

## ПРОБЛЕМЫ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ И ОКЕАНОТЕХНИКИ

---

---

УДК 629.01

М.Г. Шайдуллин<sup>1</sup>, В.С. Булаткин<sup>2</sup>

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВНЕШНЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДНА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>1</sup>  
ОАО «ЦКБ «Лазурит»<sup>2</sup>

Разработана методика обоснования дедвейта и скорости судна при различных условиях эксплуатации. Задача решалась с использованием классических критериев принятия решений. Методика предлагается для судов ограниченного района плавания и позволяет определять дедвейт и скорость судна в условиях неопределенности по грузам, маршрутам с учетом ветро-волновых потерь скорости. Разработана математическая модель, ядром которой является оптимизационная задача внешнего проектирования судна, решаемая как задача математического программирования. Расчеты по предлагаемой методике показали, что с увеличением скорости погрузки-выгрузки грузов растет также дедвейт и скорость судна.

*Ключевые слова:* оптимизация, дедвейт судна, матрица решений, грузопоток, скорость судна, метод наименьших квадратов, сухогрузные суда, математическая модель, прибыль, эффективность.

Эффективность судна является результатом обоснованного выбора его характеристик, исходя из задач, стоящих перед судном и условий работы. Существует две формы организации судоходства: трамповое и линейное. Трамповые суда не связаны с определенным районом плавания. Они направляются туда, где имеется в них потребность. Эти суда загружаются, в основном, однородным грузом, и их работа базируется на одиночных рейсах. При линейном судоходстве судовладелец организует регулярное движение судов по расписанию между портами и принимает на каждый рейс грузы от разных владельцев по тарифам линии.

Задача проектирования судна является многоуровневой и включает в себя, по крайней мере, две задачи:

- 1) задача внешнего проектирования (обоснование и выбор дедвейта  $DW$  (грузоподъемности), скорости судов  $V$  и их число  $N_c$ , удельной марочной кубатуры, автономности плавания по запасам и т.д.);
- 2) задача внутреннего проектирования (обоснование и выбор главных размерений и коэффициентов полнот, технико-эксплуатационных характеристик судна в целом и отдельных его подсистем).

Для того чтобы судно эффективно использовалось по своему назначению, необходимо обоснованное решение задачи внешнего проектирования, с учетом условий будущей эксплуатации судна: различный род перевозимого груза, различные маршруты плавания, инфраструктура порта, метеорологические условия (высоты волн и направления ветра), оказывающие влияние на скорость хода судна.

При плановом хозяйстве задача пополнения флота решалась в соответствующих министерствах на основе обоснований, разрабатываемых специализированными организациями, в частности, научно-исследовательскими институтами флота (на уровне государства).

Здесь основным критерием был минимум приведенных затрат при выполнении плана по перевозке грузов. Есть ряд работ, написанных в 60–80-е годы и посвящённых разработке методов решения таких задач, – это работы В.М. Пашина, С.П. Арсеньева, В.И. Журилова, В.И. Краева, Л.Н. Мучника, В.В. Ашика, Е.П. Роннова и др. [1, 2, 3, 4, 5, 6].

В настоящее время основным показателем успешности работы судна является прибыль. В качестве критерия при решении оптимизационной задачи внешнего проектирования судна в работе принят максимум экономической эффективности. Экономическая эффективность в работе определяется как отношение прибыли от годовой эксплуатации судов к приведённым затратам на флот

$$\mathcal{E} = \frac{\Pi}{P_{np}} \rightarrow \max ; \quad (1)$$

$$\Pi = g(C; c; m_{гр}; N_{рейс}; V; L_{пл}); \quad (2)$$

$$P_{np} = f(C; Ц; T_o), \quad (3)$$

где  $\Pi$  – прибыль от годовой эксплуатации судов;  $P_{np}$  – приведённые затраты на флот;  $C$  – эксплуатационные затраты на содержание судна в эксплуатации;  $Ц$  – цена судна;  $T_o$  – срок окупаемости судна;  $c$  – стоимость перевозки 1 т груза на 1 милю;  $N_{рейс}$  – количество рейсов, которое совершает судно за 1 год;  $m_{гр}$  – грузоподъемность судна, т;  $V$  – скорость судна, узл;  $L_{пл}$  – длина маршрута, миль.

Судно проектируется, как правило, для перевозки разного рода груза и работает на разных линиях. Поэтому задача внешнего проектирования судна решается в условиях неопределённости как по маршрутам, условиям плавания, так и по грузам.

Целью работы является разработка метода, позволяющего определить оптимальные значения дедвейта, скорости хода сухогрузного судна ограниченного района плавания и их количества в условиях неопределённости. Используя эти суда, заданный объём груза ( $P_{гр}$ ) будет перевезен в рассматриваемый период наиболее эффективным, с экономической точки зрения, образом. Эти основные характеристики позволяют, наряду с оценкой полезной работы, выполняемой судном, рассчитать расходы по его содержанию, величину затрат на строительство, прибыль от эксплуатации и т.д.

Под неопределённостью здесь следует понимать заранее неизвестные условия будущей эксплуатации судна: различный род перевозимого груза, метеорологические условия, оказывающие влияние на скорость хода судна, а также различные маршруты эксплуатации.

При решении поставленной задачи выбора оптимального варианта судна с учётом перечисленных условий возможной его эксплуатации будем пользоваться принципами и математическим аппаратом теории принятия решений.

Задача внешнего проектирования судна решается в данной работе на примере линий Санкт-Петербург – порты Западной Европы. Считаем, что во время эксплуатации суда перевозят весь заданный объём груза ( $P_{гр} = 500\,000$  т) в течение года с равной вероятностью по одной из трёх возможных линий перевозок, отличающихся расстоянием между конечными портами и метеорологическими условиями. Причём считаем, что груз из Санкт-Петербурга в один из портов Европы и обратно ввозится и вывозится в равном соотношении, т.е. по 250 000 т.

Линии перевозок:

- Санкт-Петербург – Амстердам (1055 миль);
- Санкт-Петербург – Лондон (1200 миль);
- Санкт-Петербург – Гавр (1290 миль).

Под метеорологическими условиями в данном случае подразумеваются высоты волн и направление ветра, оказывающие влияние на эксплуатационную скорость движения судна.

Проведенный анализ отчетных данных по грузу порта Санкт-Петербург показал, что весь груз условно можно разбить на шесть групп, в зависимости от скорости его погрузки и

выгрузки. Результаты анализа приведены в табл. 1, где по каждой группе указана средняя скорость погрузки и выгрузки и доля груза данной группы в общей массе.

Таблица 1

**Процентное соотношение перевозки различного рода груза по данным порта Санкт-Петербург**

Род груза	$V_{\text{ср погр/выгр}}$ , Т/ч	Процентное соотношение
Лесные грузы, генеральные грузы, продовольственные грузы	45	0,162
Контейнеры, руда	90	0,397
Металлы	110	0,177
Зерно	140	0,025
Сталь в рулонах, заготовки, чугун, чушки	170	0,176
Уголь	280	0,063

Если воспользоваться математической моделью оптимизации, можно найти оптимальные варианты судов для конкретных условий эксплуатации (типовой ситуации). Полученная информация не позволяет, однако, однозначно рекомендовать вариант судна для последующего проектирования из-за неопределенности исходных данных (возможности использования судна при других условиях, отличающихся от тех, для которых этот вариант судна будет оптимальным). По этой причине следует просчитать эффективность каждого варианта судна в других возможных ситуациях. Из совокупности полученных данных необходимо составить матрицу решений, а далее, используя классический критерий принятия решений [7–9], определить оптимальный вариант судна.

Таким образом, задача будет решаться в три этапа.

На первом этапе, используя пакет MS Office Exce», составляем математическую модель оптимизации, пользуясь которой будем находить оптимальные варианты проектируемого судна для каждого из вариантов внешних условий, отличающиеся дедвейтом, скоростью хода и количеством судов, обеспечивающие максимальные значения критерия эффективности  $\Pi/P_{\text{пр орт}}$ . С помощью этой математической модели будем также рассчитывать значения критерия эффективности каждого из этих оптимальных вариантов судов при других внешних условиях эксплуатации судна.

Задача ставится и решается как задача математического программирования.

Найти такие значения дедвейта ( $DW$ ), скорости ( $V$ ), числа судов ( $N_c$ ), которые максимизируют критерий оптимальности:

$$\Xi = \frac{\Pi}{P_{\text{пр}}} \rightarrow \max \quad (4)$$

при принятых ограничениях:

$$DW \geq 2500 \text{ т}, DW \leq 30000 \text{ т}; V \geq 9 \text{ узл}, V \leq 16 \text{ узл}; N_c - \text{целое число.}$$

Поскольку при решении поставленной задачи выбора оптимального варианта судна нужно учитывать не только такие факторы, как различные расстояние между портами и соответствующие им метеорологические условия, но и возможность перевозки судном различных родов груза, то для упрощения расчётов составление матрицы решений будем производить в два этапа (второй и третий этапы решения задачи).

На втором этапе необходимо составить промежуточные матрицы решений для различных родов перевозимого груза. Различный перевозимый груз будем учитывать через среднюю скорость погрузки/выгрузки  $V_{\text{ср погр/выгр}}$ .

Поскольку, согласно табл. 1, для представленной совокупности родов грузов можно выделить шесть различных значений  $V_{\text{ср погр/выгр}}$  (45, 90, 110, 140, 170, 280 т/ч), будем составлять шесть матриц решений.

Таким образом, для каждого фиксированного значения  $V_{\text{ср погр/выгр}}$  составляем матрицу решений для выбора оптимального варианта судна независимо от возможных условий его будущей эксплуатации (под условиями эксплуатации подразумеваются различные маршруты плавания и метеорологические условия (курсовые углы по отношению к волнению)). По диагонали в матрице располагаем оптимальные варианты судов с соответствующими им значениями эффективности  $\Pi/P_{\text{пр опт}}$  для каждого из возможных условия эксплуатации. А остальные элементы матрицы заполняем значениями критерия эффективности  $\Pi/P_{\text{пр}}$ , которые соответствуют оптимальным вариантам судов в иных условиях (в отличных от тех, при которых данное судно оптимально). Далее, используя классический критерий принятия решений – критерий Байеса-Лапласа, определяем оптимальный вариант судна и соответствующее ему значение эффективности. Такую процедуру производим для каждого из шести значений  $V_{\text{ср погр/выгр}}$ .

На третьем этапе необходимо из этих вариантов судов выбрать единственный, который будет оптимальным, независимо от того, какой род груза будет перевозить судно, а также независимо от того, на какой линии и при каких метеорологических условиях оно будет эксплуатироваться. Для этого необходимо просчитать эффективность каждого из этих вариантов при других значениях  $V_{\text{ср погр/выгр}}$ . Далее, используя критерий Байеса-Лапласа, определяем оптимальный вариант судна и соответствующее ему значение эффективности. Этот вариант судна и будет рекомендован к дальнейшей проработке на следующий этап проектирования.

Для составления математической модели эксплуатации судна надо найти зависимости полного водоизмещения проектируемого судна  $D_{\text{полн}}$  и мощности его энергетической установки  $N$  от дедвейта и скорости. Для этого используем данные по построенным судам. Определяющими при выборе судов являются район плавания, дедвейт и скорость. Все характеристики судов, необходимые для определения полного водоизмещения и мощности, представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Характеристики судов

Суда	$D_{\text{полн}}$ , т	$DW$ , т	Скорость, узл	$N$ , кВт	$L_{\text{наиб}}$ , м	$B_{\text{наиб}}$ , м	$H_{\text{наиб}}$ , м	$LBH$ , м <sup>3</sup>
1	3230	2300	11,75	1000	81,4	11,38	5,4	5002
2	4492	3150	11	1600	96	13,2	6,9	8744
3	7190	5200	13,2	3000	98,7	14,5	9,1	13023
4	10236	7700	15	3840	129,45	15,85	9,75	20005
5	12800	8600	15	6030	127,4	21,5	11,5	31500
6	20445	14000	17,2	9650	157	22,96	13	46861
7	42500	33500	15,1	8800	198,72	24,4	14,6	70792

Зависимость  $D_{\text{полн}}=f(V, DW)$  будем искать в виде функции

$$D_{\text{полн}} = \alpha_1 \cdot DW^{\beta_1} \cdot V^{\gamma_1} . \quad (5)$$

Зависимость  $N=f(V, DW)$  будем искать в виде функции

$$N = \alpha_2 \cdot DW^{\beta_2} \cdot V^{\gamma_2} . \quad (6)$$

Применяя надстройку «Поиск решения» пакета MS Office Excel, методом наименьших квадратов, по данным табл. 2, находим значение коэффициентов  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ .

С учётом полученных коэффициентов можно записать

$$D_{\text{полн}} = 0,8617 \cdot DW^{0,9149} \cdot V^{0,4693} ; \quad (7)$$

$$N = 0,0246 \cdot DW^{0,3903} \cdot V^{3,2154} . \quad (8)$$

Математическая модель задачи внешнего проектирования включает в себя все пара-

метры работы судна на заданном маршруте, расходы, связанные с эксплуатацией судна, и серии судов в целом, а также предполагаемую прибыль от работы судов.

Определим значения грузоподъемности судна для каждого значения DW и скорости по формуле

$$m_{гр} = DW - m_t - m_m - m_{14}, \quad (9)$$

где  $m_t$ ,  $m_m$ ,  $m_{14}$  – массы топлива, масла и масса 14 раздела нагрузки (масса экипажа, провизии, пресной воды и пищевых и твердых отходов).

Число рейсов за год:

$$N_{рейс} = PP_n / t_{об}, \quad (10)$$

где  $PP_n$  – продолжительность навигации;  $t_{об}$  – время оборота, ч.

Необходимое число судов:

$$N_c = P_{гр} / (2N_{рейс} m_{гр} K_{гп}), \quad (11)$$

где  $P_{гр}$  – количество перевозимого груза за год, т/год;  $K_{гп}$  – коэффициент использования грузоподъемности.

Полученное значение  $N_c$  округляем до целого числа и дальнейшие расчёты производим с округлённым  $N_c$ .

Формула для расчёта эксплуатационных затрат на флот имеет вид

$$P_{ф} = CN_c, \quad (12)$$

где  $P_{ф}$  – суммарные эксплуатационные затраты на весь флот, руб;  $C$  – затраты на содержание судна в эксплуатации, руб/год.

Сумма эксплуатационных затрат состоит из затрат на топливо и масло в различных режимах движения судна, затрат на амортизацию, ремонт и страхование судна, затраты на экипаж и портовые сборы:

$$C = (C1 + C2 + C3 + C4) K_{пр} K_{кр}, \quad (13)$$

где  $C1$  – расходы на топливо и смазку, руб/год;  $C2$  – амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт и малоценные предметы, руб/год;  $C3$  – расходы на портовые сборы на одно судно, руб/год;  $C4$  – расходы на экипаж, руб/год;  $K_{пр}$  – коэффициент, учитывающий прямые расходы;  $K_{кр}$  – коэффициент, учитывающий косвенные расходы.

Формула для расчета приведенных затрат за год имеет вид

$$P_{пр} = P_{ф} + N_c Ц(1/T_o), \quad (14)$$

где  $P_{пр}$  – суммарные приведенные затраты на весь флот, руб;  $T_o$  – срок окупаемости судна (принимаем 6 лет);  $P_{ф}$  – суммарные эксплуатационные затраты на весь флот, руб.

Целевая отдача судов за год, т-мили:

$$B_r = 2L_{пл} N_{рейс} K_{гп} m_{гр} N_c, \quad (15)$$

где  $L_{пл}$  – расстояние между портами, мили;  $N_{рейс}$  – количество рейсов;  $K_{гп}$  – коэффициент использования грузоподъемности.

Доходы за 1 год, руб/год:

$$Д = B_r c. \quad (16)$$

Прибыль за год, руб/год:

$$П = Д - P_{ф}. \quad (17)$$

Экономическая эффективность:

$$Э = П / P_{пр}. \quad (18)$$

На основе разработанной методики произведено решение поставленной задачи. Рассмотрим кратко результаты решения.

После второго этапа в итоге получаем шесть различных вариантов оптимальных су-

дов (оптимальных для каждого рода груза), отличающихся дедвейтом, скоростью хода и количеством. Полученные результаты сведены в табл. 3.

**Таблица 3**

**Оптимальные варианты судов для различных значений  $V_{\text{ср.погр/выгр}}$ , т/ч**

$V_{\text{ср. погр/выгр}}$ , т/ч	Оптимальный вариант судна $E_i$	Эффективность $e_{ij}=(\Pi/P_{\text{пр}})_{ij}$
45	$DW_{\text{opt}}=3000$ т; $V_{\text{opt}}=9,00$ узл $N_c=7$	1,221
90	$DW_{\text{opt}}=3340$ т; $V_{\text{opt}}=9,25$ узл $N_c=5$	1,584
110	$DW_{\text{opt}}=3785$ т; $V_{\text{opt}}=9,55$ узл $N_c=4$	1,683
140	$DW_{\text{opt}}=4605$ т; $V_{\text{opt}}=9,70$ узл $N_c=3$	1,793
170	$DW_{\text{opt}}=5000$ т; $V_{\text{opt}}=9,90$ узл $N_c=3$	1,882
280	$DW_{\text{opt}}=7045$ т; $V_{\text{opt}}=10,45$ узл $N_c=2$	2,139

По данным табл. 3 на рис. 1 показано, как изменяются оптимальные варианты судов и соответствующие им эффективности  $\Pi/P_{\text{пр}}$  в зависимости от различных значений средней скорости погрузки/выгрузки перевозимого судном груза  $V_{\text{ср.погр/выгр}}$  (то есть от рода перевозимого груза).

Как видно из табл. 3 и на рис. 1, каждому из значений средней скорости погрузки/выгрузки груза  $V_{\text{ср.погр/выгр}}$  соответствуют различные варианты оптимальных судов ( $DW$ ,  $V$ ,  $N_c$ ), то есть значительное влияние на выбор оптимального варианта судна оказывает учёт в процессе решения задачи конкретного рода перевозимого груза. А поскольку в данной работе необходимо выбрать оптимальные дедвейт ( $DW$ ), скорость ( $V$ ) и количество судов ( $N_c$ ) с учётом неопределённости, под которой помимо разных  $L_{\text{пл}}$  и соответствующих им метеорологических условий понимается и неизвестный заранее род перевозимого груза (судно в процессе эксплуатации может перевозить разные грузы), то переходим к третьему этапу решения поставленной задачи.

На третьем этапе решения поставленной задачи из вариантов судов  $E_i$ , полученных на втором этапе для различных значений  $V_{\text{ср.погр/выгр}}$  (табл. 3), выбрать единственный, который будет оптимальным независимо от того, какой род груза будет перевозить судно.

Для этого составляют матрицу решений  $\|e_{ij}\|$  (табл. 4), в диагональ которой поместили полученные на втором этапе для разных родов груза (различных значений  $V_{\text{ср.погр/выгр}}$ ) оптимальные варианты судов (значения дедвейта  $DW$ , скорости  $V$ , количества судов  $N_c$  и значение критерия эффективности  $e_{ij}=(\Pi/P_{\text{пр}})_{ij}$ ) (табл. 4). Далее просчитываем эффективность  $e_{ij}$  каждого из этих вариантов судов при других типовых ситуациях  $F_j$  (в отличных от тех, при которых данное судно оптимально) и окончательно заполняем матрицу решений (табл. 4). Отметим, что под типовыми ситуациями  $F_j$  в данном случае подразумеваются различные варианты эксплуатации судов, отличающиеся родом перевозимого груза, то есть значениями  $V_{\text{ср.погр/выгр}}$ .

В итоге, на основании данных табл. 4, делаем вывод, что в случае с заданными, согласно табл. 1, вероятностями перевозки судном того или иного рода груза оптимальным независимо от условий будущей эксплуатации (различных  $L_{\text{пл}}$ , метеорологических условий и рода перевозимого груза), согласно критерию Байеса-Лапласа, будет вариант судна с  $DW = 3800$  т (округлено) и скоростью хода  $V = 9,55$  узл, число судов  $N_c=4$ . При этом ожидаемая эффективность составляет  $\Pi/P_{\text{пр}}=1,612$ .

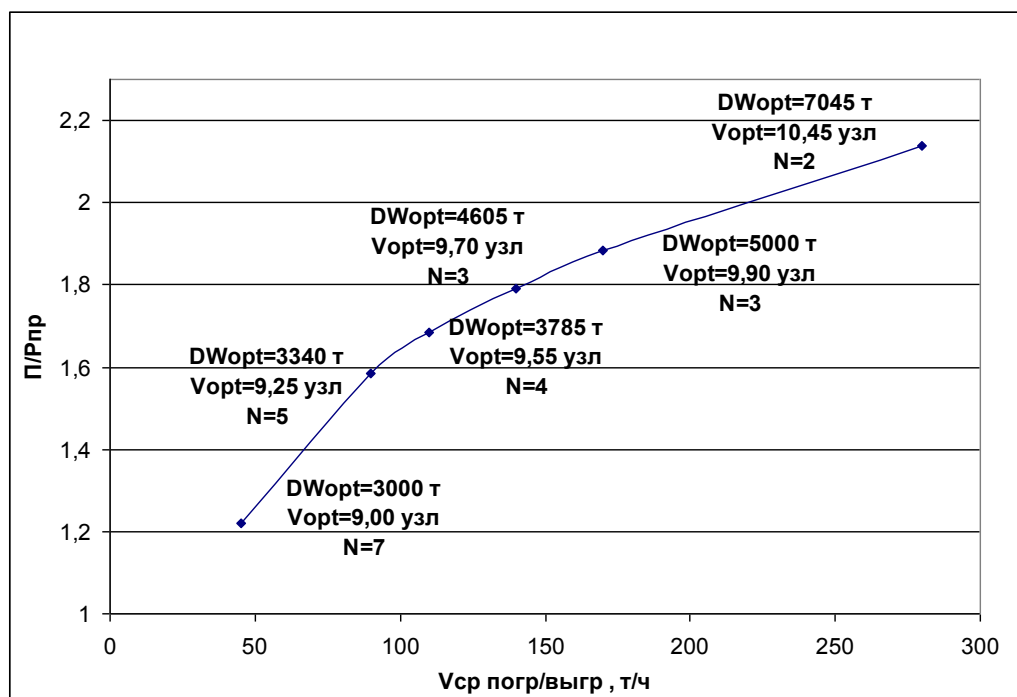


Рис. 1. Зависимость эффективности принятого решения от средней скорости погрузки/выгрузки груза

Таблица 4

Матрица решений  $\|e_{ij}\|$  (третий этап)

Вариант судна $E_i$	Средняя валовая норма погрузки/выгрузки груза $V_{\text{ср.погр/выгр}}$ , т/ч						$e_{ir} = \sum_{j=1}^n e_{ij} P_j$
	45	90	110	140	170	280	
$DW_{\text{opt}}=3000$ т $V_{\text{opt}}=9,00$ узл $N_c=7$	$\Pi/P_{\text{прBL}} = 1,221$	1,580	1,665	1,748	1,805	1,932	1,603
$DW_{\text{opt}}=3340$ т $V_{\text{opt}}=9,25$ узл $N_c=5$	1,196	$\Pi/P_{\text{прBL}} = 1,584$	1,678	1,770	1,834	1,978	1,611
$DW_{\text{opt}}=3785$ т $V_{\text{opt}}=9,55$ узл $N_c=4$	1,157	1,579	$\Pi/P_{\text{прBL}} = 1,683$	1,787	1,860	2,025	1,612
$DW_{\text{opt}}=4605$ т $V_{\text{opt}}=9,70$ узл $N_c=3$	1,082	1,549	1,670	$\Pi/P_{\text{прBL}} = 1,793$	1,880	2,083	1,593
$DW_{\text{opt}}=5000$ т $V_{\text{opt}}=9,90$ узл $N_c=3$	1,044	1,529	1,657	1,788	$\Pi/P_{\text{прBL}} = 1,882$	2,102	1,578
$DW_{\text{opt}}=7045$ т $V_{\text{opt}}=10,45$ узл $N_c=2$	0,862	1,399	1,554	1,717	1,840	$\Pi/P_{\text{прBL}} = 2,139$	1,472
Вероятности $P_i$	0,162	0,397	0,177	0,025	0,176	0,063	

### Выводы

В статье предлагается методика решения задачи внешнего проектирования судна в условиях неопределенности, связанных с учетом будущей его эксплуатацией (по роду перевозимого груза, грузопотокам, метеорологическим условиям и т.д.). В методике учет случай-

ных величин производится по математическому ожиданию, поэтому при решении данной задачи следует переходить на использование имитационного моделирования.

### Библиографический список

1. Пашин, В. М. Оптимизация судов / В. М. Пашин. – Л.: Судостроение, 1983.
2. Добыш, С. А. Оптимизация структуры морского транспортного флота в условиях неполной информации / С. А. Добыш, Л. Н. Мучник, В. М. Пашин // Экономика и математические методы, АН СССР. – М., 1979.
3. Иванов, Е. А. Методика расчета основных элементов и технико-экономических показателей универсальных сухогрузных судов / Е. А. Иванов, Е. П. Роннов, П. С. Цыбин. – Горький: ГИИВТ, 1981.
4. Арсеньев, С. П. Выбор типа судов транспортного флота. / С. П. Арсеньев // Труды ЦНИИЭВТ, Транспорт, 1968. Вып. 50.
5. Ашик, В.В. Проектирование судов / В.В. Ашик. – Л.: Судостроение, 1985.
6. Краев, В. И. Экономические обоснования при проектировании морских судов / В. И. Краев - Л.: Судостроение, 1981.
7. Нарусбаев, А.А. Введение в теорию обоснования проектных решений / А.А. Нарусбаев. – Л.: Судостроение, 1976.
8. Мушик, Э. Методы принятия технических решений: [пер. с нем.] / Э. Мушик, П. Мюллер.– М., 1990.
9. Гайкович, А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем / А.И. Гайкович. – СПб.: НИЦ «МОРИНТЕХ», 2001. – 432 с.
10. Шайдуллин, М.Г. Классические критерии принятия решений в задаче внешнего проектирования судов в условиях неопределённости // Современные технологии в кораблестроительном и энергетическом образовании, науке и производстве: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Н. Новгород, 2006.
11. Зуев, В.А. Оптимизационные задачи проектирования судов: учеб. пособие / В.А. Зуев. – Нижний Новгород, 1991.
12. Мартыненко, В.Т. География морского судоходства: справочник / Мартыненко В.Т. – Одесса: Феникс, 2006. – 248 с.
13. Лоция Балтийского моря: справочник. – СПб: ГУН и О, 2007. – 656 с.
14. Бухановский, А.В. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей / Бухановский А.В. [и др.]. - Российский Морской регистр судоходства. СПб. 2006. – 450 с.

Дата поступления  
в редакцию 15.10.2013

M.G. Shaydullin<sup>1</sup>, V.S. Bulatkin<sup>2</sup>

### VESSEL EXTERNAL DESIGN SOLUTION UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev<sup>1</sup>,  
Lazurit CDB Open JSCo, Nizhny Novgorod<sup>2</sup>

**Purpose:** The substantiation method of vessels deadweight and speed under different operating condition is developed.

**Design/methodology/approach:** A theoretical framework is proposed based on classical criteria of decision theory.

**Findings:** The present study allows to determine the vessels deadweight and speed under uncertainty for goods and routs. In addition the wind-wave vessels speed losses are taken into account

**Research limitations/implications:** Method for limited navigation area ships is proposed

**Originality/value:** By the way the mathematical model is also developed. The model core is the vessel external design optimization problem, which is formulated and solved after a mathematical programming problem. The calculations show that with the increase in the rate of goods loading and unloading is also increasing tonnage and speed of the vessel.

*Key words:* optimization, deadweight, decision matrix, freight flow, least-squares method, dry-cargo vessel, mathematical model, benefit, effectiveness.