

УДК 629.12

Кулеш Виктор Анатольевич¹, д.т.н., профессор

e-mail: vkulesh@mail.ru

Суров Олег Эдуардович¹, к.т.н., профессор

e-mail: surov.oye@dvvfu.ru

Фам Чунг Хиен¹, аспирант

e-mail: phiepast07@gmail.com

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ БАРЖИ ОТ ГРУНТА

Аннотация. При взаимодействии с грунтом корпуса могут получать серьезные повреждения, которые снижают их долговечность и могут потребовать вывода судов из эксплуатации. В данной работе рассмотрены вопросы проектирования внешней конструктивной защиты (ВКЗ) от грунта на примере несамоходной наливной баржи. Разработаны схемы локальной ВКЗ. Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций методом конечных элементов (МКЭ) при двух расчетных сценариях. Реализация предложенной схемы защиты позволяет снизить уровень повреждаемости корпуса и также повысить его долговечность в эксплуатации.

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

Сведения о судне

Несамоходная наливная баржа проекта 1632 (рис.1) имеет водоизмещение 761 тонна и размеры: длина расчётная – 47,5 м, ширина – 8,7 м, высота борта – 2,8 м, осадка – 2 м. Судно построено в 1979 году и предназначено для доставки нефтепродуктов на необорудованный берег с возможностью осушения и проведения грузовых операций на заранее подготовленных участках, что предусмотрено и оговорено в проектной документации.

а)



б)



Рисунок 1 – Баржа на грунте (а) [3] и потеря рулевого устройства (б)

В эксплуатации судно осушалось при разных положениях к берегу - носом, лагом, под углом и кормой (рис. 1а). В результате баллер, перо руля и пятка ахтерштевня были повреждены и демонтированы (рис. 1б). По сведениям судовладельца их восстановление не планируется ввиду значительного возраста (более 43 года) несамоходной баржи и опыта последних лет эксплуатации с буксировками без руля.

Проект ВКЗ ДНИИМФ

Внешняя конструктивная защита днища от грунта актуальна, но применяется редко, а её проектирование методически пока не обеспечено. В Правилах РМРС [5] оговаривается возможность применения ВКЗ в виде фальшкилей. Регламентация формы и размеров фальшкилей в нормативных документах РМРС отсутствует. Практические решения для защиты днища судов от грунта не многочисленны.

На рис. 2. показан пример конструктивного решения по проекту ВКЗ, разработанному ДНИИМФ для баржи в 1990 году. Проект был принят к сведению Регистром СССР письмом № 170–64–374 от 08.02.1990 со статусом – опытный [1]. Проект увеличивал осадку судна на 0,5 м, а требуемые затраты по весу металла составляли более 31 тонны. Данный проект не был реализован.

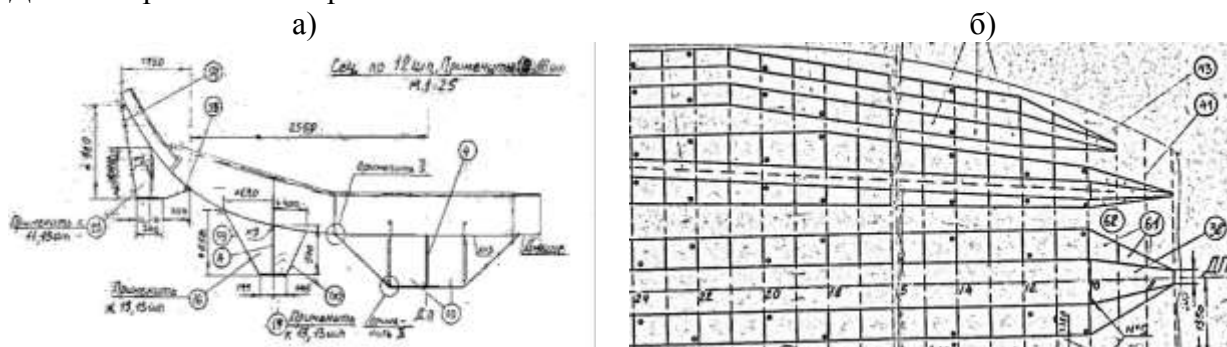


Рисунок 2 – Фрагменты из проекта ДНИИМФ: а – поперечное сечение, б – вид снизу

Разработка локальной ВКЗ

Анализ опыта эксплуатации показал, что повреждения судов на грунте характерны в скуловых районах. Причина в том, что на промежуточных стадиях осушения и всплытия корпус испытывает колебания с креном в условиях прибрежного волнения. В роли ограничителей таких колебаний можно применить локальную ВКЗ.

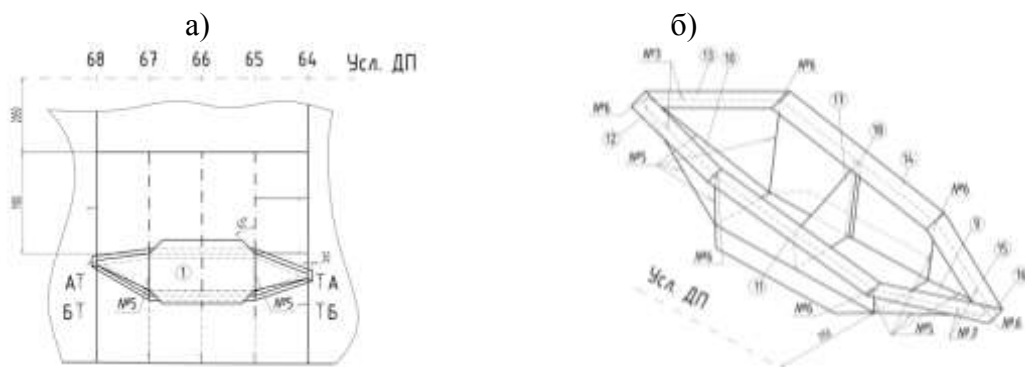


Рисунок 3 – ВКЗ кормового района на 64-68шп.: а – вид снизу и б – трехмерный вид

В работах [2, 4] рассмотрены конструктивные схемы защиты в виде фальшкилей разных форм поперечных сечений. Показано, что трапецевидная форма со свесами является более эффективной. С учетом этого, для баржи предложена схема локальной ВКЗ в носовом скуловом районе на 10–16 шп. и в кормовом скуловом районе на 64–68 шп. (рис. 3) симметрично по обоим бортам. ВКЗ включает горизонтальную опорную полосу шириной 600 мм, вертикальную и наклонную полосы, соответствующие высотам от основной плоскости до обшивки в местах установки.

Поперечные бракеты внутри ВКЗ установлены с интервалами не более двух шпаций. Дополнительные бракеты также 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 ВКЗ. По оценкам такое решение не увеличивает осадку баржи, а её вес в 20 раз меньше, чем по проекту ДНИИМФ.

Проверка прочности МКЭ

Расчеты НДС элементов ВКЗ и связей днища выполнены для фрагмента отсека корпуса МКЭ в программе SolidWorks при двух сценариях:

1. Эксплуатационный – соответствующий условиям NAABSA1, когда осушение и всплытие судна происходит практически без качки. Нагрузка грунта воспринимается ВКЗ частично, а основная доля передается на обшивку днища.

2. Экстремальный – соответствующий более жестким условиям осушения или всплытия судна с качкой.

Расчетные нагрузки определены на основе Правил [5]. Результаты расчетов напряжений в конструктивных связях представлены в табл.1. Здесь видно, что во всех случаях уровень наибольших напряжений в конструктивных связях днища и ВКЗ удовлетворяет требованиям Правил [5] с существенными запасами.

Результаты расчетов показывают, что при эксплуатационном сценарии уровень наибольших напряжений 103 МПа в продольных днищевых балках. При экстремальном сценарии уровень наибольших напряжений в элементах ВКЗ увеличивается до 94 МПа.

Таблица 1

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

Разработанный авторами проект с локальной ВКЗ реализован весной 2023 года во время ремонта судна. На рис. 4 приведены фотографии реализации кормовой (рис.4а) и носовой ВКЗ (рис.4.б) корпуса.

а)

б)



Рисунок 4 – Локальная ВКЗ в корме на 64-68шп. (а) и в носу на 10-16 шп. (б)

Заключение

В результате работы предложены схемы ВКЗ корпуса несамоходной баржи для повышения безопасной эксплуатации судна в условиях осушений на грунте и разработан проект. Проверка проектных решений на основе прямых расчетов прочности МКЭ

показала, что уровень наибольших напряжений в конструктивных связях днища и ВКЗ удовлетворяет требованиям Регистра с запасами. Реализация предложенного конструктивного решения обеспечивает снижение повреждаемости днища и скул.

Список литературы:

1. 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.
2. Кулеш В.А., Фам Ч.Х. Конструктивная защита судов от грунта / В.А. Кулеш, Фам Ч.Х. // Труды Крыловского государственного научного центра. Спецвыпуск №1. 2022. С. 113–119.
3. МНБ-500-002. URL: <https://fleetphoto.ru/vessel/44105/> (Дата обращения 15.04.2023).
4. Патент № 215629 Российская Федерация, МПК МПК В63В 2/24, В63В 3/14. Устройство для защиты днища с продольной системой при его посадке на грунт: № 2022110962; заявл. 22.04.2022; опубл. 21.12.2022 / Кулеш В.А., Суров О.Э., Фам Ч.Х.; заявитель ДВФУ. 2с.
5. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. Ч. 17, раздел 15. Требование к судам, эксплуатация которых предусматривает посадку на грунт (суда NAABSA). СПб., 2020. С. 258–269.

EXPERIENCE OF DESIGNING EXTERNAL STRUCTURAL PROTECTION FROM GROUND ON THE EXAMPLE OF A SMALL LOADING BARGE

Victor A. Kulesh, Oleg E. Surov, Pham Trung Hiep

Abstract. The ship hulls can receive serious damage during the interaction with the ground, as a result their durability is reduced and may require the decommissioning of ships. This paper deals with the issues of designing external structural protection (ESP) from ground using the example of a non-self-propelled tanker barge. Schemes of local ESP have been developed. Calculating the stress-strain state of structures by the finite element method (FEM) was performed for two design scenarios. The implementation of the proposed protection scheme makes it possible to reduce the level of damage to the hull and increase its durability in operation.

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

