

ХОДКОСТЬ СУДОВ "РЕКА-МОРЕ" НА МОРСКОМ СЕГМЕНТЕ БОЛЬШОГО ЕВРОПЕЙСКОГО КОЛЬЦА

Экономическая целесообразность создания и существования каждого конкретного транспортного маршрута определяется наличием и достаточностью грузовой базы и конкретной заинтересованностью всех участников транспортного процесса, в первую очередь – грузо- и судовладельцев. Одним из основных направлений судоходства в видимой перспективе станут перевозки в сообщении "река-море", которым уделено внимание в Бухарестской декларации министров транспорта Европы (2006 г.), Резолюции № 61 ECE/TRANS/SC.3/172 (ООН, Нью-Йорк и Женева, 2006 г.), Директиве 2006/87/ЕС Европейского парламента и Совета от 12.12.2006 г. Функционально судоходство "река-море", входящее как в систему внутреннего водного транспорта, так и прибрежного морского транспорта, способствует созданию общеконтинентального водно-транспортного кольца вокруг Европы. Кольцевой маршрут, получивший название Большого европейского кольца, представляет значительный интерес для многих стран – он проходит по территории или вдоль морских берегов 16 европейских стран и привлекателен, в частности, тем, что по ответвлению через р. Волга суда "река-море" имеют возможность выхода в Каспийское море, что дополнительно вовлекает в сферу действия Большого европейского кольца страны азиатского континента.

Резервы перевозок Большого европейского кольца по прогнозам Евросоюза только на южном (Дон – Дунай) участке – около 3 млн. т. Такой объем перевозок, естественно, затрагивает вопросы транспортной эффективности судов, занимающихся смешанными река-море перевозками. Эффективность флота может быть обеспечена не только путем совершенствования организации работы существующих судов. Во многом она зависит от того, какими судами флот пополняется и насколько эти суда отвечают предъявляемым требованиям с эксплуатационно-экономической точки зрения. В настоящее время парк судов, осуществляющих смешанные река-море перевозки, значительно устарел. Средний возраст таких судов составляет более 20 лет, при норме 24 года. Кроме того, строились они, исходя из других географических направлений работы. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы обоснования выбора типов и основных характеристик перспективных судов пополнения.

Как составная часть Большого Европейского кольца, согласно предложений Дунайской Комиссии (ДК 157/VIII-2007 от 10.08.2007), рассматриваются маршруты: Волга–Дон–Азовское море–Черное море–канальное сообщение–Дунай (до 200–500 км) и Днепр–Черное море–канальное сообщение–Дунай.

Учитывая определенные особенности отдельных участков рассматриваемых маршрутов (наличие участков одностороннего движения; перекаты, ограничивающие проходные осадки; габаритные размеры проходов под мостами; сезонные ветро-волновые режимы на участках открытого моря), актуальным становится решение двух первоочередных задач:

создание оптимального типа судна смешанного "река-море" плавания, способного по габаритам, маневренным и ходовым характеристикам эффективно работать на данных маршрутах;

оптимизация движения на этих маршрутах для исключения длительных неэффективных простоев судов при одновременном обеспечении безопасности движения.

Оптимизации движения судов посвящено множество работ, но общее решение не найдено, существует лишь набор общих подходов. Причина – многофакторность задачи и множество потребных статистических характеристик, не позволяющих реально перейти к выбору режима движения. Именно поэтому задача может быть корректно поставлена именно для конкретного маршрута и конкретного типа судов в годичном цикле. В этом случае допустимо еще более упростить задачу, разбивая маршрут на элементарные участки с относительно постоянными путевыми характеристиками:

морской участок пути – как участок движения в неограниченной по ширине и глубине акватории, где ощутимое влияние на характеристики ходкости, мореходности, а, следовательно, и параметры рейса оказывает ветро-волновое воздействие нерегулярного морского волнения;

участки движения по естественному руслу рек с ограничениями по глубинам на перекатах и степени стесненности;

участки канального сообщения.

Рассмотрим в первую очередь морской участок пути. Существуют многочисленные наблюдения, натурные измерения параметров морского нерегулярного волнения по различным зонам Мирового океана и, в частности, по Черному и Азовскому морям, построены климатические спектры волнения, применимые для генерирования погодных сценариев разной продолжительности для задач анализа и прогноза мореходных качеств судна для конкретных географических районов плавания в разные сезоны. Потеря скорости при неблагоприятном

воздействии погодных путевых условий плавания зависит от скорости и направления ветра и волн. Среднюю скорость волнового профиля \bar{c} (м/с) теоретически можно определить для волн известной средней длины $\bar{\lambda}$ (м) с использованием характеристик по спектру Пирсона-Московица или Бретшнайдера, применимых для характеристики волнения в рассматриваемом регионе:

$$\bar{c} = \left(\frac{g\bar{\lambda}}{2\pi} \right)^{1/2} = \frac{g\bar{T}_w}{2\pi} \sqrt{f(\varepsilon, n)},$$

где \bar{T}_w – средний период волн, с; $f(\varepsilon, n)$ – функция, зависящая от ширины спектра ε и параметра n , характеризующего угловое распределение энергии во всем диапазоне углов распространения волн α .

Учитывая, что для морского волнения $f(\varepsilon, n) = 0,5 \div 1$, и, в частности полагая $\varepsilon^2 = 2/3$, $n = 2 \div 4$ $\bar{c} = (1,27 \div 1,41)\bar{T}_w$ (для сравнения при использовании спектра Бретшнайдера ($\varepsilon = 0,77$) $\bar{c} = (1,34 \div 1,48)\bar{T}_w$) [8].

Как отмечалось выше, в единой математической форме данную задачу следует рассматривать для конкретного типа судов, работающих на одной линии в течение идентичных временных циклов. Тогда глобальная целевая функция может быть отражена на базе технико-экономических единых критериев (коэффициентов эффективности), выделяя отдельно задачу безопасности плавания (торможение по времени или на заданной дистанции). Форма анализа транспортной и энергетической эффективности однотипных судов подробно рассмотрена в работе [3].

В качестве экономического критерия задачи может быть использован как коэффициент транспортной эффективности

$$N_{TR} = \frac{P_{гр} \nu}{L_{пн} B H_c},$$

где $L_{пн}$, B , H_c – длина между перпендикулярами, ширина и высота борта судна соответственно, $P_{гр}$ – грузоподъемность, ν – скорость хода судна, так и коэффициенты энергетической эффективности:

$$N'_{TE} = \frac{P_{гр} \nu}{N_e};$$

$$N_{TE} = \frac{P_{гр} \nu}{B_{ч}}.$$

В табл. 1 приведены значения коэффициентов транспортной и

энергетической эффективности для судов типа "Измаил" ($L \times B \times T = 82,3 \text{ м} \times 16,6 \text{ м} \times 5,67 \text{ м}$, $D_w = 4050 \text{ т}$; находятся в оперировании ОАО "Украинское Дунайское пароходство") при их работе на контейнерных линиях, при разных вариантах загрузки.

Таблица 1

Коэффициенты эффективности судов типа "Измаил"

Количество контейнеров 20' (TEU)	Средний вес контейнера	N_{TR}	N'_{TE}	N_{TE}
211	10,9	3,047	13,90	3,286
199	12,5	3,300	15,02	3,554
186	14,4	3,548	16,19	3,826
143	24,0	4,547	20,75	4,903

Переменные составляющие стоимостной структуры рейса, обеспечивающиеся в основном оптимизацией расхода топлива на главные и вспомогательные механизмы, значительно возросли в последнее время за счет значительного роста цен на топливо. По информации служб эксплуатации флота в 2008 году они соответствуют данным, приведенным на рис. 1.

Применение подобной формы анализа с использованием экспериментальных данных по результатам натуральных измерений в эксплуатационных рейсах судов типа "Измаил" [6] позволяют получить графические зависимости для судов этой серии и определить значение скорости v , при которой начинается резкий рост сопротивления R , потребной мощности N_p и расхода топлива при различных вариантах загрузки судна. На рис. 2 приведена оценка путевого среднего часового расхода топлива $V_{\text{ч}}$. При этом кривая 2 соответствует полной загрузке судна при движении на тихой воде, а кривая 1 – балластному переходу также в штилевую погоду. Заштрихованная зона между этими двумя кривыми соответствует промежуточным вариантам неполной загрузки. Кривые 3 и 4, соответственно, характеризуют средний часовой расход топлива при неблагоприятных погодных условиях (расчетная сила волнения 6 баллов, курсовой угол встречи волн до 45°).

Таким образом, задача оценки влияния условий эксплуатации на состояние и характеристики работы судового пропульсивного комплекса сводится к задаче определения экономичности движения судна, т. е. поиска наиболее выгодного режима эксплуатации для конкретных путевых условий, цель которого – минимизация всех управляемых затрат и, прежде всего, затрат на топливо для главного двигателя.

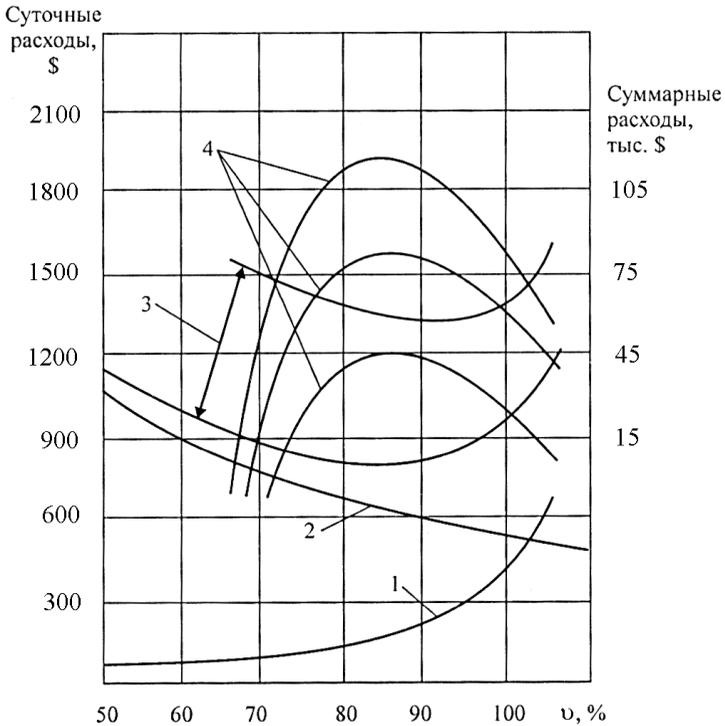


Рис. 1. Постоянные и переменные стоимостные составляющие рейса судна девейтом 3100 т

Экономически выгодная скорость судна на протяжении водного пути является величиной переменной, сохраняющей свое постоянное значение только в пределах одного участка пути. Водный путь рассматриваемого рейса на речном участке разбивается на элементарные участки с относительно постоянными характеристиками: глубиной (H_i), скоростью течения, степенью стесненности фарватера и др. Для каждого i -го участка пути в общем виде может быть записана математическая модель с использованием любого наиболее подходящего метода расчета:

$$v_i = \alpha(P_{zp}; H_i/T)n_i;$$

$$M_i = \mu(H_i/T)n_i^2;$$

$$N_{ei} = 2\pi M_i n_i;$$

$$B_{ui} = f(n_i; N_{ei}),$$

где $P_{гр}$ – текущая загрузка судна; H_i/T – отношение глубины фарватера к осадке судна; $\alpha(P_{гр}; H_i/T)$, $\mu(P_{гр}; H_i/T)$ – коэффициенты; n_i – частота вращения двигателя; N_{ei} – эффективная мощность; $B_{чi}$ – часовой расход топлива.

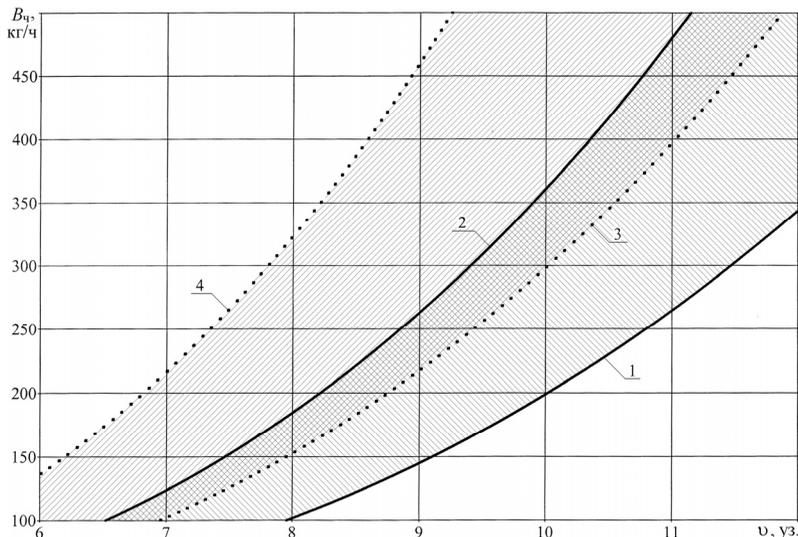


Рис. 2. Путевой средний расход топлива в рейсовом цикле

Определение режима движения судна, таким образом, сводится к определению вектора

$$t_i, i = \{1, \dots, N\},$$

где i – номер элементарного участка; N – число элементарных участков; t_i – время движения на каждом элементарном участке.

Определить часовой расход топлива с удовлетворительной точностью позволяет метод, описываемый двумя формулами:

$$B_{ч} = B_{ч\text{ном}} / (n_{\text{ном}} p_{e\text{ном}}) \cdot (np_e);$$

$$p_e = N_e / (An),$$

где p_e – среднее эффективное давление, МПа, A – постоянная двигателя; n – частота вращения вала двигателя, с^{-1} .

Экономический критерий задачи, сформулированный в виде некоторой функции $F(t_i)$, дополнительные условия в виде ограничений на значения компонентов вектора t_i (в частности, минимальная v_i^{\min} и максимальная v_i^{\max} скорости движения судна на i -м участке водного

пути) – t_i^{\min} и t_i^{\max} позволяют сформулировать задачу поиска наилучшего режима движения судна в общем случае следующим образом:

$$\begin{aligned} F(t_i) &\rightarrow \min; \\ t_i^{\min} &< t_i < t_i^{\max}; \\ v_i^{\min} &< v_i < v_i^{\max}; \end{aligned}$$

другие дополнительные условия на t_i .

Этот же принцип применен и для морских условных участков. Как отмечалось в работе [6] в эксплуатации судов типа "Измаил" используются режимы движения с постоянной частотой вращения винта. Для таких режимов работы на каждом определенном режиме "X" можно записать (индекс "0" соответствует базовому режиму):

$$\begin{aligned} n_P &= n_{P0x} = \text{const}; \\ \frac{v_x}{v_{0x}} &= \frac{\lambda_{Px}}{\lambda_{P0}}; \\ \frac{P_x}{P_{0x}} &= \frac{K_{2x}}{K_{20x}}; \\ \frac{P_x}{P_{0x}} &= \left(\frac{K_{2x}}{K_{20}} \right) \left(\frac{\lambda_{P0}}{\lambda_{Px}} \right). \end{aligned}$$

Для режима постоянной цикловой подачи, который рекомендуется в условиях нерегулярного волнения [3]:

$$\begin{aligned} b_{yx} &= b_{y0x} = \frac{B_q}{3600n} = \text{const}; \\ N_e &= K_{10} n_{P0}^2 \rho D_P^4 \\ \frac{\eta_{Px}}{\eta_{P0x}} &= \left(\frac{K_{10}}{K_{1x}} \right)^{\frac{1}{2}}; \\ \frac{v_x}{v_{0x}} &= \left(\frac{K_{10}}{K_{1x}} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\lambda_P}{\lambda_{P0}} \right). \end{aligned}$$

Реально в процессе эксплуатации величина буксировочного сопротивления судна изменяется в зависимости от загрузки судна, характеристик фарватера, метеорологических условий (ветра, волнения), состояния поверхности корпуса. Режим двигателя будет ограничен ограничительной характеристикой [4].

В наиболее общем случае формула для определения сопротивления воды движению судна с учетом конкретного варианта загрузки, состояния корпуса, путевых и гидрометеорологических условий (режим и, соответственно, индекс "X") может выглядеть следующим образом:

$$R_X = f_V f_{dif} f_{шт} f_f R_0,$$

где R_0 – сопротивление воды движению судна на тихой воде для гладкого корпуса; f_V – фактор влияния водоизмещения; f_{dif} – фактор влияния посадки судна (дифферента); $f_{шт}$ – фактор влияния погодных (штормовых) условий плавания для каждого конкретного рейса; f_f – фактор влияния состояния подводной части корпуса (обратание, волнистость, шероховатость).

Фактор влияния водоизмещения

$$f_V = (V_X/V_0)^{2/3},$$

где V_X – водоизмещение судна при данном конкретном варианте загрузки рассматриваемого рейса; V_0 – проектное расчетное максимальное водоизмещение судна.

Фактор влияния f_f принимает следующие значения: $f_f = 1$ – для чистого корпуса судна, вышедшего после постройки, доковой очистки и ремонта подводной части корпуса; $f_f = 1,1 \div 2$ – для судна, находящегося в эксплуатации, определяется индивидуально в зависимости от фактического состояния подводной части корпуса.

Остальные факторы влияния (f_{dif} , $f_{шт}$) устанавливаются для однотипных судов на основании натуральных наблюдений и рейсовых отчетов.

Для судов типа "Измаил" значения коэффициентов f_V , f_{dif} , $f_{шт}$, f_f для условий плавания в Черном и Азовском морях в годичном цикле эксплуатации по результатам натуральных наблюдений [6] приведены на рис. 3, 4 и 5.

Процент потери скорости вследствие неблагоприятных погодных условий можно оценить, пользуясь формулой, предложенной Г. Аэртсенем на основании анализа натуральных наблюдений, проведенных на грузовых судах:

$$100 \frac{\Delta v}{v_0} = \frac{m}{L_{шт}} + n,$$

где Δv – потеря скорости вследствие неблагоприятных погодных условий; v_0 – расчетная скорость судна; $L_{шт}$ – длина судна между пер-

пендикулярами; m и n – эмпирические коэффициенты, зависящие от курсового угла встречи волн и силы волнения.

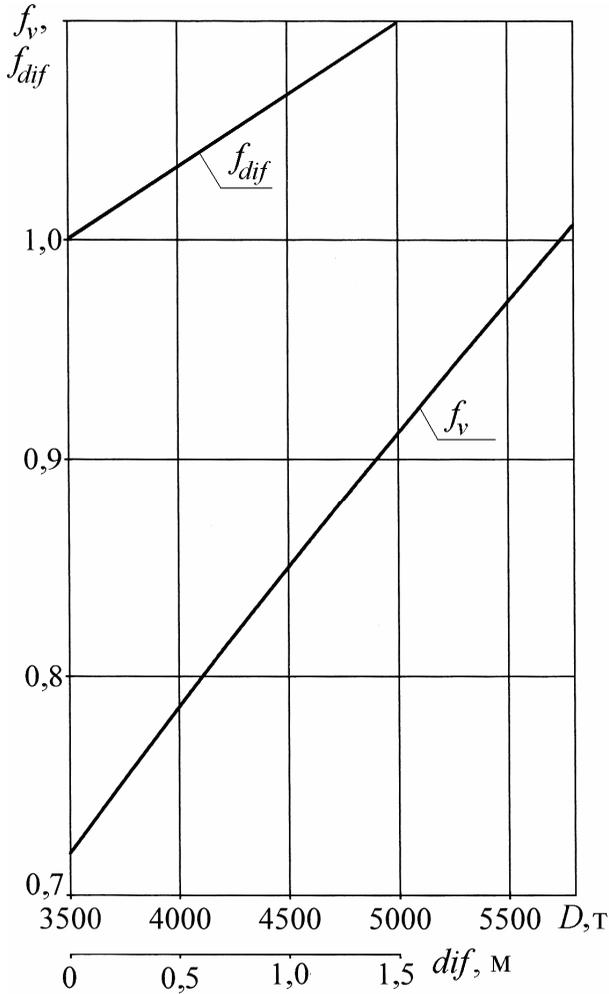


Рис. 3. Зависимости $f_v = f(D)$ и $f_{dif} = f(dif)$

Для расчета движения на каждом участке необходимо знать исходное состояние пропульсивного комплекса, которое, прежде всего, может быть оценено характером его винтовой характеристики, определяемой коэффициентом срочности.

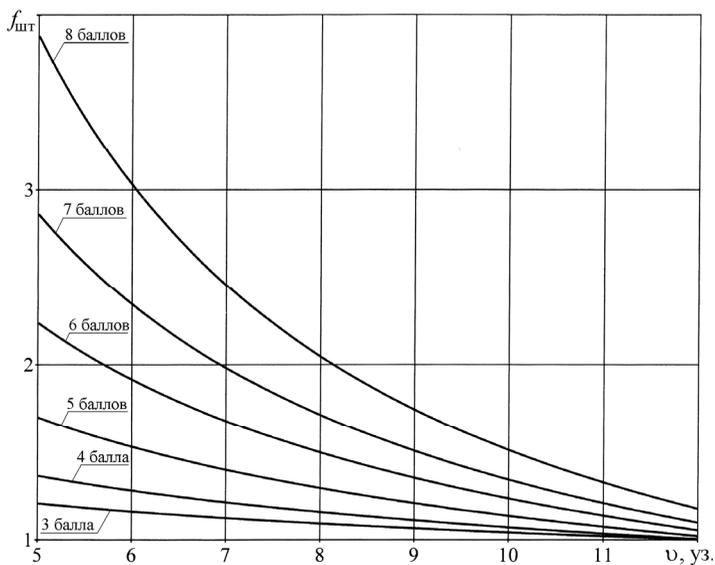


Рис. 4. Зависимости $f_{шт} = f(v)$ для волнения различной силы

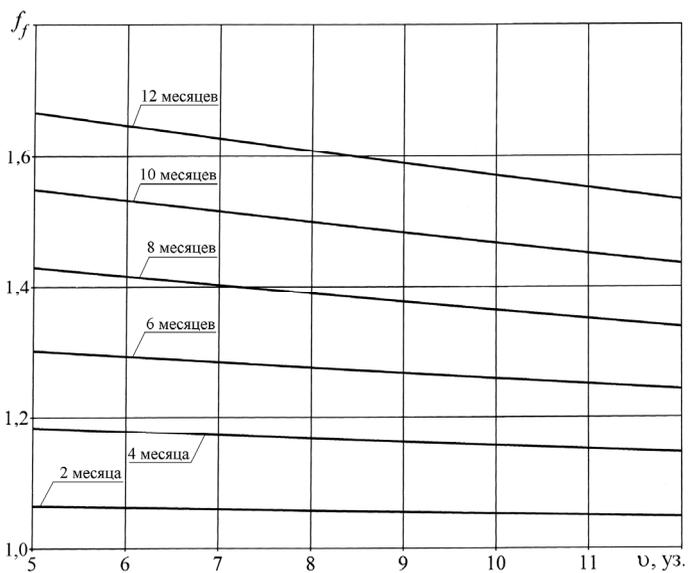


Рис. 5. Зависимости для разных периодов эксплуатации после очистки подводной части корпуса

Пропульсивный КПД может быть принят по формуле Эмертсона:

$$\eta_D = 0,77 - 10^{-4} n_p \sqrt{L_{\text{гн}}} .$$

При переходе судна из морского участка в фарватер, ограниченный по глубине и/или ширине, возникает необходимость лимитирования скорости его движения во избежание приближения к критическим значениям, при которых наблюдается картина неблагоприятного волнообразования, при одновременном обеспечении допустимого запаса глубины под килем, чтобы при проседании на мелководье не было опасности посадки на мель. Скорость движения судов при одностороннем движении в системе должна устанавливаться так, чтобы ни для одного из участников движения она не была близкой к критическому значению. А это значит, что для некоторых судов она будет оптимальной, для некоторых – заниженной. При входе на мелководный и стесненный фарватер маневренность и инерционные характеристики судов значительно ухудшаются. Снижается чувствительность судна к повороту руля, возрастает диаметр циркуляции, сложнее удерживается курс. Тормозной путь и время торможения значительно увеличиваются. При этом установлено, что все указанные инерционные характеристики и характеристики маневренности тем хуже, чем меньше соотношение H/T (отношение глубины фарватера к осадке судна).

Совершенно очевидно, что свободный выбор скорости прохождения канала невозможен как по экономическим, так и по причинам гидродинамического свойства.

Нижняя граница v_{min} диапазона скоростей, при которых возможно безопасное прохождение канала, может быть определена следующими основными факторами: максимально допустимым временем, которое судовладелец готов выделить для прохождения судном канала; безопасная по соображениям управляемости скорость.

Верхняя граница v_{max} определяется: критической скоростью движения; проседанием корпуса; опасностью повреждения стен и дна канала.

Глубоководный судовой ход "Дунай – Черное море" по своим параметрам относится к путям международного значения, по классу водного пути (согласно ДСТУ Б В 2.3-1-95, гармонизированному с ГОСТ 26775-97) это – сверхмагистраль VII класса (по Европейской классификации внутренних водных путей). При условии полного развития канала согласно проекту через него смогут совершать проходы морские суда и суда смешанного "река-море" плавания длиной до 125 – 127 м, шириной до 16 – 17 м, осадкой в грузу до 7,2 м, дедвейтом до 10000 т.

Если рассматривать движение по направлению от входа с моря в

глубоководный судовой ход "Дунай – Черное море", то при прохождении участка морского подходного канала судно все еще будет испытывать действие ветро-волновых нагрузок, к которым присоединится влияние ограниченной глубины (рис. 6). Далее – при входе в гирло Быстрое – добавится влияние ограниченного по ширине и глубине фарватера, узкостей, уклона, течения реки, но не будет волновых нагрузок морского нерегулярного волнения.

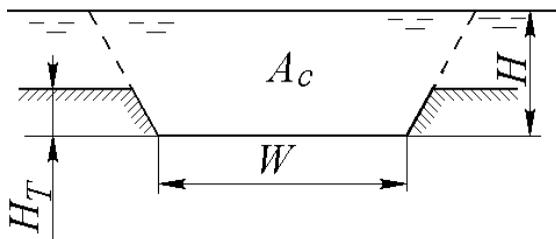


Рис. 6. Принятые геометрические характеристики участка морского подходного канала "Дунай – Черное море"

Для оценки значений ширины и глубины судового хода, при которых начинается влияние ограниченного фарватера на ходовые характеристики судна возможно применение следующих приближенных эмпирических формул [10].

Фактор влияния ограниченной ширины, м,

$$F_b = \frac{7,04B}{\delta^{0,85}},$$

где B – ширина судна, м; δ – коэффициент общей полноты судна.

Фактор влияния ограниченной глубины, м,

$$F_d = \frac{4,44T}{\delta^{1,3}},$$

где T – осадка судна, м.

Факторы влияния F_b и F_d , зависящие от полноты корпуса, систематизированы для различных типов судов в работе [10]. Например, для наливных судов $F_b = 8,5B$ м, $F_d = 6T$ м; для пассажирских судов $F_b = 10,5B$ м, $F_d = 8T$ м. Такие величины факторов влияния выглядят явно завышенными, но принимаются, как значения, соответствующие значениям глубины и ширины канала, начиная с которых имеет смысл учитывать влияние мелководья и узкостей в расчетах характеристик ходкости.

Эти явления весьма зависимы друг от друга, зависимости, их описывающие, достаточно сложные. Соответственно, все исследования

преследуют цель максимального упрощения зависимостей, полученных опытным путем. В работе [7] предложен подход для оценки влияния ограниченного по глубине фарватера на характеристики ходкости морских, речных и судов смешанного "река-море" плавания применительно к условиям канала "Дунай – Черное море". Следует отметить, что для судов типа "Измаил" $F_b = 136$ м, $F_d = 6,2T$ м.

Соотношение глубины и осадки, при котором ощутимо влияние мелководья на величину сопротивления движению судна [9]:

$$\frac{H}{T} = 4,96 + 52,68(1 - C_w)^2,$$

где C_w – коэффициент полноты площади ватерлинии.

Полное сопротивление на мелководье R (по методу Шлихтинга-Лэндвебера) [2]

$$R = R_\infty - R_V(v_\infty) + R_V(v_1),$$

где $(R_\infty - R_V(v_\infty))$ – остаточное сопротивление на глубокой воде при скорости $v = v_\infty$; $R_V(v_1)$ – вязкостное сопротивление при скорости $v = v_1$.

Установлено, что эмпирическое соотношение между скоростями v_1 и v_H , которое нужно задать на мелководье глубиной H при величине полного сопротивления R :

$$v_H/v_1 = f(\sqrt{A_x}/R_H),$$

где A_x – максимальная площадь поперечного сечения судна; R_H – гидравлический радиус,

$$R_H = \frac{A_w}{W_c + W_s};$$

W_c – смоченная поверхность канала, м²; W_s – смоченная поверхность судна, м².

Метод Шлихтинга-Лэндвебера однозначно применим в диапазоне докритических скоростей. Выбор скорости v_H позволяет оценить потребную мощность, величина которой может быть откорректирована в пределах 15 % для преодоления аэродинамического воздействия ветра, уклона русла реки и ее течения. При этом величина потребной мощности не должна превышать 90 % номинальной мощности силовой установки судна.

В [2, с. 275] приведен график для определения сопротивления воды на мелководье в докритическом режиме плавания.

В соответствии с полученными результатами выведен метод практической оценки параметров ходкости для хода "Дунай – Черное море", который для конкретного типа судна может быть определен на базе последовательных процедур:

а) выбор целесообразной скорости, значительно ниже критиче-

ской, при которой одновременно сохраняется управляемость;

б) проверка наличия запаса глубины под килем на проседание корпуса;

в) проверка способности главной силовой установки обеспечить необходимую мощность для преодоления возросшего сопротивления;

г) оценка степени воздействия волн, образуемых судном, на стенки (берега) судового хода и его дно.

Расчет выполняется для диапазона возможных скоростей, при которых выполняются все условия пунктов а – г, с определением тормозного пути, соответственно, дистанции между судами и пропускной способности канала. Окончательный выбор скорости выполняется из соображений безопасного движения судов и максимальной пропускной способности канала.

Если результаты проверки хотя бы по одному из пунктов б – г отрицательны, необходимо снизить скорость и выполнить расчеты для более низкой скорости.

При проверке метода выяснилось, что в общий алгоритм расчета скорости необходимо внести уточнения расчета проседания корпуса.

Анализ сравнительных результатов расчетов и измерений проседания судов при движении в каналах (ΔT , м), опубликованных в работах [9, 10, 11], позволяет сделать вывод, что кроме опробованного в работе [7] метода Ремиша, позволяющего оценивать просадку носом и кормой в условиях любого фарватера, для определения носовой просадки судов с размерениями, позволяющими входить в ход "Дунай – Черное море" применимы следующие эмпирические формулы, появившиеся в специальной литературе в последнее время [11]: ICORELS (International Commission for the Reception of Large Ships), основанная на базе формулы Хууска, Гулиева; формула Баррасса [10]; японская формула, предложенная в 2002 г. Институтом развития прибрежной зоны Японии; формула Миллворда; формула Норрбина, применимая для условий неограниченного по ширине фарватера; метод Анкудинова.

Расчеты, выполненные для судов типа "Измаил" по всем приведенным методикам, показали, что наиболее простым и дающим достоверные результаты методом является все-таки метод Ремиша, который и выбран для использования при дальнейших расчетах движения судов на различных участках хода "Дунай – Черное море".

При приведенных уточнениях подход, изложенный в [7] и апробированный для судов типа "Измаил", достаточен для создания программы для судов других размерений.

Участок одностороннего движения в ходе "Дунай – Черное море" не протяженный – менее 15 км, а, следовательно, при правильной ор-

ганизации движения простои и задержки в пути могут быть сведены к минимуму при безусловном обеспечении критериев безопасности движения. Эта задача решается расчетным путем, применяя процедуру имитационного моделирования движения судна в стесненном фарватере.

Выводы.

1. Наивыгоднейшие режимы движения судов смешанного река-море плавания должны быть определены для каждого участка всех маршрутов следования не только на основе существующих эмпирических методик расчета, но и с использованием данных эксплуатационных наблюдений по судам различных типов в годичном цикле эксплуатации.

2. При задании плотности движения по каналу "Дунай – Черное море" определяющим является расчет влияния мелководья.

3. Выполнение критериев а – г является гарантией достоверности назначения для каждого конкретного судна оптимального диапазона скоростей прохождения участков одностороннего движения в канале "Дунай – Черное море", так, чтобы избежать излишних непроизводительных простоев судов в ожидании разрешения на вход в канал, при этом чтобы были обеспечены оптимальные величины характеристик ходкости, соблюдены требования безопасности и сохранности фарватера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородай И.К., Нецветаев Ю.А. Мореходность судов. – Л.: Судостроение, 1982. – 288 с.

2. Лесюков В.А. Теория и устройство судов внутреннего плавания. Учебник для вузов водн. трансп. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – 303 с.

3. Суворов П.С. Динамика двигателя в судовом пропульсивном комплексе. – Одесса: ОНМА, 2004. – 304 с.

4. Суворов П.С. Режимы работы судовых дизелей. – Одесса: ОНМА, 2006. – 304 с.

5. Суворов П.С., Тарасенко Т.В. Прогнозирование влияния нерегулярного волнения на ходкость одновинтового судна // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2005. – Вып. 10. – Одесса: ОНМА. – с. 76 - 92.

6. Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Домбровский В.А. Оценка расхода топлива в судовых условиях // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2006. – Вып. 11. – Одесса: ОНМА. – С. 78 - 87.

7. Суворов П.С., Тарасенко Т.В. Оценка влияния мелководья на ходовые характеристики морских судов // Автоматизация судовых технических средств: научн.-техн. сб. – 2007. – Вып. 12. – Одесса: ОНМА. – С. 108 - 114.

8. Chereiskiy I.Z., Dombrovskaya T.V., Lipis V.B. Using of Docking Type Barge Carrier as Open Top Container Ship//Proceedings of the 8-th Congress of the International Maritime Association of Mediterranean. Volume II. – P. 36 - 46.

9. Kwik K.H. A system analysis for optimal management of canal ship traffic //P.I.A.N.C. – A.I.P.C.N. – Bulletin 1992 – №76. – P. 105 - 114.

10. Ship Squat. Newsletter // The Nautical Institute. South East Australia Branch. - Volume 6. - № 1, February, 2003.

11. Ankudinov Vladimir, Daggett Larry L., Hewlett J. Cristopher, Yakobsen Bent K. Prototype measurements of ship sinkage in confined water. Proceedings of the international conference MARSIM 2000. – P. 233 - 247.