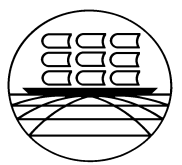


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**



А. Л. Петров, Л. С. Баева, Н. Е. Петрова, Ж. В. Кумова

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ  
СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Методические указания к лабораторным занятиям*

*«Оценка технического состояния корпуса судна»*

*для направления подготовки 26.03.02*

*«Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»  
всех форм обучения*

Мурманск  
2018

Настоящие указания по определению типа остаточных деформаций судовых корпусных конструкций распространяются на корпуса, надстройки и рубки судов из сталей и на надстройки и рубки из алюминиевых сплавов. Применяются для судов, назначение, размеры и конструкция которых не являются предметом специального рассмотрения Российского морского регистра судоходства.

## **Введение**

Техническое состояние корпуса - это совокупность параметров, определяющих прочность, жесткость, непроницаемость корпуса и изменяющихся вследствие возникновения и развития дефектов в процессе эксплуатации судна.

Продолжительность службы корпуса судна и его исправное техническое состояние зависят от условий эксплуатации, качества обслуживания и ремонта. В процессе эксплуатации необходимо принимать меры к устранению дефектов, не допуская износа и повреждений судовых конструкций.

Техническое состояние конструкций, которому они должны удовлетворять в процессе эксплуатации, устанавливается по рабочим чертежам и техническим условиям. Отклонение технического состояния изделий, конструкций от технических условий применительно к корпусу судна рассматривается как дефект.

Повреждения судовых конструкций возникают в результате тяжелых условий эксплуатации, аварий, стихийных бедствий, усталости металла, а также нарушения правил технической эксплуатации судна и допущенных во время строительства или ремонта корпуса судна отступлений от рабочих чертежей и нарушений технических условий выполнения работ.

В методических указаниях регламентируются следующие виды остаточных деформаций: бухтины, гофрировки, вмятины, выпучины.

## **Определения**

Балка набора — балка основного или рамного набора.

Группа связей — совокупность элементов корпуса, выполняющих одинаковые функции и находящихся в равных условиях с другими элементами группы (например, листы палубы, листы днища со скулой, наружная обшивка борта, продольные переборки, продольные подпалубные балки одинакового профиля и т. п.), элементы набора корпуса могут объединяться в группы независимо от листовых элементов либо включаться в соответствующие группы совместно с листовыми связями.

Дефект — изменение толщины элемента (износ), искажение формы (остаточная деформация), потеря целостности (трещина, разрыв) корпусной конструкции вследствие изнашивания, повреждения, или нарушения технологии корпусных работ.

Дефектация — выявление и количественная оценка имеющихся дефектов корпуса или его элементов, включая инструментальное определение и регистрацию параметров дефектов.

Деформация остаточная — изменение первоначальной формы корпуса или его элемента, сохраняющееся после снятия приведших к ее появлению нагрузок.

Лист — ограниченный сварными швами элемент обшивки или настила.

Листы однородные — листы обшивки или настилов, относящиеся к одной из следующих групп: настил палуб между бортом и линией больших вырезов; настил второго дна; обшивка днища, включая скулу; обшивка наружного борта; обшивка внутреннего борта; обшивка продольных переборок; непрерывные продольные комингсы в средней части судна и т.п.

Оконечности — части длины судна, расположенные за пределами средней части длины судна.

Повреждение — дефект, параметры которого не удовлетворяют нормативам.

Подкрепление местное — ребро жесткости, кница, brackets, обеспечивающие прочность, жесткость, устойчивость ячейки листа или стенки рамной балки, а также стойка в двойном дне, двойном борте, цистерне и т. п.

Разрыв — нарушение целостности элемента корпуса судна вследствие внешнего воздействия и истощения запаса пластичности материала.

Район усиления — район корпуса судна, в котором правилами постройки регламентируются дополнительные усиления конструкций, например, ледовые усиления.

Средняя часть — участок длины судна, равный 0,4L (по 0,2L в нос и корму от миделя), если нет особых указаний.

Средство измерения — техническое средство, предназначенное для замера параметров дефектов и имеющее нормированные метрологические свойства.

Сталь повышенной прочности — сталь с пределом текучести более 235 МПа.

Стрелка прогиба — расстояние между точкой на поверхности деформированного элемента и той же точкой на поверхности того же условно недеформированного элемента.

Толщина средняя остаточная — толщина, определенная как средняя на основании ряда замеров фактической остаточной толщины элемента.

Толщина построечная — толщина, указанная в отчетных чертежах корпуса судна.

Толщина требуемая — толщина, требуемая правилами постройки.

Трещина — нарушение целостности элемента корпуса, проявившееся вследствие усталости материала или хрупкого разрушения.

Элемент корпуса — лист, балка набора, стенка и поясок балки набора, сварной шов, заклепочное соединение, соединительный элемент, местное подкрепление.

Элемент соединительный — кница, бракета, заделка, накладная планка и т. п., обеспечивающие соединение балок набора в корпусе.

Ячейка листа — участок листа, ограниченный смежными балками набора, или стенками судовых конструкций.

### Обследование конструкций

Состояние конструкций корпуса с деформациями характеризуется максимальными стрелками прогибов и размерами деформированных участков конструкции в плане.

Вид деформации элементов корпуса устанавливается визуально при освидетельствовании судна, исходя из опыта технического наблюдения. В отдельных случаях для установления вида деформации могут потребоваться дополнительные замеры стрелок прогиба подкрепляющих балок набора.

Измерение параметров деформаций производится по отношению к первоначальной недеформированной поверхности стандартными измерительными устройствами: линейкой, штангенциркулем с глубиномером, индикатором часового типа и т.п. Точность измерения размеров деформированных участков конструкции в плане должна быть не менее 100 мм, максимальных стрелок прогиба — не менее 1 мм, стрелок прогиба на базе 300 мм — не менее 0,1 мм.

Результаты измерений должны быть оформлены в виде таблиц, а также чертежей растяжки наружной обшивки, планов палуб, второго дна, переборок с указанием вида деформации, замеров стрелок прогиба и других нормируемых параметров деформаций элементов корпуса.

Обследование элементов корпуса с деформациями выполняется с учетом особенностей эксплуатации конструкций и опыта технического наблюдения.

### Бухтины

Бухтина — это остаточная деформация участка обшивки или настила между смежными недеформированными балками набора (рис. 1).

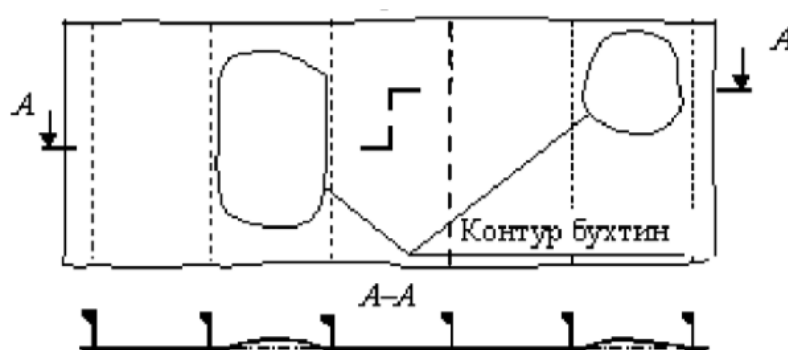


Рис. 1. Бухтина.

Максимальная стрелка прогиба бухтины  $f$ , мм, измеряется относительно балок набора. Схема выполнения замеров  $f$  приведена на рис. 2. Минимальный размер бухтины в плане  $b$ , мм, измеряется в месте максимального прогиба. Схема выполнения замеров  $b$  приведена на рис. 2.

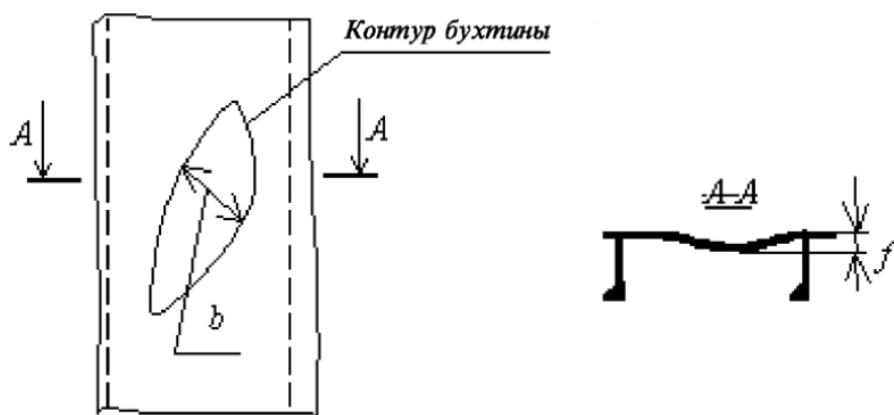


Рис. 2. Схема выполнения замеров бухтины.

### Гофрировка

Гофрировка — остаточные деформации двух и более смежных участков обшивки или настила между балками набора (рис. 3).

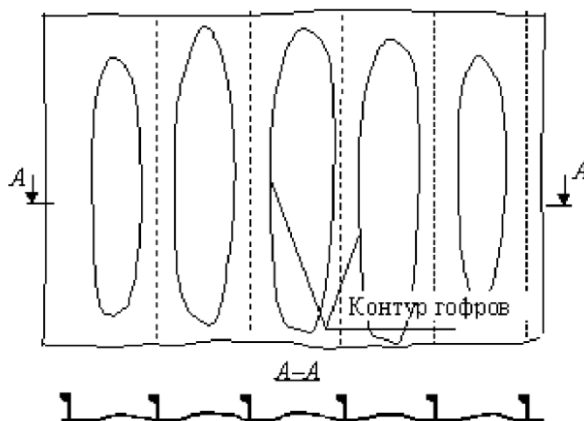


Рис. 3. Гофрировка.

Максимальная стрелка прогиба гофра  $f$ , мм, измеряется относительно балок набора. Схема выполнения замеров  $f$  приведена на рис. 4.

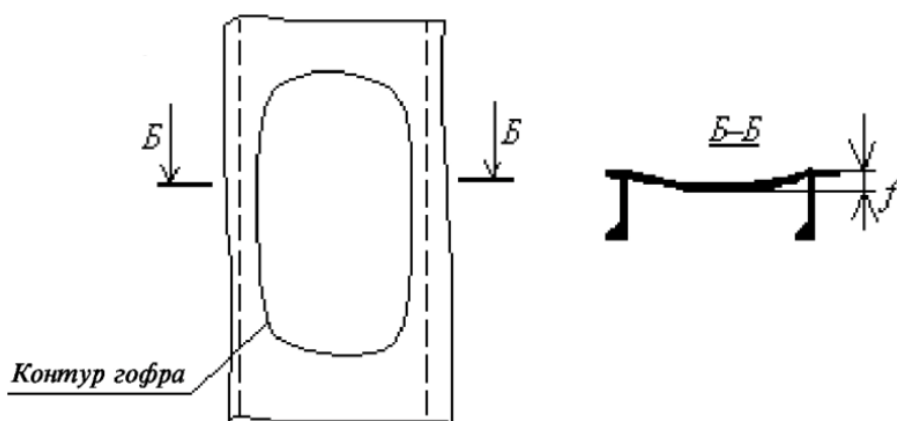


Рис. 4. Схема выполнения замеров гофр.

### Вмятины

Вмятина — это остаточная деформация участка обшивки или настила совместно с балками набора (рис. 5).

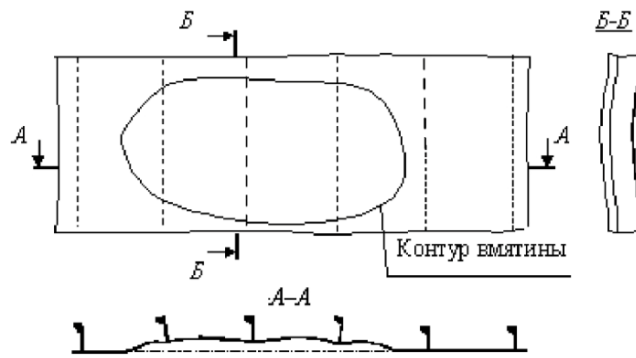


Рис. 5. Вмятина.

В конструкции с вмятиной, у которой деформировано подряд до 10 балок основного набора, измерения должны выполняться на каждой балке, при деформированных от 10 до 15 балок измерения допускается выполнять через одну балку, при деформированных 15 и более балок — через две балки, включая балку с наибольшей стрелкой прогиба  $f$ .

Максимальная стрелка прогиба  $f$ , мм, и длина  $l$ , мм, деформированного участка балки набора измеряются в ее плоскости. Схемы выполнения замеров  $f$  и  $l$  приведены на рис. 6.

Отклонение стенки балки набора  $d$ , мм от первоначального положения измеряется на уровне свободного пояска в месте, где это отклонение максимально. Схема выполнения замера  $d$  приведена на рис. 6.

Высота балки набора  $h$ , мм, определяется по конструктивному чертежу или измеряется в конструкции.

Отстояние сечения балки набора  $c$ , мм, с максимальной стрелкой прогиба от ее ближайшей недеформированной опоры измеряется в ее плоскости. При измерении величины  $c$  опорами для балки основного набора являются перпендикулярно расположенные балки рамного набора, палубы, платформы, переборки и т.п. Схема выполнения замеров  $c$  приведена на рис. 6.

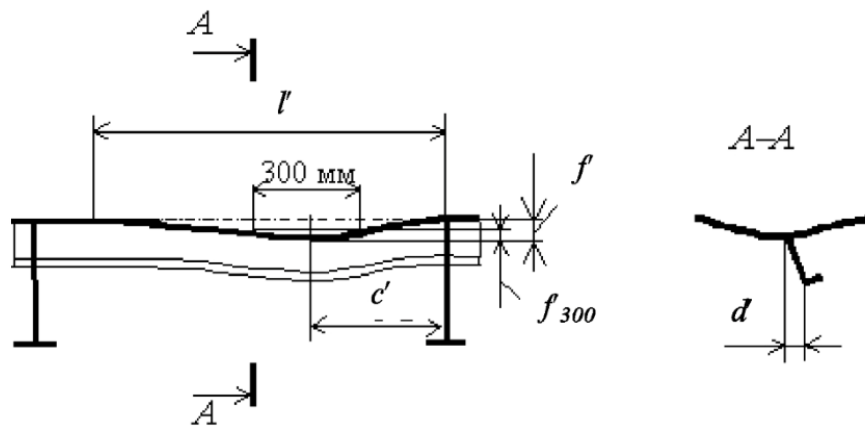


Рис. 6. Схема выполнения замеров вмятины.

### Выпучины

Выпучина — это остаточная деформация стенки балки набора или участка подкрепляющего листового элемента в районе вмятины (рис. 7).

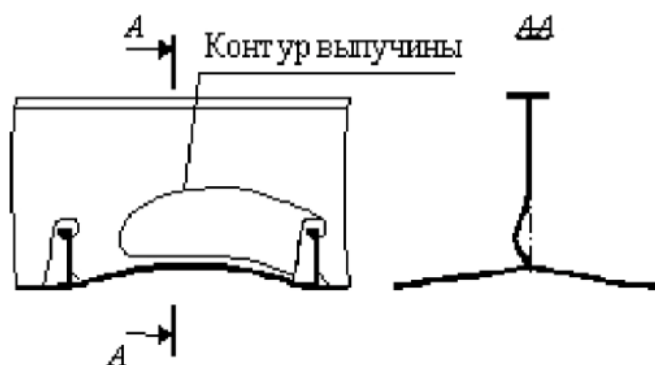


Рис. 7. Выпучина.

Стрелка прогиба балки набора измеряется в районе максимальной стрелки прогиба  $f$ . Рекомендации по измерению. Схема выполнения замеров выпучины показана на рис. 8.

Максимальная стрелка прогиба  $f$ , мм, и длина деформированного участка  $l$ , мм, стенки балки набора листового элемента измеряются в их плоскости. Схемы выполнения замеров  $f$  и  $l$  приведены на рис. 8.

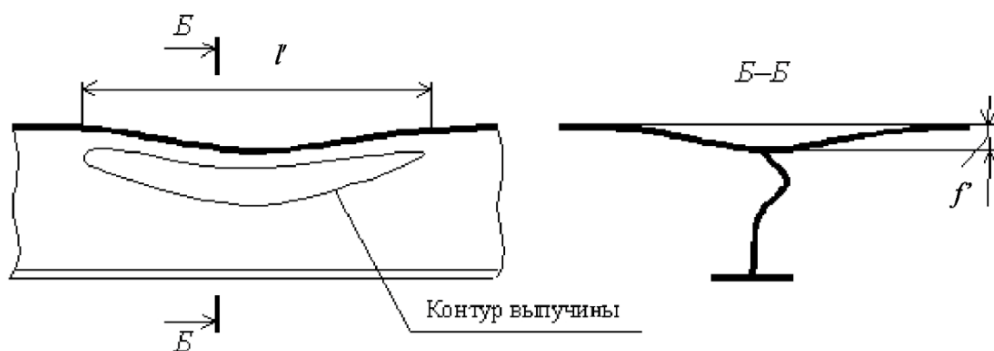


Рис. 8. Схема выполнения замеров выпучин.

### Заключение

Правильное определение типа остаточных деформаций судовых корпусных конструкций на соответствие их технического состояния позволяет планировать необходимый объём ремонта.

На основе анализа деформаций возможно не только оценивать, но и прогнозировать техническое состояние элементов корпуса судна, что позволяет разработать мероприятия по повышению их долговечности, обосновать межремонтные периоды, сформулировать требования по надёжности применительно к заданным условиям эксплуатации.

Применение изложенных рекомендаций для оценки технического состояния элементов корпусных конструкций судна дает возможность обеспечить минимальные затраты на его техническое обслуживание и ремонт при соблюдении всех нормативных требований.

### Библиографический список

1. Правила классификационных освидетельствований судов в эксплуатации. URL: <http://www.rs-class.org> (дата обращения: 02.03.2018).

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Кафедра Технологии  
металлов и судоремонта

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ОСТАТОЧНЫХ  
ДЕФОРМАЦИЙ СУДОВЫХ  
КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Методические указания к лабораторным занятиям  
«Оценка технического состояния корпуса судна»  
для направления подготовки 26.03.02  
«Кораблестроение, океанотехника и  
системотехника объектов морской  
инфраструктуры» всех форм обучения

Мурманск  
2018

Составитель – Петров Артем  
Леонидович, аспирант; Баева Людмила  
Сандуовна, канд. техн. наук, доцент;  
Петрова Наталья Евгеньевна, канд. техн.  
наук, доцент; Кумова Жанна Викторовна,  
научный сотрудник кафедры технологии  
металлов и судоремонта

Методические указания рассмотрены и  
одобрены кафедрой технологии металлов и  
судоремонта 21 февраля 2018 г., протокол  
№ 06/18

Рецензент – Ефремов Леонид  
Владимирович, д-р техн. наук, профессор  
кафедры технологии металлов и  
судоремонта Мурманского  
государственного технического  
университета

*Электронное издание подготовлено в  
авторской редакции*

Мурманский государственный технический университет

183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13

тел. (8152) 25-40-72

Уч.-изд. л. 4.0 Заказ 2450

© Мурманский государственный  
технический университет, 2018