

РУКОВОДСТВО

ПО ОЦЕНКЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА
КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

НД № 2-030101-045



Санкт-Петербург
2021

РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Руководство по оценке напряженно-деформированного состояния судовых корпусных конструкций на основе метода конечных элементов Российского морского регистра судоходства утверждено в соответствии с действующим положением и вступает в силу 1 мая 2021 года.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ¹

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

Изменяемые пункты/главы/разделы	Информация по изменениям	№ и дата циркулярного письма, которым внесены изменения	Дата вступления в силу
Пункт 1.1.1	Уточнено определение стержневого анализа	314-45-1692ц от 31.01.2022	01.03.2022
Пункт 1.2.2	Уточнена область распространения Руководства	314-45-1692ц от 31.01.2022	01.03.2022
Пункт 2.1.3	Уточнено определение линии расположения конечных элементов	314-45-1692ц от 31.01.2022	01.03.2022
Пункт 2.1.4	Уточнено определение линии расположения конечных элементов	314-45-1692ц от 31.01.2022	01.03.2022
Пункт 2.1.6	Обобщены требования к размерам модели	314-45-1692ц от 31.01.2022	01.03.2022

¹ Изменения и дополнения, внесенные при переиздании или путем выпуска новых версий на основании циркулярных писем или изменений редакционного характера.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Определения, относящиеся к общей терминологии правил и руководств Российского морского регистра судоходства, приведены в части I «Классификация» Правил классификации и постройки морских судов¹.

В целях использования настоящего Руководства применяются следующие определения и сокращения.

1.1.1 Определения.

Балочные конечные элементы — элементы постоянного сечения, работающие как на растяжение-сжатие, так и на изгиб.

Конечный элемент — малая подобласть, представляющая часть геометрической модели при идеализации и обладающая конечным числом степеней свободы, в пределах которой искомая функция, описывающая поведение реальной конструкции, аппроксимируется с помощью более простой функции, равной нулю вне области конечного элемента.

Конечно-элементная модель, модель — идеализированная конечными элементами расчетная модель, созданная на основании исходной геометрической конфигурации конструкции.

Конечно-элементная сетка, сетка — совокупность конечных элементов, составляющих конечно-элементную модель.

Конечно-элементный расчет, расчет — расчет, выполненный методом конечных элементов.

Стержневой анализ — расчет отдельного перекрытия методом конечных элементов в балочной или балочно-стержневой постановке в соответствии с [разд. 2](#).

Стержневые конечные элементы — элементы постоянного сечения, работающие только на продольное нагружение.

1.1.2 Сокращения.

КЭ — конечный элемент.

¹ В дальнейшем – Правила РС.

1.2 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.2.1 Настоящее Руководство описывает минимальные требования, предъявляемые к выполнению стержневого анализа.

1.2.2 Требования настоящего Руководства распространяются на перекрытия, указанные в следующих пунктах части II «Корпус» Правил РС:

перекрытие одинарного дна — 2.3.4.2.5;

бортовое перекрытие — 2.5.4.4;

палубное перекрытие — 2.6.4.4 (за исключением случаев, указанных в 2.6.4.5 — 2.6.4.8);

переборка с рамными стойками и горизонтальными рамами — 2.7.4.3.2;

днищевое перекрытие — 3.3.4.1.1;

коффердамная переборка с диафрагмами и платформами — 3.3.4.9.4.

2 СТЕРЖНЕВОЙ АНАЛИЗ

2.1 СТЕРЖНЕВАЯ ИДЕАЛИЗАЦИЯ

2.1.1 Все конструктивные элементы перекрытия должны моделироваться конечными элементами, работающими на изгиб, сдвиг и продольное нагружение. Допускается использование стержневых конечных элементов в местах, где их применение конструктивно обосновано.

2.1.2 Принимаемые при расчете толщины конструктивных элементов корпуса не должны включать запас на износ.

2.1.3 В качестве линии расположения конечных элементов для конструктивного элемента без присоединенного пояска принимается линия, проходящая через центры тяжести поперечных сечений этого конструктивного элемента.

2.1.4 В качестве линии расположения конечных элементов для балки с присоединенным пояском принимается линия пересечения стенки балки и присоединенного пояска.

2.1.5 Балки с переменным поперечным сечением или криволинейные балки могут быть представлены последовательно соединенными прямыми балочными КЭ. При моделировании балки переменного поперечного сечения количество КЭ определяется диапазоном изменения характеристик поперечного сечения и его влиянием на общее поведение модели. При моделировании криволинейной балки длины прямых КЭ должны быть выбраны таким образом, чтобы полученная геометрия была максимально приближена к исходной.

2.1.6 Размеры модели должны соответствовать размерам рассматриваемого перекрытия и всех его составляющих.

2.1.7 При моделировании конструктивных элементов перекрытия, опорные сечения которых подкреплены кницами, участки балки в местах установки книц моделируются с помощью абсолютно жестких элементов. Длина абсолютно жесткого участка определяется исходя из требований 1.6.3.1 части II «Корпус» Правил РС.

2.1.8 Эффективная ширина присоединенного пояска балок набора рассчитывается в соответствии с 1.6.3.2 — 1.6.3.7 части II «Корпус» Правил РС.

2.1.9 Для пластин с основным набором, параллельным рамному набору ([рис. 2.1.9](#)), эквивалентная эффективная толщина присоединенного пояска s может быть рассчитана по формуле

$$s = s_0 + \sum_{i=1}^k A_i / b_{\text{пн}}, \quad (2.1.9)$$

где s_0 — толщина пластины;

A_i — площадь поперечного сечения балки основного набора;

k — количество балок основного набора, расположенных на присоединенном пояске;

$b_{\text{пн}}$ — ширина присоединенного пояска.

2.1.10 Сдвиговая жесткость рамных балок определяется с учетом вырезов при их наличии на соответствующих участках.

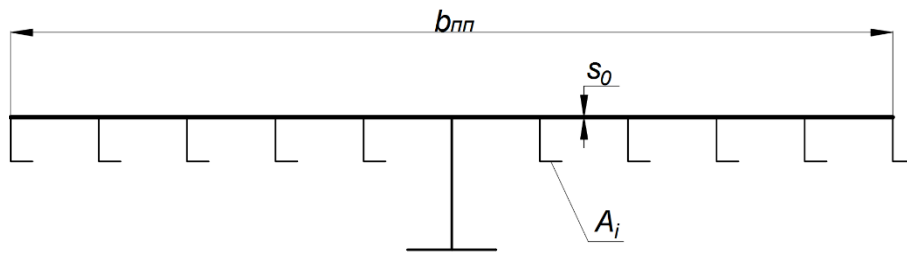


Рис. 2.1.9

2.2 НАГРУЗКА

2.2.1 Расчетные нагрузки для каждой модели определяются согласно соответствующим пунктам части II «Корпус» Правил РС.

2.2.2 Специфические нагрузки (нагрузки от штучного груза, колесной техники и т.п.), при наличии таковых, должны быть учтены и приложены к модели в соответствии с характером их распределения и расположения.

2.2.3 Распределенные нагрузки прикладываются по линиям расположения конечных элементов.

2.3 ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

2.3.1 Граничные условия определяются исходя из общеинженерных принципов с учетом реальной конструкции.

2.4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

2.4.1 На основании расчета значения коэффициентов m и n определяются по следующим формулам:

$$m = \frac{Ql}{M}; \quad (2.4.1-1)$$

$$n = \frac{N}{Q}, \quad (2.4.1-2)$$

где $Q = pal$ — поперечная нагрузка на рассматриваемую балку, кН;
 p — расчетная нагрузка (см. 2.2), кПа;
 a — расстояние, м, между рассматриваемыми балками основного или рамного набора, продольного или поперечного; при расположении балок на разных расстояниях под a понимается полусумма отстояний соседних балок от рассматриваемой балки;
 l — пролет рассматриваемой балки, м, определяется согласно 1.6.3.1 части II «Корпус» Правил РС;
 M — значение внутреннего изгибающего момента в рассматриваемом сечении, кН·м, полученное в результате расчета;
 N — значение внутренней перерезывающей силы в рассматриваемом сечении, кН, полученное в результате расчета.

2.4.2 Полученные значения m и n могут быть использованы для расчета требуемых геометрических характеристик поперечного сечения без учета запаса на износ. Расчет требуемых геометрических характеристик осуществляется согласно 1.6.4.1 — 1.6.4.3 части II «Корпус» Правил РС.

Российский морской регистр судоходства

**Руководство по оценке напряженно-деформированного состояния
судовых корпусных конструкций на основе метода конечных элементов**

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8
www.rs-class.org/ru/