с.

Опис дисертації

Талишинский Р.Р. Документализм в публицистике: Дис. ... канд. филол. наук / Р.Р. Талишинский; Моск.гос.ун-т. – М., 1986. – 203 с.

Опис іноземних літературних джерел підпорядковується тим же правилам. Наприклад:

Wyner F. The wire-tap channel / A. Wyner // Bell Sistem Technical J. – 1975. – Vol. 54. – № 3. – P. 1355-1387.

Наукове видання

ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Збірник наукових праць

Випуск 2 (38)

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 22.07.13.
Формат 70х108/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 12,1.
Замовлення № 381

Надруковано у Видавництві ОНМУ
65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34.
Тел. 728 31 14