

Методика снижения нагрузки на опорные устройства при доковании крупнотоннажных судов в условиях «АО «ПО «Севмаш»

Ванторин Иван Дмитриевич, студент

Черенков Николай Иванович Кандидат технических наук, доцент, научный руководитель Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (г. Северодвинск).

Постановка крупных судов в док является, как правило, уникальной морской операцией. В том числе и для АО «ПО «Севмаш». Сложности представляют ограниченная несущая способность основания дока, элементов стапеля и ограниченная длина докового опорного устройства (ДОУ).

Например, при доковании авиванесущего крейсера «Адмирал Горшков» имели место носовой и кормовой свесы судна с ДОУ, в результате в районе свесов нагрузки на элементы ДОУ, основание дока и корпус судна достигали предельных значений.

Одним из способов снижения нагрузок на крайние опоры является использование упругих опор в составе ДОУ, позволяющих распределить нагрузки в носу и корме на несколько опор, тем самым снизив их до приемлемых значений. Однако изготовление упругих опор не всегда возможно и экономически целесообразно.

Другим способом снижения нагрузок на опоры является использование упругости непосредственно корпуса судна. При таком способе ряд опор ДОУ в носу и корме имеет зазоры между килем и верхней плоскостью опоры. При наличии зазора только на крайней опоре корпус судна получает упругий пере-

гиб и опирается на нее в уже деформированном состоянии, при этом нагрузка распределяется уже между крайней и последующей опорой. При введении большего количества опор с зазорами нагрузка будет распределяться между большим количеством опор.

При использовании для снижения нагрузок на опоры ДОУ упругости корпуса судна основной проблемой является определение необходимых зазоров на стадии проектирования ДОУ.

Предлагается методика расчета требуемых зазоров между корпусом корабля и опорой ДОУ. Методика предполагает применение конечно-элементной модели эквивалентного бруса на упругих опорах, имитирующего корпус судна, установленный на опоры ДОУ. При необходимости конечно-элементная модель может учитывать упругость основания дока.

Основные этапы расчета следующие:

Предварительно определяются нагрузки на опоры ДОУ (реакции опор ДОУ) без наличия зазоров между опорной поверхностью кормовых опор и корпусом судна. Расчетные значения фиксируются по форме таблицы 1.

Таблица 1 – Нагрузки на опоры ДОУ при отсутствии зазоров

№ опоры ДОУ	1	$i-1$	i	$i+1$	n
Нагрузка, т	R_1	R_{i-1}	R_i	R_{i+1}	R_n

По результатам предварительного расчета оценивается, насколько нагрузка на крайние опоры превышает допустимые значения, и какой запас по несущей способности имеют соседние опоры. На основании этого выбирается количество опор, n , на которые будет распределена недопустимая нагрузка и которые должны быть одинаково нагружены, нагрузка на опору составит:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (1)$$

Таблица 2 – Значения перемещений

№ опоры ДОУ	1	$i-1$	i	$i+1$	n
Перемещение сечения корпуса судна	Δ_1	Δ_{i-1}	Δ_i	Δ_{i+1}	Δ_n
Перемещение опоры ДОУ	f_1	f_{i-1}	f_i	f_{i+1}	f_n
Перемещение основания ДОУ	h_1	h_{i-1}	h_i	h_{i+1}	h_n

Таблица 3 – Значения зазоров

№ опоры ДОУ	1	$i-1$	i	$i+1$	n
Перемещение сечения корпуса судна	y_1	y_{i-1}	y_i	y_{i+1}	y_n

Данная сила не должна быть более допустимой нагрузки для элементов ДООУ или корпуса судна. В случае если сила R_0 превышает допустимые значения, число опор, n , увеличивается.

Далее выполняется пересчет конечно-элементной модели. При этом, в рассматриваемой модели упругие опоры отбрасываются и вместо них прикладываются усилия R_0 . Выполняется расчет перемещений, Δ_i , в точках приложения сил R_0 , значения перемещений фиксируются в таблице 2.

Отдельно (с использованием отдельной модели или аналитически) определяются перемещения (прогибы) элементов ДООУ, f_i , и, основания дока, h_i , под действием усилия R_0 . Данные значения также фиксируются в таблице 2.

Искомый зазор между поверхностью ДООУ и корпусом судна будет равен:

$$y_i = \Delta_i - f_i - h_i, (2)$$

Значения зазоров подставляют с учетом и знаков. Расчетные значения зазоров округляются до целых и

фиксируются по форме таблицы 3. Эти зазоры обеспечиваются при монтаже ДООУ.

В заключение проводится третий расчет конечно-элементной модели эквивалентного бруса на упругих опорах с учетом рассчитанных зазоров. Расчетные значения реакций опор ДООУ в оконечностях должны быть близки к значению усилия R_0 .

Приведенная методика в настоящее время тестируется при проектировании ДООУ для судна доковым весом 40000 т, длиной 304 м при длине килевой дорожки ДООУ 197 м и допускаемой нагрузке на опору 950 т. Для этого разработана конечно элементная модель эквивалентного бруса корпуса судна и элементов ДООУ. При моделировании (т.к. проектирование ведется для абстрактного судна) жесткости корпуса и распределение нагрузки при доковании судна приняты по аналогии с крейсером «Адмирал Горшков»

При положительных результатах тестирования, данная методика позволит спроектировать ДООУ для постройки или докования в условиях АО «ПО «Севмаш» перспективных авианосцев типа «ШТОРМ-КМ» или «Адмирал Кузнецов» (при условии расширения батопорта гидроузла).

Литература:

1. Доковый ремонт судов / Е. Н. Полуляхов, В. А. Фриж, П. И. Гавриш. - Москва : Транспорт, 1969. - 231 с
2. Судоподъемные сооружения: учебное пособие для вузов. - Ленинград : Судостроение, 1978. - 271 с.
3. Першин, Г. К. Совершенствование доковых опорных устройств / Г. К. Першин и др. // Судостроение. - 1987. - №6. - С. 35-40 : ил.
4. Прадюх, В. И. Определение формы опорного устройства на постановке судна в плавучий док / В. И. Прадюх // Судостроение. - 1978. - №3. - С. 62-64
5. Ванторин, И.Д. Методика снижения нагрузки на опорные устройства при доковании крупнотоннажных судов /И.Д. Ванторин // Евразийский научный журнал. - 2019. -№10. - С. 82-85.