

УДК 629.12

**В.П. Лобастов, Е.В. Зеличенко, А.В. Скворцов****РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВОПРОСАМ ПРОЧНОСТИ СУДОВ «РЕКА-МОРЕ»  
ПЛАВАНИЯ ПО КЛАССИФИКАЦИИ РЕЗОЛЮЦИИ №61 ЕЭК ООН**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель данной работы заключалась в продолжении исследования приоритетного направления в сфере водного транспорта, в частности, судов типа «река-море». Рассмотрены результаты разработки технических предписаний ЕЭК ООН применительно к судам «река-море» плавания. Изложены рекомендации по вопросам прочности судов «река-море» плавания по классификации Резолюции №61 ЕЭК ООН.

*Ключевые слова:* ЕЭК ООН, Резолюция №61, глава 20В, суда «река-море» плавания, Правила классификации и постройки судов смешанного (река-море) плавания (ПССП), корпус, прочность корпуса.

**Реализация результатов разработки технических предписаний ЕЭК ООН  
применительно к судам «РЕКА-МОРЕ» плавания**

Учитывая известные преимущества судов «река-море» плавания [1] в пересмотренное издание Резолюции №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания», по предложению Рабочей группы SC.3 по внутреннему водному транспорту Комитета внутреннего транспорта ЕЭК ООН, была включена глава 20В «Особые положения, применяемые к судам «река-море» плавания» [2, 3].

В основу работы над главой 20В был положен базовый документ, представленный Российской Федерацией относительно возможного способа и методологии разработки технических требований к судам типа «река-море» плавания [4]. Предполагалось, что на основе исходных материалов этого базового документа первоначальная редакция отдельных блоков будущих предписаний по просьбе рабочей группы будет подготовлена экспертами Российской Федерации и других стран.

В нашей стране разработка предложений по техническим предписаниям ЕЭК ООН к судам «река-море» плавания для включения их в главу 20В Резолюции №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания» была поручена Российскому Речному Регистру (далее РРР).

Техническое руководство осуществляли В.Т. Огарков – Главное управление РРР, В.П. Лобастов – Верхне-Волжский филиал РРР.

Техническое сопровождение проводили В.Ю. Иванова, Ю.Н. Вериш и В.В. Воронцов – Главное управление РРР.

Активное участие в разработке предложений по техническим предписаниям принимали специалисты нижегородской корабельной школы П.И. Бажан – Центр разработки Правил РРР, В.А. Зуев, Е.В. Зеличенко – НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Для целей главы 20В были установлены следующие условия и зоны плавания судов в море:

і) ограниченная зона между портами одной страны, в которой допускаются к плаванию суда внутреннего плавания с эксплуатационными ограничениями по временам года и волнению при выполнении специальных требований администрации и/или признанного классификационного общества к мореходным характеристикам, остойчивости, конструкции

корпуса, механизмам и электрооборудованию, навигационному оборудованию и средствам связи;

ii) зона RS 2,0 (высота волны до 2,0 м (здесь и далее высота волны означает высоту волны 3%-ной обеспеченности)): морские районы в конкретных географических границах бассейнов, в которые допускаются суда «река-море» плавания с ограничениями по временам года;

iii) зона RS 3,0 (высота волны до 3,0 м): морские районы в конкретных географических границах бассейнов, в которые допускаются суда «река-море» плавания с ограничениями по временам года;

iv) зона RS 3,5 (высота волны до 3,5 м): морские районы в конкретных географических границах бассейнов, в которые допускаются суда «река-море» плавания с ограничениями по временам года;

v) зона RS 4,5 (высота волны до 4,5 м): морские районы, в которые допускаются суда «река-море» плавания: в закрытых морях при удалении от мест убежища до 100 миль (расстояние между местами убежища до 200 миль), в открытых морях при удалении от мест убежища до 50 миль (расстояние между местами убежища до 100 миль);

vi) зона RS 6,0 (высота волны до 6,0 м): морские районы, в которые допускаются суда «река-море» плавания: в закрытых морях при удалении от мест убежища до 100 миль (расстояние между местами убежища до 200 миль), в открытых морях при удалении от мест убежища до 50 миль (расстояние между местами убежища до 100 миль).

При назначении условий плавания судов зоны RS 4,5 и RS 6,0 учитывалось, что:

- «закрытые моря» - обособленные сушей внутриматериковые и средиземные, соединяющиеся с океанической акваторией узкими проливами, моря, отличающиеся от океанической акватории соленостью и температурой воды, характером течения, приливами и ветро-волновым режимом;

- «открытые моря» - окраинные моря, хорошо сообщаемые с океанической акваторией, воды которых мало отличаются от океанических по солености, температуре, течениям, приливам и ветро-волновому режиму.

При подготовке предложений по вопросам прочности судов «река-море» плавания было учтено, что:

- согласно требованиям п. 20В-1.3 Резолюции №61 суда «река-море» плавания должны быть построены под наблюдением признанного классификационного общества в соответствии с его Правилами классификации;

- районы плавания, характеризующиеся волнением в диапазоне  $h_{3\%}$  от 2,0 до 3,5 м классифицированы РРР и имеют отработанные и проверенные многолетним опытом эксплуатации судов «река-море» плавания нормативы в части эксплуатационных ограничений по временам года, географии района плавания и волнения, по мореходным характеристикам, прочности, остойчивости, непотопляемости, конструкции корпуса и др.;

- изменения условий плавания судов в районах, характеризующихся волнением  $h_{3\%}$  4,5 м (увеличение допустимого волнения, возможность эксплуатации на трассах, характеризующихся большим удалением от места убежища, и в более бурных районах и сезонах) исследовано РРР и принимая во внимание длительный и, в целом, положительный опыт эксплуатации судов на волнении в диапазоне волн  $h_{3\%}$  от 2,0 до 3,5 м – классифицировано РРР;

- районы плавания, характеризующиеся волнением  $h_{3\%}$  от 4,5 до 6,0 м классифицированы также Российским Морским Регистром судоходства (далее РМРС).

При этом суда «река-море» плавания, по классификации РРР, совершающие международные рейсы, должны удовлетворять также требованиям международных конвенций.

В табл. 1 представлена информация о нормативной базе российских классификационных обществ, которая может быть использована при проектировании, строительстве и испытании судов различных зон плавания по классификации Резолюции №61.

Таблица 1

**Идентификация зон плавания судов в море по Резолюции №61 и классов судов PPP и РМРС**

Зоны плавания по классификации Резолюции №61	Класс судна по классификации PPP	Класс судна по классификации РМРС
RS 2,0 <sup>1)</sup>	О-ПР 2,0	-
RS 3,0 <sup>2)</sup>	М-ПР 2,5	-
RS 3,5 <sup>3)</sup>	М-СП 3,5	R3-RSN
RS 4,5 <sup>4)</sup>	М-СП 4,5	R2-RSN (4,5)
RS 6,0	-	R2-RSN

Примечания: 1) – с использованием требований Правил PPP для судов класса «О-ПР 2,0»;  
 2) – с использованием требований Правил PPP для судов класса «М-ПР 2,5»;  
 3) – с использованием требований Правил PPP для судов класса «М-СП 3,5»;  
 4) – с использованием требований Правил PPP для судов класса «М-СП 4,5».

География морских районов плавания судов с классом О-ПР, М-ПР, М-СП, R3-RSN, которая может быть принята или дополнена с учетом предложений и обоснований других заинтересованных стран для зон плавания RS 2,0, RS 3,0, RS 3,5 представлена на рис. 1 – рис. 3.



Рис. 1. Морские районы плавания судов с классом «О-ПР 2,0»

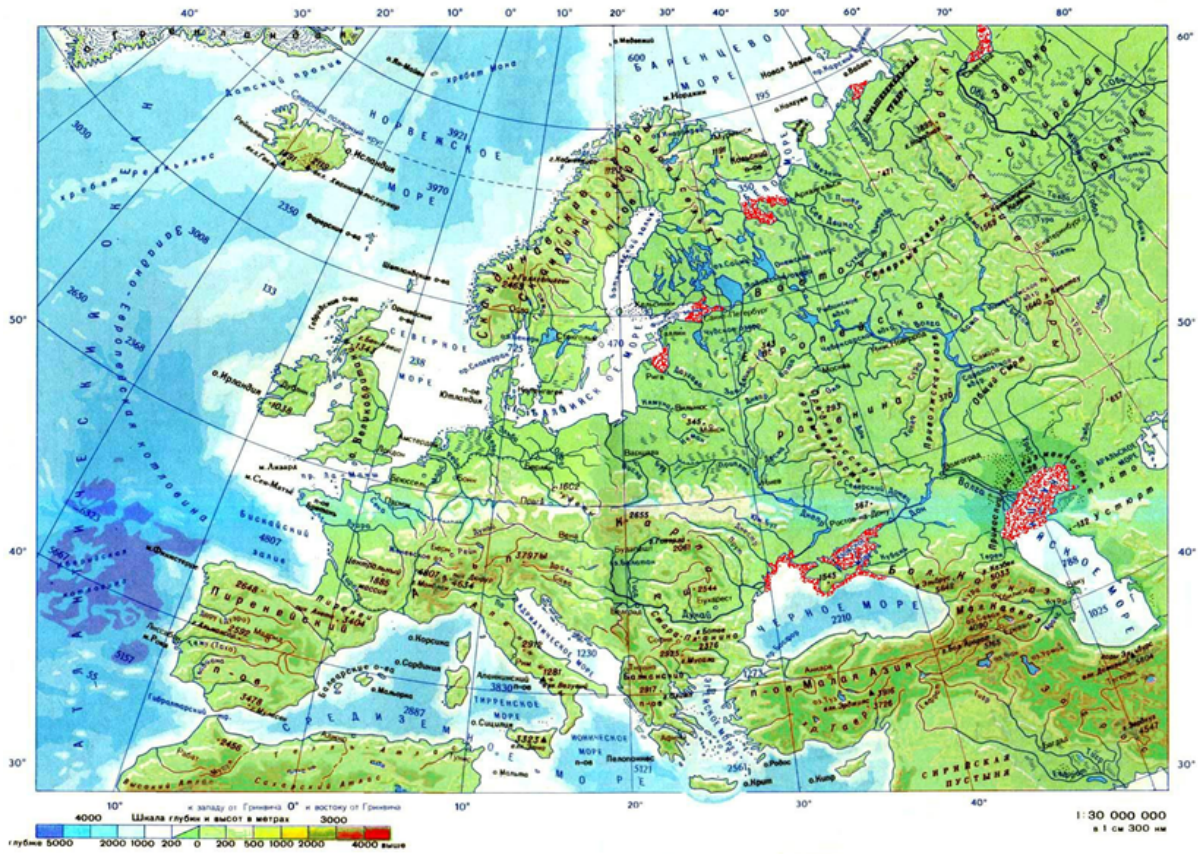


Рис. 2. Морские районы плавания судов с классом «М-ПР 2,5»

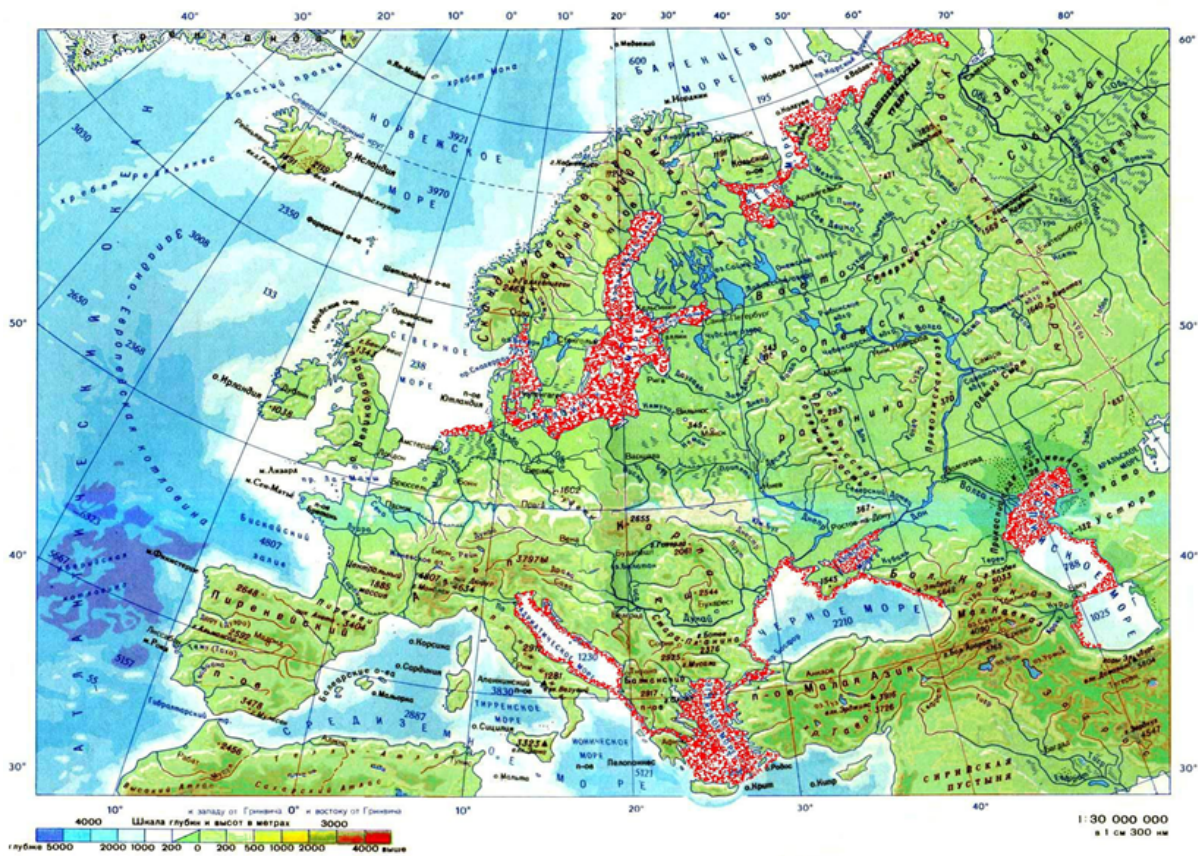


Рис. 3. Морские районы плавания судов с классом «М-СП 3,5», R3-RSN

Далее приведены рекомендации по вопросам прочности судов «река-море» плавания по классификации Резолюции №61 ЕЭК ООН, разработанные на основе требований Правил РРР [5].

### Рекомендации по вопросам прочности грузовых самоходных судов «РЕКА-МОРЕ» плавания зон RS 2,0, RS 3,0, RS 3,5, RS 4,5 по классификации резолюции №61 ЕЭК ООН

#### Общие положения

При использовании требований Правил РРР для судов типа «река-море» плавания настоящие рекомендации распространяются на следующие типы водоизмещающих судов: сухогрузные и наливные длиной от 25 до 140 м.

Для расчетов общей прочности судна суммарный изгибающий момент включает в себя изгибающий момент на тихой воде и дополнительный волновой изгибающий момент, который в свою очередь включает в себя ударную составляющую.

Дополнительный волновой изгибающий момент принимается постоянным на длине  $0,5 L$  в средней части судна и уменьшающимся к оконечностям до нуля по линейной зависимости.

Согласно требованиям Правил РРР дополнительный волновой изгибающий момент следует определять с помощью зависимости, кН·м:

$$M_{дв} = \pm 9,81 \cdot k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \delta \cdot B \cdot L^2 \cdot h, \quad (1)$$

где  $k_0$  – коэффициент, значения которого вычисляются по формуле

$$k_0 = 1,24 - 1,7 \cdot B/L \leq 1,0; \quad (2)$$

$k_1$  – коэффициент, значения которого в зависимости от класса судна и его длины  $L$  определяются по табл. 2;

$k_2$  – коэффициент, значения которого в зависимости от длины судна  $L$  и осадки носом  $T_H$  определяются по формуле

$$k_2 = 2 - 20 \cdot T_H/L \geq 1,0; \quad (3)$$

$k_3$  – коэффициент, значения которого для грузовых самоходных судов в зависимости от класса судна, его длины  $L$  и принятой допускаемой высоты волны определяются по табл. 3.

$L$  – длина судна, м;

$T$  – осадка судна, м;

$\delta$  – коэффициент полноты водоизмещения;

$h$  – расчетная высота волны, принимаемая равной для судов класса «М-СП» - 3,5 м; класса «М-ПР» - 3,0 м; класса «О-ПР» - 2,0 м.

Таблица 2

#### Определение коэффициента $k_1$

Длина судна, м Класс судна, коэффициент $k_1$	25	60	100	140
«М-СП», $k_1$	0,0147	0,0147	0,0147	0,0137
«М-ПР», $k_1$	0,0130	0,0130	0,0117	0,0102
«О-ПР», $k_1$	0,0154	0,0154	0,0114	0,0089

Таблица 3

Определение коэффициента  $k_3$ 

Класс судна	Допускаемая высота волны, м	Длина судна, м			
		Коэффициент $k_3$			
		25	60	100	140
«М-СП»	4,5	1,114	1,114	1,277	1,367
	3,5	1,0	1,0	1,0	1,0
	3,0	0,914	0,914	0,870	0,843
«М-ПР»	2,5	1,0	1,0	1,0	1,0
	2,0	0,915	0,887	0,871	0,839
«О-ПР»	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,5	0,866	0,866	0,911	0,841

Значения  $L$ ,  $T$  и  $\delta$  следует принимать исходя из расчетного случая нагрузки при определении изгибающего момента на тихой воде.

Из представленных материалов следует, что при допустимой высоте волны, равной расчетной, значение коэффициента  $k_3$  принимается равным 1.

При  $h_{\text{дон}} > h_{\text{расч}}$ ,  $k_3 > 1$ ;

при  $h_{\text{дон}} < h_{\text{расч}}$ ,  $k_3 < 1$ .

Такая вариация с коэффициентом  $k_3$  была необходима в начальной стадии освоения прибрежных морских районов существующими судами внутреннего плавания с назначением дополнительных ограничений по высоте волны в зависимости от прочностных характеристик судна.

Аналогичный подход был использован при определении дополнительного волнового изгибающего момента для судов класса «М-ПР 2,5» для которых в качестве расчетной высоты волны была принята волна  $h_{3\%}$ , равная 3,0 м.

В настоящее время создание судов «река-море» плавания необходимых классов по Правилам РРР и зонам плавания по классификации Резолюции №61, ориентировано, в первую очередь, на новое судостроение.

Так, согласно п. 20В-1.1.2 Резолюции №61, положения, применяемые к судам «река-море» плавания, применяются к новым судам для заданного района плавания и необходимость накладывать дополнительные ограничения по допускаемой высоте волны, отличной от расчетной, для той или иной зоны плавания отсутствует.

При таком подходе наличие коэффициента  $k_3$  в формуле дополнительного волнового изгибающего момента является избыточным.

Дополнительный волновой изгибающий момент для судов, эксплуатирующихся в зонах на волнении с допустимой высотой волны равной расчетной, рекомендуется определять с помощью зависимости, кН·м:

$$M_{\text{дв}} = \pm 9,81 \cdot k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \delta \cdot B \cdot L^2 \cdot h. \quad (4)$$

Необходимость выполнения коррекции, для исключения коэффициента  $k_3$  из формулы (2) и внесения уточнений в коэффициент  $k_1$ , рассмотрена применительно к зонам морского района эксплуатации RS 2,0, RS 3,0, RS 3,5, RS 4,5.

### Суда «река-море» плавания зоны RS 2,0

Значения  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $h$  при вычислении дополнительного волнового изгибающего момента по формуле (4) рекомендуется назначить с использованием требований Правил РРР для судов «река-море» плавания класса «О-ПР 2,0»:

- $k_0$  – по формуле (2);
- $k_1$  – по табл. 2 применительно к судам класса «О-ПР»;
- $k_2$  – по формуле (3), при этом осадка носом судна во всех случаях нагрузки должна

быть не менее 0,9 м при  $L \geq 60$  м и не менее 0,5 м при  $L \leq 25$  м. Для промежуточных длин судов минимально допустимая осадка носом определяется линейной интерполяцией;

- $h - h_{3\%} = 2,0$  м.

Дополнительной коррекции коэффициента  $k_1$  по формуле (4) в данном случае не требуется, так как значение исключаемого коэффициента  $k_3$  для расчетной высоты волны  $h_{3\%} = 2,0$  м равняется 1 (см. табл. 3).

### Суда «река-море» плавания зоны RS 3,0

Так как требования Правил РРР к судам класса «М-ПР 2,5» не предполагают определение дополнительного волнового изгибающего момента  $M_{ДВ}$  для допустимой высоты волны  $h = 3,0$  м, воспользуемся требованиями Правил РРР для судов класса «М-СП», согласно которым  $M_{ДВ}$  может быть рассчитан на необходимую нам высоту волны  $h = 3,0$  м.

Коррекцию коэффициента  $k_1$  формулы (4) для судов «река-море» плавания зоны RS 3,0 выполняем с учетом требований Правил РРР для судов класса «М-СП 3,0» и пересчитываем по зависимости:

$$k_1^{«RS 3,0»} = k_1^{«М-СП»} \cdot k_3^{«М-СП 3,0»} \cdot h^{«М-СП 3,5»} / h^{«М-СП 3,0»},$$

где  $k_1^{«М-СП»}$  – принимается по табл. 2;

$k_3^{«М-СП 3,0»}$  – принимается по табл. 3;

$h^{«М-СП 3,5»} = 3,5$  м;

$h^{«М-СП 3,0»} = 3,0$  м.

Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Определение коэффициента  $k_1$

Длина судна, м	25	60	100	140
Коэффициент $k_1$	0,0157	0,0157	0,0149	0,0135

Значения  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $h$  при вычислении дополнительного волнового изгибающего момента по формуле (4) принимаются:

- $k_0$  – по формуле (2);

- $k_1$  – по табл. 4;

•  $k_2$  – по формуле (3), при этом осадка носом судна во всех случаях нагрузки должна быть не менее 1,4 м при  $L \geq 60$  м и не менее 0,75 м при  $L \leq 25$  м. Для промежуточных длин судов минимально допустимая осадка носом определяется линейной интерполяцией;

- $h - h_{3\%} = 3,0$  м.

### Суда «река-море» плавания зоны RS 3,5

Рекомендации разрабатывались с использованием требований Правил РРР для судов «река-море» плавания класса «М-СП 3,5».

Дополнительный волновой изгибающий момент рекомендуется определять с помощью формулы (4).

Значения  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $h$  при вычислении дополнительного волнового изгибающего момента по формуле (4) принимаются:

- $k_0$  – по формуле (2);

- $k_1$  – по табл. 2 применительно к судам класса «М-СП»;

•  $k_2$  – по формуле (3), при этом осадка носом судна во всех случаях нагрузки должна быть не менее 1,7 м при  $L \geq 60$  м и не менее 0,9 м при  $L \leq 25$  м. Для промежуточных длин судов минимально допустимая осадка носом определяется линейной интерполяцией;

- $h - h_{3\%} = 3,5$  м.

Дополнительной коррекции коэффициента  $k_1$  по формуле (4) в данном случае не требуется, так как значение исключаемого коэффициента  $k_3$  для расчетной высоты волны  $h_{3\%} = 3,5$  м равняется 1 (см. табл. 3).

### Суда «река-море» плавания зоны RS 4,5

Рекомендации разрабатывались с использованием требований Правил РРР для судов «река-море» плавания класса «М-СП 4,5».

Следует отметить, что разработка требований к волновым нагрузкам судов «река-море» плавания класса «М-СП 4,5» выполнялась из условия обеспечения одинаковой вероятности их превышения (обеспеченности), в характерных для разрабатываемого класса условиях эксплуатации, и аналогичной вероятности, получаемой для судов класса «М-СП 3,5» применительно к допустимым для них условиям плавания при волновых нагрузках, регламентируемых действующей редакцией ПССП Правил РРР [5].

Для обеспечения одинакового уровня надежности судов «река-море» плавания класса «М-СП 4,5» всех длин в качестве эталонного уровня безопасности принимались обеспеченности общих и местных волновых нагрузок для судов класса «М-СП 3,5» длиной  $L = 100$  м.

При разработке требований к  $M_{ДВ}$  была использована формула (1), где  $k_0, k_2, \delta, B, L, h$  – см. пояснения к формуле (1);

- $k_1$  – коэффициент, значения которого применительно к классу судна «М-СП» представлены в табл. 2;

- $k_3$  – коэффициент, учитывающий влияние на  $M_{ДВ}$  отличия условий эксплуатации судна класса «М-СП 4,5» от устанавливаемых Правилами ПССП для судов «М-СП 3,5», представлен в табл. 3.

Расчетная высота волны для судна класса «М-СП 4,5», независимо от устанавливаемого ограничения по допустимой высоте волны, принималась равной  $h_{3\%} = 3,5$  м.

Поскольку в настоящих рекомендациях при определении  $M_{ДВ}$  предлагается использовать формулу (4), то необходимо проведение коррекции, обусловленное исключением из формулы коэффициента  $k_3$ , уточнением коэффициента  $k_1$ , использованием расчетной высоты волны  $h_{3\%} = 4,5$  м.

Коррекция выполняется по зависимости:

$$k_1^{«М-СП 4,5»} = k_1^{«М-СП»} \cdot k_3^{«М-СП 4,5»} \cdot h^{«М-СП 3,5»} / h^{«М-СП 4,5»},$$

где  $k_1^{«М-СП»}$  – принимается по табл. 2;

$k_3^{«М-СП 4,5»}$  – принимается по табл. 3;

$h^{«М-СП 3,5»} = 3,5$  м;

$h^{«М-СП 4,5»} = 4,5$  м.

Результаты расчетов представлены в табл. 5.

Таблица 5

#### Определение коэффициента $k_1$

Длина судна, м	25	60	100	140
Коэффициент $k_1$	0,0127	0,0127	0,0146	0,0146

При определении дополнительного волнового изгибающего момента  $M_{ДВ}$  значения  $k_0, k_1, k_2, h$  принимаются:

- $k_0$  – по формуле (2);
- $k_1$  – по табл. 5;
- $k_2$  – по формуле (3), при этом осадка носом судна во всех случаях нагрузки должна быть не менее 2,2 м при  $L \geq 60$  м и не менее 1,2 м при  $L \leq 25$  м. Для промежуточных длин судов минимально допустимая осадка носом определяется линейной интерполяцией;
- $h - h_{3\%} = 4,5$  м.

#### Выводы

Статистические данные, представленные на начало 2001 года [6], свидетельствуют, что значительную часть мирового торгового флота составляют суда дедвейтом менее 5000 т. Доля транспортных судов с дедвейтом менее 5000 т от общего числа судов составляет: сухо-



грузные суда – 67%; наливные суда – 45%. Они, как правило, осуществляют перевозки между морскими, устьевыми и речными портами, их значительная часть имеет ограничения по районам, сезонам, удаленности от места убежища, условиям волнения и ветра, т.е. относятся к судам ограниченного района «река-море» плавания.

Наличие таких ограничений позволило существенно уменьшить строительную стоимость судов ограниченного районов плавания за счет обоснованного снижения требования к общей и местной прочности, мореходным качествам корпусов, номенклатуре и параметрам судового оборудования и снабжения, мощности главных двигателей, что позволило увеличить грузоподъемность судов при фиксированных проходных осадках за счет уменьшения массы судна порожнем и роста коэффициента общей полноты.

Выполненные рекомендации по вопросам прочности судов «река-море» плавания по классификации Резолюции №61 ЕЭК ООН позволяют судовладельцам более детально ознакомиться с требованиями российских классификационных обществ (Российский Речной Регистр, Российский Морской Регистр Судоходства) к вопросам обеспечения общей прочности судов и расширить круг классификационных обществ, являющихся наиболее привлекательными при проведении технического наблюдения за проектированием, строительством и эксплуатацией судов «река-море» плавания.

#### Библиографический список

1. **Лобастов, В.П.** Интеграционные процессы в области водного транспорта в рамках сотрудничества России и ЕЭК ООН / В.П. Лобастов, Е.В. Зеличенко // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2012. № 2(95). С. 197–205.
2. Резолюция №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 1» // ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.1 // ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2011.
3. Резолюция №61 «Рекомендации, касающиеся согласованных на европейском уровне технических предписаний, применимых к судам внутреннего плавания. Пересмотр 1. Поправка 2» // ECE/TRANS/SC.3/172/Rev.1/Amend.2 // ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2013.
4. О разработке технических предписаний ЕЭК ООН к судам типа «река-море» // ECE/TRANS/SC.3/2006/8 // Пятидесятая сессия ЕЭК ООН, Женева. 11-13 октября, 2006.
5. Российский Речной Регистр. Правила классификации и постройки судов смешанного (река-море) плавания (ПССП). Т.4. Москва, 2008.
6. **Егоров, Г.В.** Коастеры и суда смешанного плавания нового поколения // Судостроение и судоремонт. Одесса, 2007.

*Дата поступления  
в редакцию 09.04.2015*

**V. Lobastov, E. Zelichenko, A. Skvortsov**

#### **RECOMMENDATIONS CONCERNING THE STRENGTH OF «RIVER-SEA» NAVIGATION SHIPS ON THE RESOLUTION №61 UNECE CLASSIFICATION**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

The aim of this work is to continue research the priority direction in the field of water transport, in particular, the river-sea navigation ships. The results of development the UNECE technical requirements for river-sea navigation ships are considered. Recommendations on the strength of river-sea navigation ships on the classification of the Resolution №61 UNECE are provided.

*Key words:* UNECE, Resolution №61, Chapter 20B, river-sea navigation ships, Rules for the classification and construction of river-sea navigation ships, hull, hull strength.