

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-915-925

DEVELOPMENT OF THE VESSEL STRENGTHENING SCHEMES FOR GROUND CONTACT

A. P. German, V. A. Kulesh, Pham Trung Hiep

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation

Exploiting and developing the coast of the Russian Arctic and Far Eastern seas are important. Traditionally, it is associated with the use of vessels for grounding and carrying out cargo operations. However, the requirements for such vessels were introduced in the Register Rules only in 2017. Previously, these operations could be interpreted as accidents. The Sea of Okhotsk is one of the largest seas in Russia, but there is only one large port on its coast - Magadan. The northern part of the Far Eastern coast is characterized by tides with sea level differences of up to 10 m and more. Heavy ice conditions also play a significant role. In these conditions, expensive berths and port infrastructure development are not economically justified and so traditional schemes of cargo operations are still important. However, there are not enough special vessels. The issues of the longitudinal, transverse and local strength of the hull of a small Japanese-built vessel with deadweight of 420 tons are considered in the paper. The vessel is oriented to work off the western coast of Kamchatka. It is capable to deliver both general cargo and liquid fuel. It has been shown that the longitudinal strength of the hull, the transverse strength of the vessel holds and the strength of the vessel stem satisfy the NAABSAI class symbol. The ship plating and bottom longitudinal girders in the areas, where the floors are located via three and four spaces, as well as the sternframe sole require strengthening. Strengthening schemes, whose realization ensures the possibility of obtaining the NAABSAI class symbol and cargo operations of the vessel aground are considered and proposed.

Keywords: vessel grounding, requirements, strengthening.

For citation:

German, Andrey P., Victor A. Kulesh, and Pham Trung Hiep. "Development of the vessel strengthening schemes for ground contact." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 12.5 (2020): 915–925. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-915-925.

УДК 629.12

РАЗРАБОТКА СХЕМ УСИЛЕНИЯ СУДНА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУНТОМ

А. П. Герман, В. А. Кулеш, Фам Чунг Хиеп

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация

В работе рассмотрен важный этап освоения и развития побережья арктических и дальневосточных морей России, связанный с использованием судов для посадки на грунт и проведением грузовых операций. Отмечается, что новые требования к таким судам появились в Правилах Российского морского регистра судоходства только в 2017 году. Ранее подобные операции могли трактоваться как аварийные происшествия. Подчеркивается, что несмотря на то, что Охотское море является одним из крупнейших в России, оно имеет лишь один сравнительно крупный порт — Магадан. Северная часть дальневосточного побережья характеризуется приливами с перепадами уровня моря до 10 м и более. Акцентируется внимание на том, что существенную роль в процессе освоения и развития территории играет и тяжелая ледовая обстановка. В этих условиях дорогостоящие причалы и развитие портовой инфраструктуры экономически не оправданы, поэтому важно продолжать использовать традиционные схемы грузовых операций с осушением судов, но специальных судов для этого не хватает. В работе рассмотрены вопросы общей продольной, поперечной и местной прочности корпуса небольшого судна японской постройки с дедвейтом 420 т, которое ориентировано на работу у западного побережья Камчатки с заходами в устья рек и способно доставлять как генеральные грузы, так и жидкое топливо. Показано, что общая продольная прочность корпуса, поперечная прочность отсеков и прочность форштевня судна соответствуют символу класса NAABSAI. Наружная обшивка и продольные днищевые балки в районах, где флоры расположены через три-четыре шпации, а также пята ахтерштевня, требуют усиления. Рассмотрены и предложены схемы усиления, реализация которых

обеспечивает возможность получения символа класса NAABSAI и эксплуатацию судна с посадками на грунт для проведения погрузочно-разгрузочных операций.

Ключевые слова: посадка на грунт, требования, усиления.

Для цитирования:

Герман А. П. Разработка схем усиления судна для взаимодействия с грунтом / А. П. Герман, В. А. Кулеш, Фам Чунг Хиен // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 5. — С. 915–925. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-915-925.

Введение (Introduction)

Охотское море — одно из крупнейших в России — обладает огромными ресурсами и имеет важное стратегическое значение. При этом на его побережье очень низкая плотность населения, а к сравнительно крупным портам относится только Магадан. Сложная ледовая обстановка сочетается с большими перепадами уровня моря, которые в северной части могут превышать 10 м. В этих условиях строительство причалов и портов экономически не оправдано. Вопросы жизнедеятельности на побережье традиционно решаются за счет посадки судов на необорудованный берег для проведения грузовых работ [1]. Такие режимы, представляющие угрозу для повреждений судов, до недавнего времени относились к аварийным происшествиям, требующим внеочередных доковых освидетельствований.

Исследования процессов взаимодействия судов с грунтом проводятся как отечественными [2]–[4], так и зарубежными учеными. Воздействие грунта на корпус требует учета пластических деформаций днищевых связей [5] и проектных требований к ним [6]. Основное внимание в работах [7]–[9] уделяется режиму десантирования или аварийным происшествиям, когда судно имеет поступательную скорость к началу контакта. Многие суда взаимодействуют с грунтом без динамики в результате полного или частичного осушения из-за перепадов уровня воды [10]. Такие режимы характерны для устьев многих рек. В правилах иностранных классификационных обществ, особенно европейских, таких как французская компания Bureau Veritas и норвежская Det Norske Veritas, появились первые нормативные требования к этим судам. Несколько позднее Российский морской регистр судоходства (РМРС) выпустил циркулярное письмо¹ в отношении таких судов, а с 2017 г. в Правилах РМРС² появилась новая глава в отношении судов с возможностью присвоения символа класса NAABSA для посадки на грунт.

Проектирование и постройка таких судов являются долговременной процедурой. Поэтому интерес представляет возможность приведения судов в процессе эксплуатации к соответствию указанному символу класса. Как правило, это связано с дополнительными затратами для судовладельцев, в том числе на усиления судна. Опыт подобных работ пока ограничен, из имеющихся публикаций следует отметить работу [11].

В предлагаемом исследовании рассмотрены вопросы прочности и ее повышения в отношении небольшого судна «Вектор» японской постройки дедвейтом 420 т, которое имеет собственное грузовое устройство и способно перевозить не только генеральные грузы, но и жидкое топливо. Судно ориентировано на грузовые операции в реках западной части Камчатки. В таких условиях характерна посадка на грунт и полное осушение корпуса.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Сведения о судне и корпусе. Судно «Вектор» водоизмещением 716 т с размерами $L \times B \times H \times T = 40 \times 8 \times 3,5 \times 3,1$ м предназначено для перевозки грузов различной номенклатуры в единственном грузовом трюме с размерами люка $14,3 \times 5,5$ м. В нос и корму от трюма выделены грузовые танки длиной до 5 м. Судно обеспечено грузовой стрелой на 3 т с вылетом до 17 м (рис. 1).

¹ Циркулярное письмо РМРС. № 340-21-810ц от 07.04.2015.

² Правила классификации и постройки морских судов. Ч. XVII. Разд. 15. Требования к судам, эксплуатация которых предусматривает посадку на грунт (суда NAABSA). — СПб.: РМРС, 2020.



Рис. 1. Общий вид судна «Вектор»

Корпус судна имеет килеватость днища, одну палубу, двойное дно высотой до 0,8 м и двойные борта шириной до 1,25 м. Корпус разбит поперечными переборками на семь отсеков. Грузовые танки имеют продольные переборки в диаметральной плоскости (ДП). Грузовая часть корпуса набрана по смешанной системе: двойное дно — продольная, другие перекрытия — по поперечной. Шпации обеих систем составляют 550 мм независимо от района корпуса. Флоры и рамные шпангоуты установлены с интервалом не более 3–4 шпации.

В районе грузовой зоны обшивка днища толщиной 8–11 мм поддерживается продольными балками из уголка $100 \times 75 \times 7$ и полос 100×9 . Рамный днищевой набор имеет толщину стенок 8 мм. Продольные балки днища с пролетом более двух шпаций в районе двойного дна связаны с продольными балками второго дна стойками из уголков $75 \times 75 \times 9$. Поперечные сечения корпуса показаны на рис. 2. Видно, что в районе грузовых танков второе дно и внутренний борт отсутствуют.

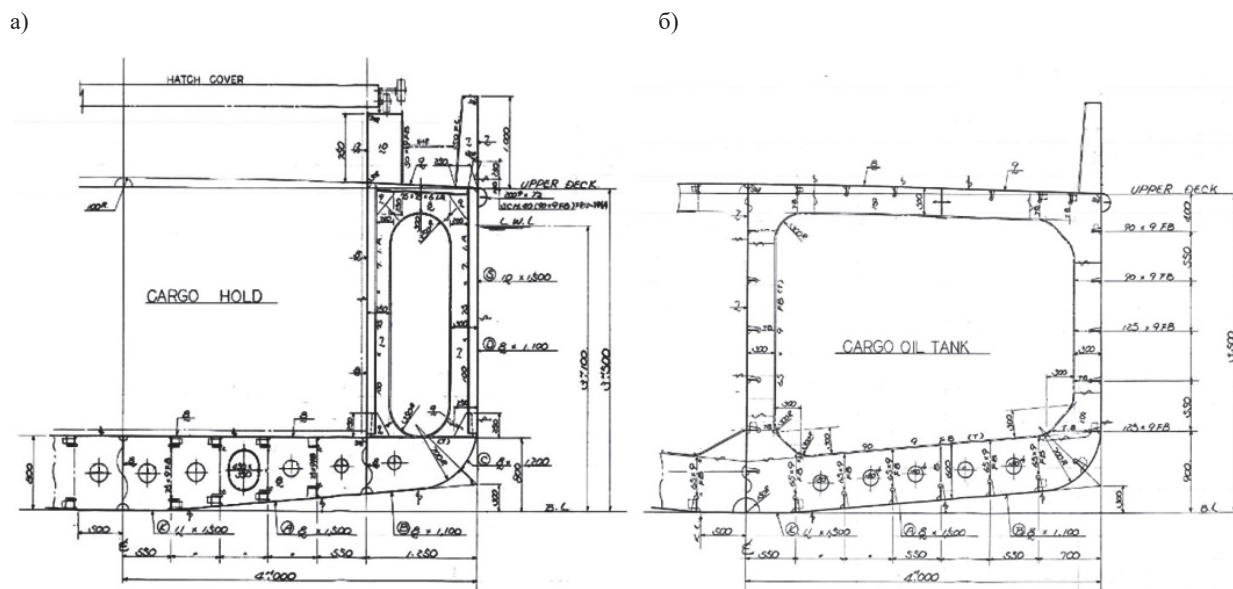


Рис. 2. Схемы характерных сечений корпуса по трюму (а) и грузовому танку (б)

Пятка ахтерштевня коробчатого сечения с размерами 230×190 мм с толщиной элементов 20 мм в основании усилена переходной кницей $450 \times 410 \times 20$. Форштевень имеет тавровое сечение $8 \times 200/60 \times 9$.

Расчетные нагрузки. Интенсивность давления на элементы конструкций, непосредственно взаимодействующие с грунтом:

$$p_i = 10d_N(1 + 4/\sqrt{A_i})k_p, \quad (1)$$

где d_N — глубина погружения судна в районе миделя при расчетном водоизмещении; A_i — площадь деформированного участка элемента; k_p — коэффициент запаса.

Интенсивность давления для участков обшивки корпуса, днищевых балок и стенок рамного набора указаны в таблице.

Интенсивность давления для связей днища

Местоположение	Размеры зоны, м		Давление p , кПа
	Вдоль	Поперек	
Обшивка днища			
Район скулы	0,550	0,650	238
Флоры через две шпации	1,100	0,550	190
Флоры через три шпации	1,650	0,550	161
Флоры через четыре шпации	2,200	0,550	144
Продольные днищевые балки			
Флоры через две шпации	1,100	1,100	144
Флоры через три шпации	1,650	1,100	123
Флоры через четыре шпации	2,200	1,100	111
Рамный днищевой набор (стенки)			
Вертикальный киль	0,550	2,750	198
Стрингеры	0,550	0,550	385
Флоры через четыре шпации	2,200	0,550	216
Бракета киля	0,550	0,825	323
Бракета скуловая	0,550	0,650	358

Концевые реакции взаимодействия корпуса и грунта определяются по формуле

$$R_N^m = g\Delta_N \left[\frac{\operatorname{tg}(\psi_N - \psi_0 - \psi_S)}{6} \frac{L}{d_N} \right], \quad (2)$$

где Δ_N — водоизмещение судна (расчетное); ψ_N — угол наклона грунта в продольном направлении судна; ψ_0 — конструктивный дифферент (угол); ψ_S — эксплуатационный дифферент (угол).

Для судов класса NAABSA1 значения концевых реакций не должны быть менее

$$R_N^m = 3g\Delta_N / 12 = 1756 \text{ кН}. \quad (3)$$

Интенсивность нагрузки со стороны грунта при проверке прочности (поперечной) отсека

$$Q_{0S} = k_p R_N^n \frac{L_{0S}}{L_{BN}} = 3805 \text{ кН}, \quad (4)$$

где $k_p = 1,5$ — коэффициент запаса; $R_N^n = g\Delta_N = 7024 \text{ кН}$; $L_{0S} = 14,3 \text{ м}$ — длина отсека / трюма судна; $L_{BN} = 39,6 \text{ м}$ — расчетная длина по днищу.

Актуальное значение изгибающего момента (прогиб на тихой воде)

$$M_{SW} = -k_M g\Delta_N L = -2810 \text{ кН·м}. \quad (5)$$

Изгибающий момент от носовой концевой реакции грунта (для корпуса судна)

$$M_N = -0,363\Delta_N L = -10396 \text{ кН·м}. \quad (6)$$

Полученные значения позволяют оценить запасы общей продольной прочности.

Результаты (Results)

Общая продольная прочность. Предельный момент сопротивления корпуса проверялся в условиях совместного действия двух изгибающих моментов: от носовой концевой реакции, определенной по формуле (6), и на тихой воде, рассчитанной по формуле (5). В конце срока службы допускаемый остаточный предельный момент сопротивления поперечного сечения корпуса должен превышать следующее рассчитанное значение:

$$W_{\text{п(дн)}} = 1,1 \frac{|0,92M_N + M_{SW}|}{R_{eH}} 10^3 = 57922 \text{ см}^3, \quad (7)$$

где R_{eH} — предел текучести (верхний) МПа.

Расчетный остаточный предельный момент сопротивления корпуса определен согласно схеме эквивалентного бруса (рис. 3), где красным цветом отмечены «гибкие» связи, исключаемые из состава эквивалентного бруса в случае их склонности к потере устойчивости при сжатии. Также из состава эквивалентного бруса исключаются связи, подверженные деформированию (выделены синим цветом). Черным цветом выделены «жесткие» связи.

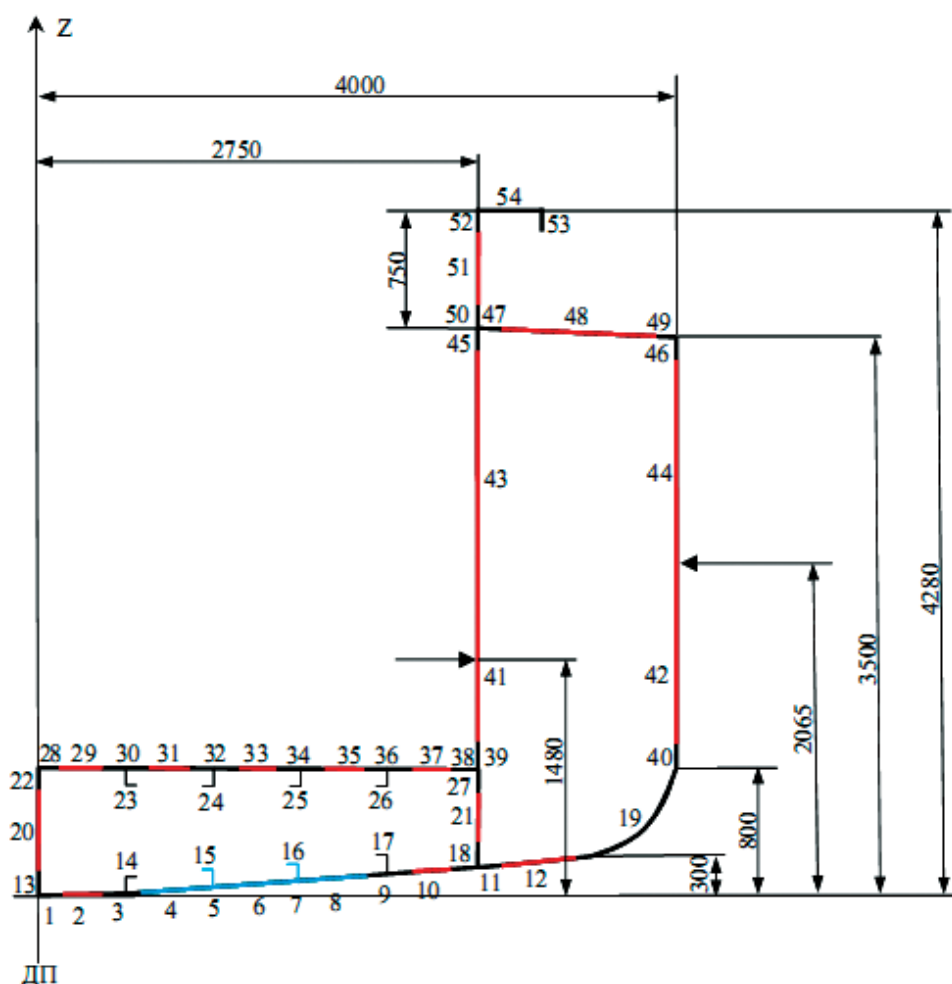


Рис. 3. Схема эквивалентного бруса

Расчеты выполнены для двух состояний корпуса: нового и при износе всех связей на 30 %. Учет износа и исключение конструктивных связей привели к снижению площади поперечного сечения эквивалентного бруса до 45 % от построечного значения. По результатам выполненных расчетов определены предельные остаточные моменты сопротивления корпуса, превышающие допускаемые Правилами РМРС:

– для палубы $W_{\text{п}}$, см²·м,

$$W_{\text{п}} = \frac{J}{H_m - e} = 701 > 579; \quad (8)$$

– для днища $W_{\text{дн}}$, см²·м,

$$W_{\text{дн}} = \frac{J}{e} = 5350 \gg 579. \quad (9)$$

Таким образом, общая предельная прочность корпуса судна в конце срока эксплуатации обеспечивается с запасом 21 %.

Поперечная прочность отсека. При проверке прочности рамного набора днищевое перекрытие само перекрытие представляется в виде стержневой системы. Как правило, прочность днищевое перекрытия в грузовой части трюма — наименьшая. Интенсивность нагрузки при этом определяется по формуле (4), а приведенные напряжения не превышают допустимые: 160 МПа — для флоров, 138 МПа — для стрингеров и кия.

Для расчета прочности грузового отсека применялся метод конечных элементов (МКЭ) при условии приложения нагрузки от грунта к продольным балкам. На рис. 4 показана расчетная модель половины грузового отсека и эпюры приведенных напряжений для существующей конструкции и при наибольшем весе судна.

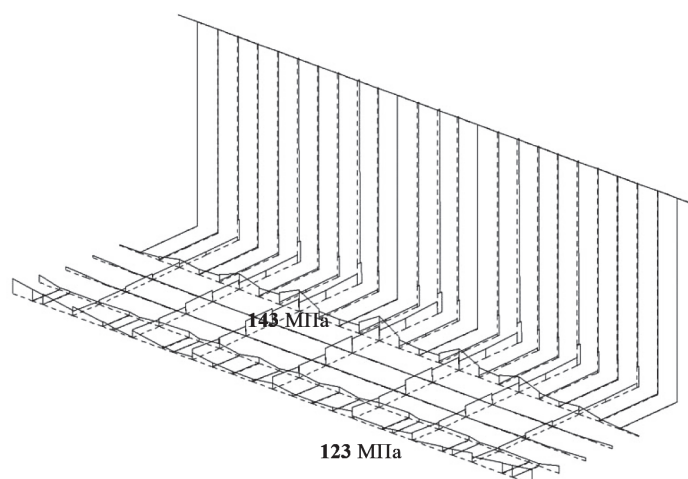


Рис. 4. Конструктивная схема отсека и расчетные напряжения

Выявлено, что уровень напряжений в вертикальном киле и в стрингерах меньше допустимого. Наибольшие напряжения в вертикальном киле у переборок — 123 МПа, а во флорах в середине перекрытия — 143 МПа. Результаты представлены для случая достаточно прочного грунта, когда давление концентрируется в районе кия. В случае податливых грунтов давления распределяются с большей шириной зоны контакта, а напряжения снижаются. Результаты расчетов показали, что поперечная прочность корпуса обеспечена и не требует подкреплений.

Местная прочность. Толщины панелей стенок рамного днищевое набора были проверены на условия смятия кромок по формуле

$$s_{\text{л0}} = s_1 \cong \frac{0,80k_1pb}{R_{\text{сн}}}, \quad (10)$$

где b — расстояние между кромками листовых связей (интервал размещения), м;

$k_1 = 1,3$ — для судов неарктического плавания;

p — давление (значения приведены в таблице (с. 918));

В итоге построечные толщины примерно в 1,7–2,4 раза превышают рассчитанные по формуле (10).

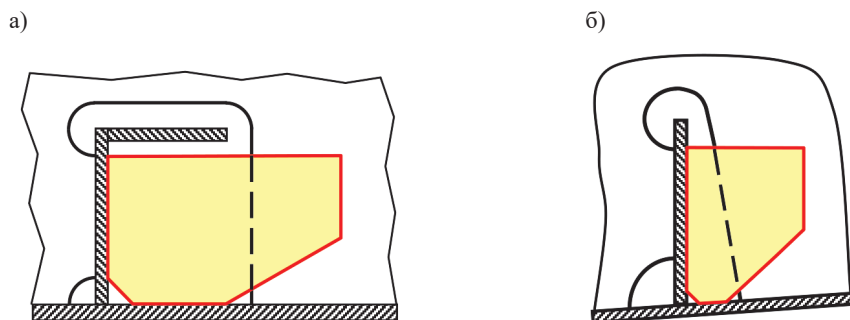


Рис. 5. Схемы рекомендованных заделок вырезов во флорах:
а — для балок уголкового профиля; б — для балок полосового профиля

Как правило, для прохода днищевых балок панели флоров имеют вырезы, которые снижают прочность. Некоторые вырезы не обеспечиваются компенсационными заделками. Для таких вырезов рекомендованы схемы подкреплений (рис. 5) с толщиной заделок 9 мм.

Пластины обшивки днища отличаются по размерам от пластин скулы и имеют разные системы набора. Соответственно требования к их толщинам должны определяться по-разному. Требуемая толщина наружной обшивки, согласно Правилам РМРС, определяется по формуле

$$s = 15,8 a k_{\alpha} \sqrt{\frac{k_p p}{k_{\sigma} R_{eH}}} m_n^{-1}, \quad (11)$$

где a и b — соответственно меньшая и большая стороны пластины;

$k_{\alpha} = (1 - \alpha + \pi \alpha / 6) / (1 - \alpha + \pi \alpha / 2)$ — коэффициент соотношения сторон $\alpha = a / b$;

$k_p = 1,5$ — запас прочности (при отсутствии внешней защиты);

p — давление (данные приведены в таблице (с. 918));

k_{σ} — коэффициент допускаемых напряжений;

$m_n = 0,75$ (n — коэффициент допускаемой остаточной толщины (при отсутствии внешней защиты)).

Для пяти типов пластин обшивки днища выполнены расчеты по формуле (11), которые показали следующие значения коэффициентов запаса толщины:

1,39 — горизонтальный киль;

1,23 — обшивка скулы;

1,00 — обшивка днища (флоры через две шпации);

0,91 — обшивка днища (флоры через три шпации);

0,89 — обшивка днища (флоры через четыре шпации).

Вывод: требуется подкрепление в районах с флорами, установленными через три-четыре шпации (см. коэффициенты, выделенные полужирным шрифтом).

В районе двойного дна и продольной системы набора днищевые балки разных пролетов — до четырех шпаций. Продольные балки одинарного дна в танках имеют пролеты не более трех шпаций. В результате расчетов этих балок получены следующие коэффициенты запасов (по моменту сопротивления и по площади сечения стенки):

1,37 и 1,25 — уголок $100 \times 75 \times 7$ — пролет двух шпаций;

0,82 и 1,69 — полосовой профиль 150×9 — пролет трех шпаций;

1,03 и 1,35 — уголок $100 \times 75 \times 7$ — пролет трех шпаций;

0,63 и 1,08 — уголок $100 \times 75 \times 7$ — пролет четырех шпаций.

Расчеты показали, что при пролетах днищевых продольных балок в три-четыре шпации имеются отступления и требуются подкрепления. В качестве усиления рассмотрен вариант установки дополнительных поперечных балок. Вариант установки дополнительных продольных балок показал, что в этом случае вес усиления, габаритные размеры деталей и трудоемкость работ повышаются, особенно внутри двойного дна.

Рассмотрены следующие варианты усиления поперечными балками:

1. Одинарное дно в грузовых танках (полосы 150×10).
2. Двойное дно, где флоры через три шпации (полосы 85×9).
3. Двойное дно, где флоры через четыре шпации (уголок $100 \times 75 \times 10$).

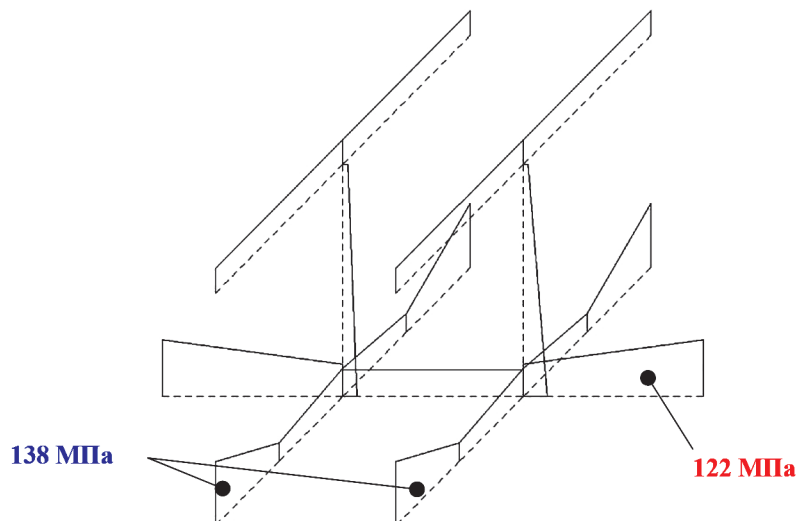


Рис. 6. Схема балочной конструкции между флорами и напряжения: 138 МПа — продольные днищевые балки; 122 МПа — поперечная усиливающая балка

Результаты расчетов показали, что наибольшие напряжения при указанных усилениях меньше установленных Правилами РМРС (рис. 6).

Прочность ахтерштевня. Согласно требованиям Правил РМРС, все размеры поперечных сечений ахтерштевня проверяются на основании прямого расчета прочности. Допустимые напряжения 160 МПа. На рис. 7 приведена конструкция ахтерштевня. Проверка прочности пятки ахтерштевня при посадке на грунт показала, что конструкции требуются усиления, т. к. наибольшие напряжения в ее основании составляют 280 МПа, что значительно превышает допустимое значение 160 МПа.

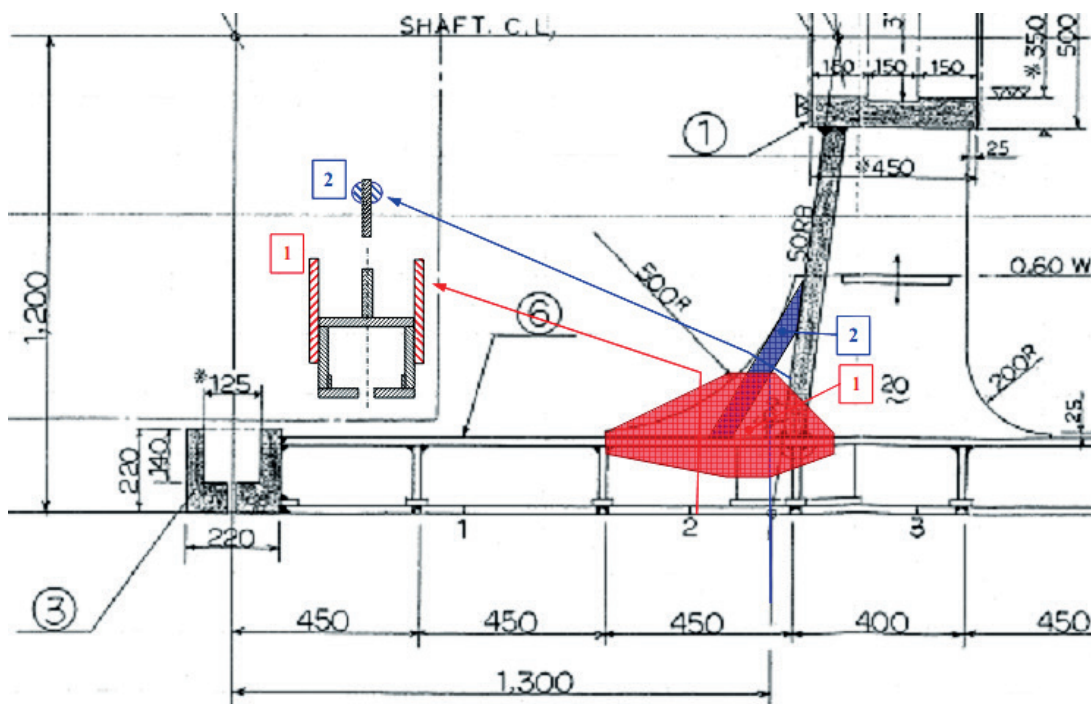


Рис. 7. Конструкция ахтерштевня и схема усиления

Для усиления конструкции пятки ахтерштевня устанавливают вертикальные бракетки 1 размерами $20 \times 250 \times 550$ мм, которые приваривают к вертикальным стенкам пятки ахтерштевня. Также устанавливают и полосы 2 полукруглого сечения радиусом 25 мм, которые приваривают к существующей бракете под углом 60° к горизонту. Принципиальная схема усиления пятки ахтерштевня показана на рис. 7. После усиления пятки ахтерштевня проверка прочности показала, что ее жесткость увеличилась в 1,3 раза, а наибольшие напряжения уменьшились в 1,9 раза (до 147 МПа) и не превышают допустимого значения.

Прочность форштевня. Достаточность размеров поперечных сечений форштевня, аналогично размерам ахтерштевня, проверяется на основании расчета криволинейной балки переменного сечения. Опорами этой балки являются палубы, платформы и поперечные переборки. МКЭ — модель конструкции форштевня в районе форпика, а также эпюры погонной нагрузки от грунта и приведенных напряжений приведены на рис. 8.

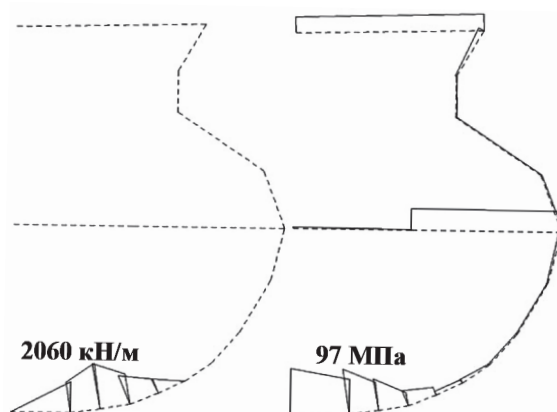


Рис. 8. Эпюра нагрузки в основании форштевня и напряжения

Наибольшие напряжения в опорном сечении у форпиковой переборки составляют 97 МПа, что меньше допускаемых 160 МПа. В итоге прочность форштевня достаточна и не требует усиления.

Усиления корпуса и пятки ахтерштевня. Рекомендованные усиления были реализованы весной 2020 г. во время ремонта судна в Южной Корее. На рис. 9 приведены фотографии фрагментов подкреплений корпуса поперечными балками по днищу, а также пятки ахтерштевня в ее основании. (Фотографии сделаны в Южной Корее сотрудниками компании International Maritime Bureau Co., Ltd по запросу авторов данной публикации и для подтверждения факта усиления судна). Реализация усиления позволила владельцу ходатайствовать в РМРС о присвоении судну символа класса NAABSA1.

а)



б)



Рис. 9. Фрагменты усиления днища (а) и пятки (б) ахтерштевня судна

Символ NAABSA (Not Always Afloat But Safely Aground — не всегда на плаву, но безопасно на грунте) предусматривает частичное или полное осушение подводной части корпуса в местах,

приспособленных к посадке судов на грунт в виде ровных однородных песчано-галечных или песчано-илистых пляжей при отсутствии поступательного движения судна и в закрытых от волнения акваториях, к которым относят также и устья камчатских рек.

Заключение (Conclusion)

В данной работе приведены расчетные обоснования усиления корпуса судна для условий соответствия символу класса РМРС NAABSA1. Показано, что требуется усиление обшивки и балок днища в районе с продольной системой набора, где флоры расположены с интервалами 3–4 шпации, а также основания пятки ахтерштевня. Предложены возможные схемы усиления, реализованные в процессе ремонта 2020 г., которые позволяют ходатайствовать в РМРС о присвоении указанного символа класса. Исследование подобного рода является одним из первых в истории российского флота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулеш В. А. Актуальность и безопасность грузовых операций при посадке судов на грунт / В. А. Кулеш, В. А. Петров // Морские интеллектуальные технологии. — 2015. — № 3-1 (29). — С. 75–80.
2. Мамонтов А. И. Натурный эксперимент: определение давления на корпус судна при контакте с грунтом / А. И. Мамонтов, А. М. Шмелев, А. О. Фролова // Морские интеллектуальные технологии. — 2015. — № 4-2 (30). — С. 8–17.
3. Азовцев А. И. Предложения по развитию требований к судам, эксплуатация которых предусматривает посадку на грунт / А. И. Азовцев, В. И. Евенко, В. А. Кулеш, М. А. Кутейников, А. С. Огай, В. А. Петров // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2016. — № 42-43. — С. 47–58.
4. Кулеш В. А. Нагрузки взаимодействия при ударах корпуса судна о грунт / В. А. Кулеш // Морские интеллектуальные технологии. — 2016. — № 3-1 (33). — С. 75–80.
5. Гирин С. Н. Оценка устойчивости ребер судового корпуса с потерявшей устойчивость / С. Н. Гирин, Т. А. Исаева // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2019. — № S1. — С. 38-43. DOI: 10.24937/2542-2324-2019-1-S-I-38-43.
6. Mano M. Practical design of hull structures / M. Mano, Y. Okumoto, Y. Takeda. — Senpaku Gijutsu Kyokai, 2000. — 535 p.
7. Hansen N. E. O. Soil mechanics of ship beaching / N. E. O. Hansen, B. C. Simonsen, M. J. Sterndorff // Coastal Engineering 1994. — 1995. — Pp. 3030–3044. DOI: 10.1061/9780784400890.2.
8. Pedersen T. P. Absorbed energy in ship collision and grounding - Revising Minorsky's Empirical Method / T. P. Pedersen, S. Zhang // Journal of Ship Research. — 2000. — Vol. 44. — No. 2. — Pp. 140–154.
9. Kendrick A. Ice Interaction scenarios and load modeling approaches (BMT Report 6007A. DFR submitted to ABS) / A. Kendrick, C. Daley. — 2006. — 150 p.
10. Simonsen B. C. Mechanics of Ship Grounding. PhD. thesis, Department of Naval Architecture and Offshore Engineering. — Technical University of Denmark, 1997. — 265 p.
11. Кулеш В. А. Опыт приведения судна к условиям класса NAABSA (посадка на грунт) / В. А. Кулеш, А. И. Азовцев // Морские интеллектуальные технологии. — 2020. — № 1-2 (47). — С. 69–76. DOI: 10.37220/MIT.2020.47.1.080.

REFERENCES

1. Kulesh, V. A., and V. A. Petrov. "Aktualnost i bezopasnost gruzovykh operatsii pri posadke sudov na grunt." *Marine Intelligent Technologies* 3-1(29) (2015): 75–80.
2. Mamontov, A. I., A. M. Shmelev, and A. O. Frolova. "Naturnyi eksperiment opredelenie davleniia na korpus sudna pri kontakte s gruntom." *Marine Intelligent Technologies* 4-2(30) (2015): 8–17.
3. Azovtsev, A. I., V. I. Evenko, V. A. Kulesh, M. A. Kuteinikov, A. S. Ogai, and V. A. Petrov. "Predlozheniia po razvitiu trebovani k sudam ekspluatatsiia kotorykh predusmatrivaet posadku na grunt." *Nauchno-tekhicheskii sbornik Rossiiskogo morskogo registra sudokhodstva* 42-43 (2016): 47–58.
4. Kulesh, V. A. "Nagruzki vzaimodeistviia pri udarakh korpusa sudna o grunt." *Marine Intelligent Technologies* 3-1(33) (2016): 75–80.

5. Girin, S. N., and T. A. Isaeva. "Stability assessment of hull stiffeners with buckled plating." *Transactions of the Krylov State Research Centre S1* (2019): 38–43. DOI: 10.24937/2542-2324-2019-1-S-I-38-43.
6. Mano, M., Y. Okumoto, and Y. Takeda. *Practical design of hull structures*. Senpaku Gijutsu Kyokai, 2000.
7. Hansen, N-E. Ottesen, Bo Cerup Simonsen, and Martin J. Sterndorff. "Soil mechanics of ship beaching." *Coastal Engineering* 1994. 1995. 3030–3044. DOI: 10.1061/9780784400890.2.
8. Pedersen, Preben Terndrup, and Shengming Zhang. "Absorbed energy in ship collision and grounding-Revising Minorsky's Empirical Method." *Journal of Ship Research* 44.2 (2000): 140–154.
9. Kendrick, A., and C. Daley. *Ice Interaction scenarios and load modeling approaches (BMT Report 6007A. DFR submitted to ABS)*. 2006.
10. Simonsen, Bo Cerup. *Mechanics of Ship Grounding*. PhD thesis, Department of Naval Architecture and Offshore Engineering. Technical University of Denmark, 1997.
11. Kulesh, Victor A., and Anatoly I. Azovtsev. "Adaptation experience of ship to the class NAABSA (safely aground)." *Marine Intelligent Technologies* 1-2(47) (2020): 69–76. DOI: 10.37220/MIT.2020.47.1.080.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Герман Андрей Петрович —

доцент

Дальневосточный федеральный университет
690922, Российская Федерация, Владивосток,
о. Русский, п. Аякс, 10
email: german.ap@dvfu.ru

Кулеш Виктор Анатольевич —

доктор технических наук, профессор

Дальневосточный федеральный университет
690922, Российская Федерация, Владивосток,
о. Русский, п. Аякс, 10
email: vkulesh@mail.ru

Фам Чунг Хиеп — аспирант

Научный руководитель:

Кулеш Виктор Анатольевич
Дальневосточный федеральный университет
690922, Российская Федерация, г. Владивосток,
о. Русский, п. Аякс, 10
email: famkhiep07@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

German, Andrey P. —

Associate professor

Far Eastern Federal University
10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok,
690922, Russian Federation
email: german.ap@dvfu.ru

Kulesh, Victor A. —

Dr. of Technical Sciences, professor

Far Eastern Federal University
10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok,
690922, Russian Federation
email: vkulesh@mail.ru

Pham Trung Hiep — Postgraduate

Supervisor:

Kulesh, Victor A.
Far Eastern Federal University
10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok,
690922, Russian Federation
email: famkhiep07@mail.ru

Статья поступила в редакцию 9 сентября 2020 г.

Received: September 9, 2020.