



ПРОЧНОСТЬ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 629.12

ПРОЕКТ ЛОКАЛЬНОЙ ВНЕШНЕЙ КОНСТРУКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ДНИЩА СУДНА ОТ ГРУНТА

В.А. Кулеш, д-р техн. наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет, (ДВФУ), Владивосток, e-mail: vkulesh@mail.ru

М.А. Кутейников, д-р техн. наук, ФАУ «Российский морской регистр судоходства», Санкт Петербург, e-mail: kuteynikov.ma@rs-class.org

О.Э. Суров, канд. тех. наук, профессор, ДВФУ, Владивосток, e-mail: surov.oye@dvfu.ru

Фам Чунг Хиеп, ДВФУ, Владивосток, e-mail: phiepast07@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы проектирования внешней конструктивной защиты от грунта на примере несамоходной наливной баржи. Показана актуальность конструктивной защиты корпусов в условиях контактов с грунтом. Обобщен опыт и повреждения судов при взаимодействии с грунтом. Разработаны схемы локальной внешней конструктивной защиты. Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов при двух расчетных сценариях. Реализация предложенной схемы защиты позволяет снизить уровень повреждаемости корпуса и повысить его долговечность в эксплуатации.

Ключевые слова: баржа, посадка на грунт, внешняя конструктивная защита, прочность, надежность

DESIGN OF LOCAL EXTERNAL STRUCTURAL PROTECTION FROM GROUND FOR VESSEL'S BOTTOM

V.A. Kulesh, DSc, professor, Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok, e-mail: vkulesh@mail.ru

M.A. Kuteynikov, DSc, Russian Maritime Register of Shipping, St. Petersburg, e-mail: kuteynikov.ma@rs-class.org

O.E. Surov, PhD, professor, FEFU, Vladivostok, e-mail: surov.oye@dvfu.ru

Pham Trung Hiep, postgraduate student, FEFU, Vladivostok, e-mail: phiepast07@gmail.com

The article discusses the issues of the design of external structural protection (ESP) from the ground on the example of a non-self-propelled tanker barge. The relevance of constructive protection of hulls under conditions of contact with the ground was shown. The experience and damage of ships during interacting with the ground were generalized. Schemes of local ESP have been developed. Study of the stress-strain state of structures by the finite element method for two design scenarios was performed. The implementation of the proposed protection scheme makes it possible to reduce the level of hull damage and to increase its durability in operation.

Keywords: barge, landing on the ground, external structural protection, strength, reliability

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть прибрежных населенных пунктов Дальневосточного и Северного морских бассейнов России не имеет стационарных причальных сооружений или имеют пристани для малых судов [1]. В настоящее время наметился рост тенденции применения в необорудованных причалах портопунктах, где имеют место значительные перепады уровня моря, обусловленные приливами и отливами, так называемой «сухой разгрузки». Суть этого способа проведения грузовых операций состоит в том, что предназначенное к погрузке или разгрузке судно во время прилива ставится на якорь над ровным участком дна, которое оголяется во время отлива.

Одной из основных технических проблем операции является обеспечение прочности днища судна при посадке на грунт. Морское дно не бывает идеально ровным, а его грунт состоит из фракций разного размера и может включать более или менее крупные камни. Посадка судна с относительно тонкой обшивкой днища и балками набора небольшого сечения приводит к возникновению на выпуклостях дна больших локальных усилий, которые неизбежно ведут к деформациям и даже возможному разрыву обшивки и набора. При последующих циклах систематических посадок на грунт деформации могут появляться в новых местах, повреждения днища накапливаются, прогибы могут прогрессировать и днищевое перекрытие выходит из строя или требует замен. Особую роль в повреждениях днища играют прибрежные волны и качка судов.

Для снижения таких повреждений и их последствий необходимо усиливать наружную обшивку и внутренние конструкции и/или применять конструктивную защиту днища, в том числе размещенную с внешней стороны корпуса [13].

1. ОПЫТ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СУДОВ

Российские гражданские суда для снабжения отдаленных населенных пунктов Дальнего Востока и северных прибрежных районов использовались еще в СССР, и многие из них работают по настоящее время [4]. В их числе можно отметить многочисленные серии самоходных барж типа «Север», «Восток» и «Славянка» (проекты ДНИИМФ), самоходные рейдовые плашкоуты проекта 698, суда проекта 16900 типа «Николай Пермитин» (ЦНИИМФ) и другие [2]. Более современными являются суда проекта 271 (ВладСудоПроект) и проектов DCV (Морское инженерное бюро) [3]. Во всех перечисленных проектах внешняя конструктивная защита (ВКЗ) днища отсутствовала.

а)



б)



Рис. 1 Баржа на грунте (а) [9] и повреждения в носовом районе (б)

Несамоходная наливная баржа проекта 1632 имеет водоизмещение 761 т и размеры: длина расчетная — 47,5 м, ширина — 8,7 м, высота борта — 2,8 м, осадка — 2 м. Судно было построено в 1979 году и предназначено для доставки нефтепродуктов на необорудованный берег с возможностью осушения и проведения грузовых операций на заранее подготовленных участках, что оговорено в проектной документации [7]. В процессе эксплуатации судно осушалось в разных положениях к берегу — носом, лагом, под углом и кормой

(см. рис. 1а) и систематически получало повреждения. В результате баллер, перо руля и пятка ахтерштевня были повреждены и демонтированы. По сведениям судовладельца их восстановление не планируется ввиду значительного возраста (более 43 года) баржи и опыта последних лет эксплуатации с буксировками без руля. При дефектации 2023 года были зафиксированы бухтины и вмятины со стрелками прогибов до 35 — 43 мм в районе перехода киля в форштевень (2 — 6 шп., рис. 1б), а также в разных районах скулы по левому и правому бортам. Все эти повреждения были назначены на ремонт.

Другой пример аналогичной работы — лихтер проекта 1635К. Это несамоходное однострюнное судно водоизмещением 1300 т было предназначено для подъема (спуска) и закрепления на палубах лихтеровоза типа «Юлиус Фучик». Обобщение повреждений и ремонтов корпуса лихтера, который использовался и для грузовых операций на необорудованный берег, показаны на рис. 2а. Здесь видны характерные деформации бортов из-за швартовок на волнении (зеленый цвет), а также последствия многих воздействий грунта на скулы и днище. Видно, что в этих районах есть многочисленные перекрой обшивки (синий цвет) — результаты прошлых ремонтов. Здесь же указаны места новых повреждений и стрелки прогибов [5].

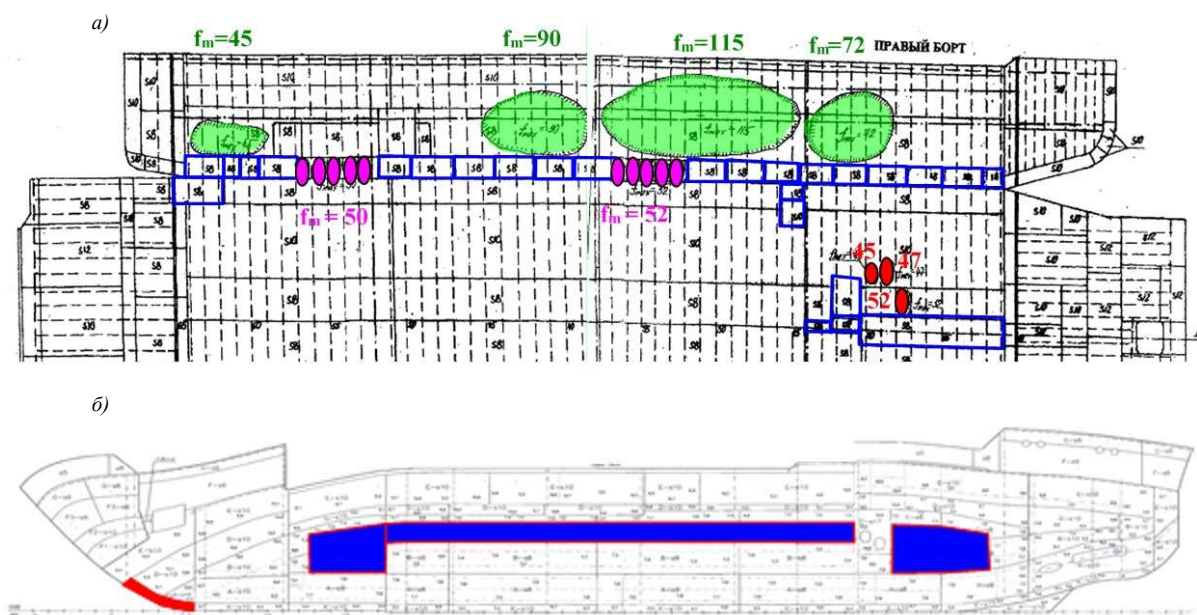


Рис. 2 Растяжки судов с выделенными районами повреждений и замен
а) лихтер проекта 1635К; б) т/х «Провидения»

На рис. 2б также представлен другой случай ремонта (замен обшивки) специализированного судна «Провидения», которое имеет водоизмещение 748 т и систематически используется для проведения грузовых операций на необорудованный берег. Здесь видно, что основная доля замен также приходится на скуловые районы. Все эти замены были произведены из-за деформаций, т.к. износы листов обшивки не превышали допусков Регистра [12].

Приведенные примеры с повреждениями от грунта преимущественно скуловых районов судов показывают их повышенную уязвимость. Причиной полагается порывистая бортовая качка в условиях, когда нос судна уже вошел в контакт с грунтом, а процесс осушения продолжается при наличии волн, движущихся не перпендикулярно к берегу или не вдоль диаметральной плоскости (ДП) судна.

2. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Внешняя конструктивная защита днища специализированных судов от грунта важна, но применяется пока крайне редко, а ее проектирование еще не обеспечено методически. Конструктивные решения по внешней защите днища судов от грунта (кроме брусковых килей на сравнительно малых судах) также немногочисленны.

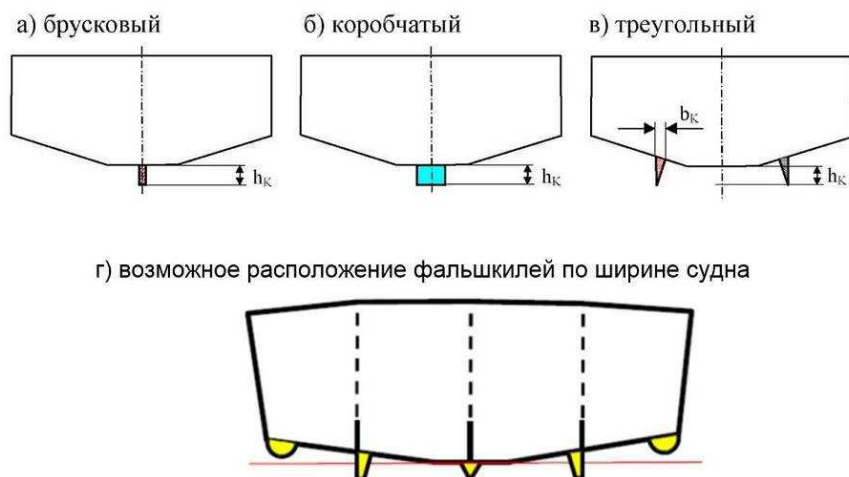


Рис. 3 Рекомендации Правил Регистра по формам и места размещения фальшкилей

Правила Российского морского регистра судоходства (РС) включают разд. 15 части XVII «Дополнительные знаки символа класса и словесные характеристики, определяющие конструктивные или эксплуатационные особенности судна» «Требования к судам, эксплуатация которых предусматривает посадку на грунт (суда NAABSA)», где регламентируются расчетные нагрузки на элементы днищевых конструкций и их размеры [10]. При этом оговорена возможность применения внешней конструктивной защиты в виде фальшкилей (см. рис. 3). Регламентация формы и размеров фальшкилей в вышеупомянутом разделе Правил РС отсутствует, но даны рекомендации:

- при установке фальшкилей они должны располагаться в плоскости продольных переборок или днищевых стрингеров;
- крепление фальшкилей к наружной обшивке следует осуществлять через промежуточный элемент – накладную полосу, привариваемую по периметру к обшивке сплошным угловым швом;
- соединение фальшкилей с промежуточным элементом должно соответствовать требованиям пункта 2.2.5.3 части II «Корпус» [11];
- фальшкили должны оканчиваться на подкрепленных участках обшивки при плавном уменьшении их высоты и ширины у концов.

На рис. 4. показан пример конструктивного решения по проекту ВКЗ, разработанному Дальневосточным научно-исследовательским институтом морского флота, для баржи в 1990 году. Проект был принят к сведению Регистром СССР письмом № 170–64–374 от 08.02.1990 со статусом «опытный» [7]. Проект включал 5 коробчатых фальшкилей в районе 7 — 68 шп. Поперечные сечения фальшкилей трапецевидные и в общем случае включают горизонтальную опорную полосу, одну вертикальную и две наклонные полосы. Поперечные brackets внутри ВКЗ установлены практически на каждом шпангоуте. Данное решение явно не ограничивало бортовую качку судна, его основная идея — сместить контактные усилия с основного корпуса на ВКЗ. Проект увеличивал осадку судна на 0,5 м (на 25 %), а требуемые затраты по весу металла составили более 31 т (13 % от веса порожнем). Данный проект не был реализован.

3. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ПРОЕКТА

Анализ опыта эксплуатации показал, что повреждения судов при осушениях на грунте с качкой наиболее характерны в скуловых районах. Для уменьшения кинематики и динамики качки ее важно ограничить. В роли ограничителей колебаний судна можно применить локальную ВКЗ.

В работах [8, 13] рассмотрены конструктивные схемы защиты в виде фальшкилей разных форм поперечных сечений. Показано, что трапецевидная форма со свесами у опорной полосы является наиболее эффективной. С учетом этого, для баржи были предложены схемы локальной ВКЗ в носовом скуловом районе на 10 — 16 шп. (см. рис. 5а) и в кормовом скуловом районе на 64 — 68 шп. (см. рис. 5б) симметрично по обоим бортам.

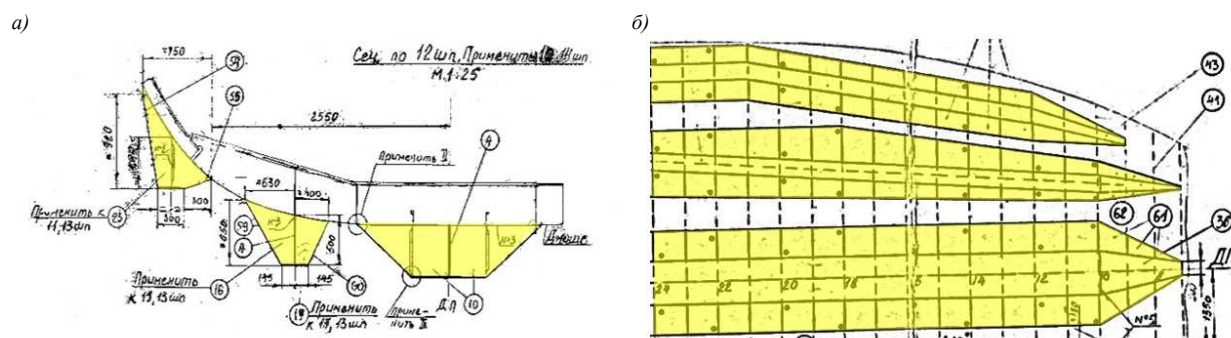
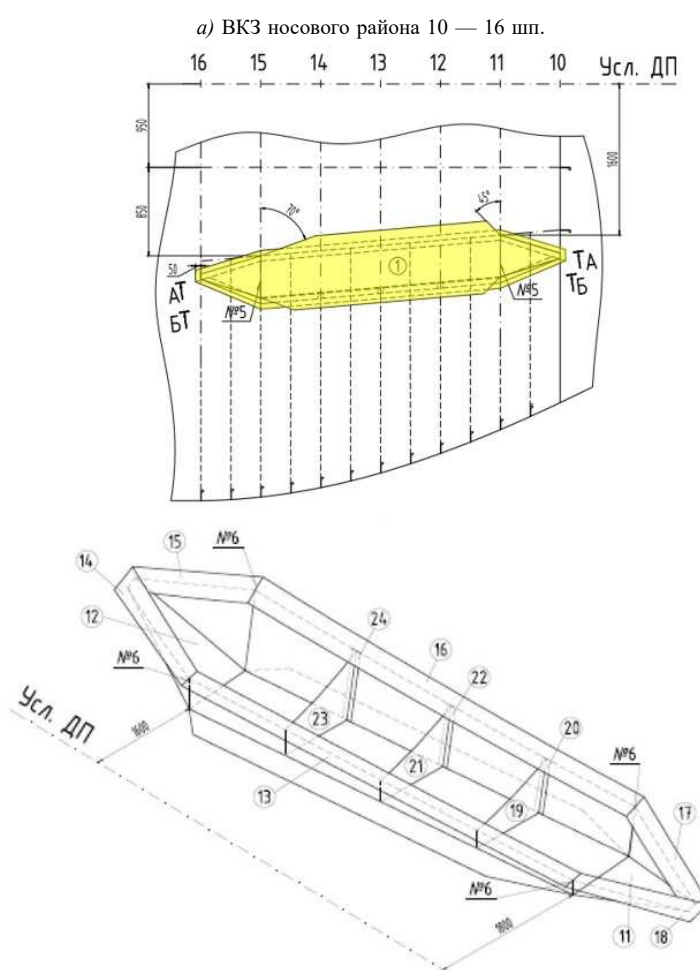


Рис. 4 Фрагменты из проекта ДНИИМФ:
а) — поперечное сечение; б) — вид снизу



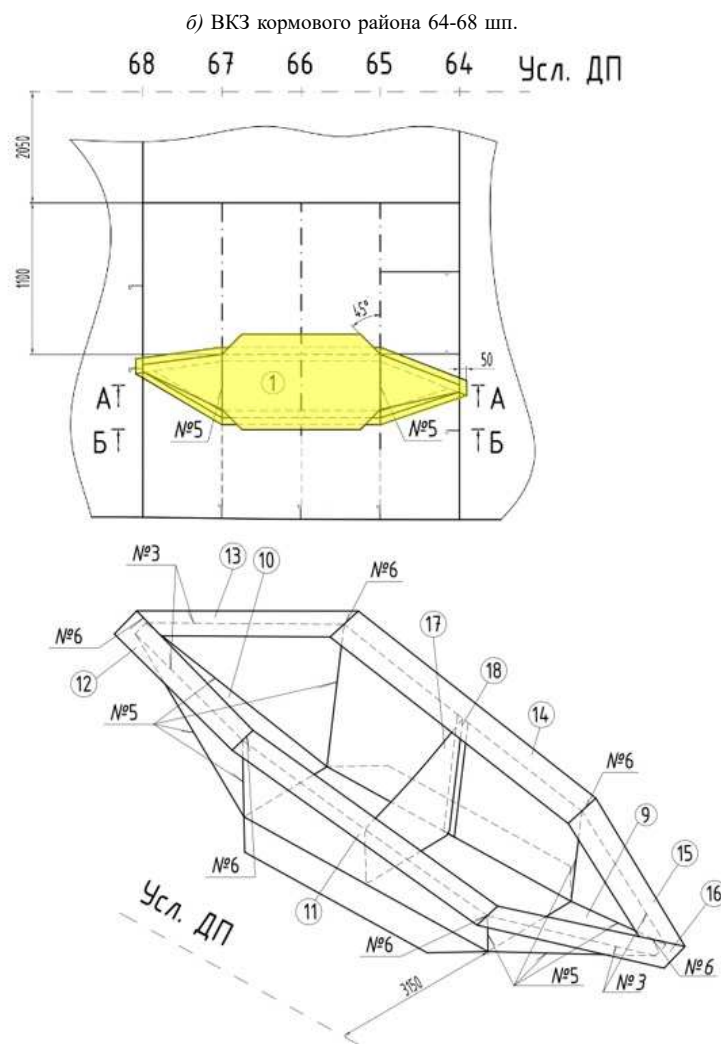


Рис. 5 Локальная ВКЗ носового (а) и кормового (б) районов скул

ВКЗ включает горизонтальную опорную полосу шириной 690 мм, вертикальную и наклонную полосы, соответствующие высотам от основной плоскости до обшивки в местах установки. Поперечные бракетки внутри ВКЗ установлены с интервалами не более двух шпаций. Дополнительные бракетки также были установлены внутри корпуса с целью снижения напряжений от взаимодействия элементов ВКЗ и днищевых связей.

Оба решения (носовой и кормовой ВКЗ) разработаны на единых принципах и включают одинаковые толщины соответствующих элементов и формы поперечных сечений. По оценкам такое решение не увеличивает осадку баржи, а ее вес в 20 раз меньше, чем по проекту ДНИИМФ (см. рис. 4).

4. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ

С учетом опыта эксплуатации полагалось, что баржа при осушениях на грунте может ориентироваться в сторону берега как носом, так и кормой, с возможными отклонениями от перпендикулярного положения. Поэтому нужна ВКЗ не только в носу, но и в корме. При этом учтены два основных сценария:

эксплуатационный, соответствующий условиям знака **NAABSA1** в символе класса, когда осушение и всплытие судна с грузами происходит в условиях отсутствия волнения, то есть практически без качки. Роль ВКЗ здесь невелика, так как эффект достигается за счет дополнительной площади опорной поверхности ВКЗ, составляющей в данном случае лишь 2,4 % от площади горизонтальной поверхности днища. Предвари-

тельная проверка показала, что все связи днища баржи соответствуют дополнительному знаку **NAABSA1** в символе класса;

экстремальный, соответствующий реальным более жестким условиям осушения и всплытия с качкой. Судно находится в состоянии частичной потери водоизмещения, имеет контакт с грунтом в точке первичного касания по ДП и совершает колебания, приводящие к контактам и повреждениям скул. При этом ВКЗ выполняет функции «амортизаторов», ограничивающих амплитуды и динамику взаимодействия с грунтом, защищая скуловые районы от значительных повреждений.

Расчеты напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов ВКЗ и связей днища были выполнены для фрагмента отсека корпуса в программе SolidWorks. Расчетные нагрузки от грунта определены на основе Правил [10]. Их места приложений показаны на рис. 6. При эксплуатационном сценарии давления грунта (55 кПа) передаются на обшивку днища и частично на опорные полосы ВКЗ. При экстремальном сценарии давления существенно больше (217 кПа) и приложены только к опорной полосе ВКЗ по одному из бортов.

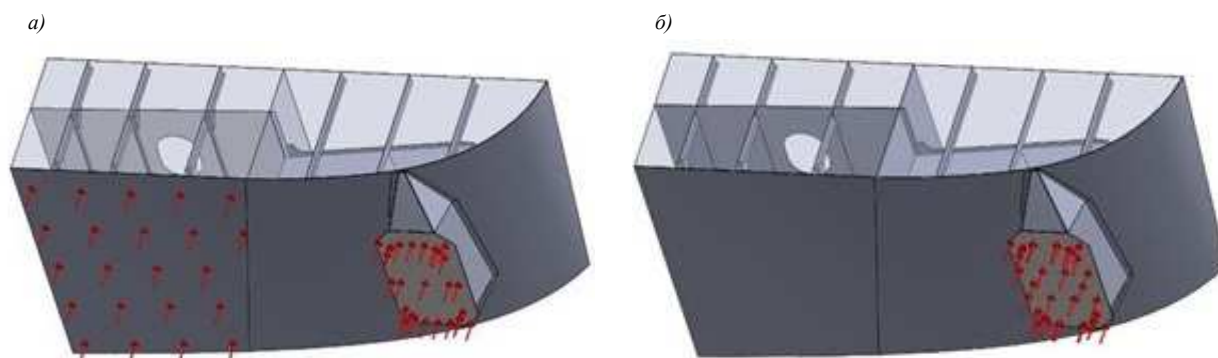


Рис. 6 Распределения давлений грунта при сценариях:
а) — эксплуатационном — 55 кПа; б) — экстремальном — 217 кПа

Результаты расчетов напряжений в конструктивных связях днища и ВКЗ представлены в таблице. Здесь видно, что в обоих сценариях и во всех связях уровень наибольших напряжений удовлетворяет Правилам [10] с существенными запасами. Результаты показывают, что при эксплуатационном сценарии уровень наибольших напряжений 103 МПа относится к продольным днищевым балкам и почти в 5 раз превосходит напряжения в опорной полосе ВКЗ.

Таблица

Наибольшие напряжения в связях днища и ВКЗ (МПа)

№	Конструктивные элементы		Эксплуатационный	Экстремальный
1	Днища	Наружная обшивка	87	38
2		Продольные балки	103	1
3		Флоры (скуловые бракетты)	67	27
4		Стрингер	35	8
5	ВКЗ	Опорный лист	22	89
6		Вертикальный лист	15	57
7		Наклонный лист	15	68
8		Бракета внутри ВКЗ	10	40
9		Бракетты внутри корпуса	7	13
10		Бракета кормовая	15	77
11		Бракета носовая	19	94

При экстремальном сценарии уровень наибольших напряжений достигается в элементах ВКЗ (89 — 94 МПа) и он существенно выше напряжений в связях днища. Приведенные результаты относятся к локальной ВКЗ в кормовом районе. Выше отмечено, что ВКЗ в носовом районе спроектирована на тех же принципах. При этом дополнительно учтены факторы в безопасную сторону:

- толщина обшивки днища и скулы 10 мм (на 25 % больше, чем в корме);
- носовая ВКЗ расположена в районе, усиленном внутри промежуточными шпангоутами, перекрывающими скуловой район;

- площадь опорной полосы носовой ВКЗ в 2 раза больше, чем в корме;
- центр опорной полосы носовой ВКЗ смещен от ДП до 2,0 м, что существенно меньше, чем в корме — до 3,5 м;
- в условиях качки при экстремальных сценариях воздействия грунта на носовую ВКЗ будут существенно меньше, чем на кормовую ВКЗ.

С учетом этого толщины и размеры в сечениях носовой ВКЗ приняты в безопасную сторону такими же, как и для кормовой ВКЗ.

5. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

Представленный выше проект локальной ВКЗ днища судна от грунта был реализован весной 2023 года во время ремонта судна в Приморье. По размерам, указанным на разработанных чертежах ВКЗ, и с учетом ее положения по месту были заготовлены детали и узлы [6]. Конструкции ВКЗ изготавливались и формировались на слипе подетально в 4 местах корпуса — с двух бортов в носовой и в кормовой части. На рис. 7 приведены фотографии реализации проекта носовой (см. рис. 7а) и кормовой ВКЗ (см. рис. 7б) корпуса. Предварительно проект был рассмотрен и одобрен Регистром.

а)



б)

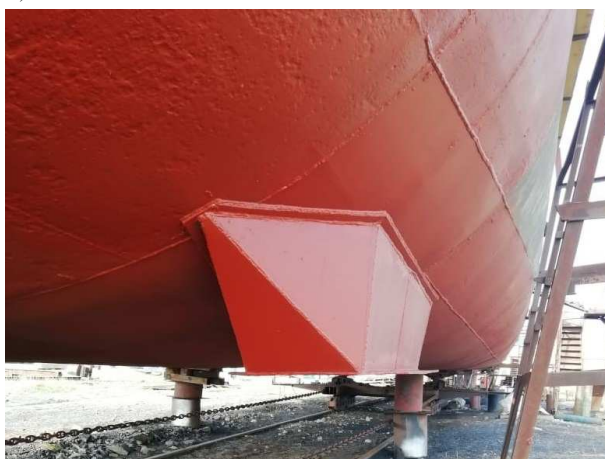


Рис. 7 Локальная ВКЗ 2023 года в носу на 10 — 16 шп. (а) и в корме на 64 — 68 шп. (б)

Данный проект нацелен на ограничение за счет ВКЗ параметров бортовой качки судна в процессе осушения на грунте и всплытия, в результате которого обеспечивается снижение контактных нагрузок на скуловые районы корпуса. Решения проекта практически не требуют увеличения осадки судна, а благодаря локальности ВКЗ обеспечивают небольшие затраты — менее 5 % от первого проекта 1990 года, разработанного для данного судна (см. рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы показана актуальность внешней конструктивной защиты корпусов судов от воздействия грунта при осушениях и всплытиях с качкой. Проведен анализ опыта, повреждений и конструктивных решений по защите судов от грунта. Показано, что в условиях осушений/всплытий с качкой скуловые районы являются наиболее часто повреждаемыми. Поэтому были предложены схемы локальной ВКЗ для повышения надежности в эксплуатации таких судов. Проектные решения были проверены на основе прямых расчетов прочности МКЭ. Результаты показали, что уровень наибольших напряжений в конструктивных связях днища и локальной ВКЗ удовлетворяет требованиям Регистра с запасами. По результатам работы показано, что судну даже без ВКЗ может быть присвоен дополнительный знак **NAABSA1** в символе класса, но при реализации предложенного конструктивного решения с локальной ВКЗ обеспечивается снижение повреждаемости днища и особенно скул в более сложных условиях работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовцев А.И. Разработка нормативно-технических требований Правил РС по обеспечению безопасности специализированных судов при погрузке-выгрузке с использованием принципа осушения / А.И. Азовцев, В.А. Кулеш, А.С. Огай, В.А. Петров и др. // Отчет о научно-исследовательской работе. Этап 2. ООО «МОРКОМТЕХ», Владивосток, 2015, 203 с.
2. Вспомогательные суда морского флота России: Каталог // Министерство транспорта РФ. Служба морского флота. ЦНИИМФ. СПб.: 1998.
3. Егоров Г.В. Суда снабжения проекта DCV47 для Камчатки / Г.В. Егоров, И. Ильницкий, М. Дугужев // Судостроение и судоремонт. 2005. № 48/49, с. 24 — 33.
4. Кулеш В.А. Опыт приведения судна к условиям класса NAABSA (посадка на грунт) / В.А. Кулеш, А.И. Азовцев // Морские интеллектуальные технологии. Научный журнал № 1(47) т. 2, НИЦ «МОРИНТЕХ», СПб, 2020, с. 69 — 76.
5. Кулеш В.А. Расчетное обоснование допускаемых остаточных размеров элементов корпуса лихтера "СДП-ДМ-2059" на класс РС/ В.А. Кулеш, М.В. Скопцов, О.Э. Суров и др. // ООО «Научно-техническая экспертиза и консалтинг», №11–05/04н/СДП, 2011. 47 с.
6. Кулеш В.А., Суров О.Э., Фам Ч.Х. Пояснительная записка к чертежам № 783743-23-06ВКЗ и № 783743-23-06ВКЗ, ООО «МТИТ», Владивосток, 2023, 33 с.
7. Кулеш В.А., Суров О.Э., Фам Ч.Х. Проверка соответствия корпуса несамоходной наливной баржи «МНБ-500-002» символу класса Регистра NAABSA1, ООО «МТИТ», Владивосток, 2023, 88 с.
8. Кулеш В.А., Фам Ч.Х. Конструктивная защита судов от грунта // Труды Крыловского государственного научного центра. Спецвыпуск № 1. 2022, с. 113 — 119.
9. МНБ-500-002. URL: <https://fleetphoto.ru/vessel/44105/> (дата обращения: 15.04.2023).
10. Правила классификации и постройки морских судов. Часть XVII. Дополнительные знаки символа класса и словесные характеристики, определяющие конструктивные или эксплуатационные особенности судна. Российский морской регистр судоходства. СПб., 2020, с. 258 — 269.
11. Правила классификации и постройки морских судов. Часть II. Корпус. СПб, Российский морской регистр судоходства, 2023.
12. Судно «Провидения». URL: <https://www.korabel.ru/fleet/companies/3022.html> (дата обращения: 12.07.2021).
13. Фам Чунг Хиеп Проектирование конструктивных усилений судов для посадки на грунт [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 2.5.18; Волжский гос. ун. вод. транс. — Н. Новгород., 2023. 24 с.

REFERENCES

1. Azovtsev A.I., Kulesh V.A., Ogai A.S., Petrov V.A. and other. *Razrabotka normativnogo-tekhnicheskikh trebovaniy Pravil RS po obespecheniiu bezopasnosti spetsializirovannykh sudov pri pogruzke-vygruzke s ispolzovaniem printsipa osusheniia* [Development of regulatory and technical requirements of the RS Rules for ensuring the safety of specialized ships during loading and unloading using the drainage principle]. Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote, Stage 2, JSC "MORKOMTEKH", Vladivostok, 2015, 203 p.
2. *Vspomogatelnye suda morskogo flota Rossii: Katalog* [Auxiliary ships of the Russian maritime fleet: a Catalog] Ministerstvo transporta Russia. Sluzhba morskogo flota. TSNIIMF. St. Petersburg. 1998.
3. Egorov G.V. Ilitsky I., Duguzhev M. *Suda snabzheniia proekta DCV47 dlia Kamchatki* [Supply vessels of project DCV47 for Kamchatka]. Shipbuilding and ship repair. 2005. Nos. 48/49, pp. 24 — 33.
4. Kulesh V.A., Azovtsev A.I. *Opyt privedeniia sudna k usloviiam klassa NAABSA posadka na grunt* [Adaptation experience of ship to the class NAABSA (safely aground)]. Morskiye intellektualnyye tekhnologii, No. 1(47), Vol. 2, St. Petersburg, 2020, pp. 69 — 76.
5. Kulesh V.A., Skoptsov M.V., Surov O.E. and other. *Raschetnoe obosnovanie dopuskaemykh ostatochnykh razмеров elementov korpusa likhtera "SDP-DM-2059" na klass RS* [Calculation substantiation of the permissible residual dimensions of the lighter hull elements "SDP-DM-2059" for the RS class]. ООО "Nauchno-tekhnicheskaya ekspertiza i konsalting", № 11 05/04n/SDP, 2011, 47 p.
6. Kulesh V.A., Surov O.E., Fam C.H. *Poyasnitel'naya zapiska k chertezham № 783743-23-06 VKZ i № 783743-23-06 VKZ* [Explanatory note to drawings No. 783743-23-06 ESP and No. 783743-23-06 ESP], ООО "MTIT", Vladivostok, 2023, 33 p.
7. Kulesh V.A., Surov O.E., Fam C.H. *Proverka sootvetstviia korpusa nesamokhodnoi nalivnoi barzhi "MNB-500-002" simvolu klassa Registra NAABSA1* [Checking the compliance of the hull of the non-self-propelled tanker barge "MNB-500-002" with the class symbol of the Register NAABSA1], ООО "MTIT", Vladivostok, 2023, 88 p.
8. Kulesh V.A., Fam C.H. *Konstruktivnaya zashchita sudov ot grunta* [Structural protection of ships from the ground]. Proceeding of the Krylovsky State Scientific Center, 2022, Special Edition 1, pp. 113 — 119.
9. MNB-500-002. Available at: <https://fleetphoto.ru/vessel/44105/> (accessed on: 15.04.2023). (In Russian).
10. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships. Part XVII. Distinguishing Marks and Descriptive Notations in the Class Notation Specifying Structural and Operational Particulars of Ships. Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2023, pp. 258 — 269. (In Russian).
11. Rules for Classification and Construction of Sea-Going Ship. Part II. Hull. St. Petersburg, Russian Maritime Register of Shipping, 2023. (In Russian).
12. *Sudno "Provideniya"* [The vessel "Provideniya"]. Available at: <https://www.korabel.ru/fleet/companys/3022.html>. (accessed on: 12.07.2021).
13. Fam Chung Hiep. *Proektirovanie konstruktivnykh usileniy sudov dlia posadki na grunt. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Design of structural reinforcements of vessels for landing on the ground]. Nizhny Novgorod, 2023, 24 p.