**Расчеты общей продольной прочности проектируемого контейнеровоза**

Контейнеровоз:

Длина – 123,6 м

Ширина – 15,8 м

Длина отсека – 21,6 м

Ширина отсека – 12,8 м

Расчеты общей продольной прочности проектируемого контейнеровоза

1. Расчет прочности в первом приближении предполагает полное участие всех включённых в его состав продольных связей, без учёта возможностей потери их устойчивости. Суда эксплуатируются в различных условиях и подвергаются воздействию значительных гидродинамических сил. Эти силы вызывают появление волновых изгибающих моментов и перерезывающих сил, значения которых могут существенно быть больше, чем при плавании судна на тихой воде. Гидродинамические силы, действующие на судно, зависят от размерения судна, формы обводов корпуса, скорости хода, направления движения судна, от формы и размеров волны, характера и интенсивности волнения. Волновые нагрузки, действующие в Правилах Регистра и нормах прочности морских стальных судов, представлены для двух режимов волнения: эксплуатационные и экстремальные, которые функционально определяют нормативные критерии:

Критерии установленной прочности при необходимом запасе установленной долговечности конструкции корпуса судна.

Критерий предельной прочности исключающий опасное разрушительное состояние корпусных конструкций при экстремальных нагрузках.

2. Проверки общей продольной прочности корпуса судна по нормальным напряжениям являются сопоставительным расчетом с допускаемыми напряжениями, которые регламентируются Правилами Регистра и нормами прочности.

3. Изгибающие моменты и перерезывающие силы на тихой воде

Абсолютное значение изгибающего момента, на тихой воде для средней части судна принимаем согласно ПР по формуле:

, где

 - при перегибе

 - при прогибе

- расчетная высота волны(из Н.О.)=9,3

- коэффициент полноты водоизмещения. =0,78

Определяем изгибающий момент на тихой воде:

- при перегибе –

- при прогибе –

Абсолютное значение перерезывающей силы принимают:

По ПР расчетные перерезывающие силы у поперечных переборок вычисляется по формуле:

4. Волновые изгибающие моменты перерезывающей силы

Согласно ПР волновые изгибающие моменты действуют в вертикальной плоскости рассматриваемом поперечном сечении по формуле:

- вызывающие перегиб судна –

- прогиб судна –

- коэффициент определяемый по таблице ПР

 при

 при

Волновая перерезывающая сила определяется согласно ПР:

- положительная –

- отрицательные –

5. Изгибающий момент при ударе волн в борта, вызывающие прогиб судна, определяем согласно ПР по формуле

 при

 - коэффициент определяемый по таблице ПР.

 - скорость судна.

6. Суммарные расчетные изгибающие моменты определяем по формуле суммы абсолютной величины составляющая моментов в рассматриваемом сечении согласно ПР

- для перегиба –

;

- для прогиба –

;

7. Расчет эквивалентного бруса в первом приближении.

Расчет эквивалентного бруса в первом приближении предполагает полное участие всех включенных в его состав продольных связей, без учета возможной потери их устойчивости. Суда эксплуатирующие в различных условиях штормовой погоды, подвергаются воздействию значительных гидродинамических волн. Эти силы вызывают появление волновых изгибающих моментов и перерезывающих сил, значение которых возможно больше чем при плавании судна на тихой воде. Гидродинамические силы действующие на судно зависят от размерений судна, форма обвода корпуса, скорости хода, направление движения судна, а так же и размеров волн, характера и интенсивности волнения. Волновая нагрузка в действующих ПР и “норма в прочности морских стальных судов” представлены для двух режимов волнения: эксплуатационного и экстремального, которые формально определяют нормативные критерии: - критерий усталостной прочности при необходимом запасе усталостной долговечности судового корпуса и его конструкций; - критерий предельной прочности исключающий опасное разрушительное состояние корпуса и их конструкций при совокупности экстремальных нагрузок. Проверки общей продольной прочности корпуса судна по нормальным напряжениям, является сопротивление расчетных направлений с допускаемым, которые регламентируются правилами морского регистра судоходства и нормами прочности морских стальных судов. Расчет величин и характеристик эквивалентного бруса проектируемого судна.

- центральный момент инерции полного поперечного сечения судна

- момент сопротивления относительно ВП

- относительно днища

где во всех случаях согласно ПР момент сопротивления поперечного сечения корпуса на миделе должен быть не менее:

 где

- погибь судна на миделе, приближенно:

см. выше.

- прогиб –

- перегиб –

- коэффициенты при изгибающем расчетном моменте

- нормальные напряжения в таблице эквивалентного бруса в графах 10 и11 определяем в связях корпуса по формулам:

- проверка по критерию эксплуатационной (усталостной) прочности:

- минимальный момент инерции поперечного сечения корпуса в средней части должен быть:

8. Проверка устойчивости продольных связей.

Таблица 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № связи | Наименование связи, мм | Пролет связи, м | № проката | Элементы связей | Момент инерции i см | Элеровые напряжения σэ Мпа | Пред.значения напр. Rен Мпа |
| b см | S см | F=S\*b см2 |
| 6 | Продольные ребра жесткости | 240 | ┌ 20а\*2 | 4,4 | 1 | 8,8 | 0,22 | 295,60 | 315 |
| 9 | Продольная балка борта | 240 | ┌ 22а | 4,8 | 1,1 | 5,28 | 0,16 | 220,30 | 315 |
| 18 | Продольные балки второго дна | 240 | ┌ 16б\*6 | 3,8 | 1 | 22,8 | 0,32 | 143,60 | 315 |
| 19 | Продольные балки днища | 240 | ┌ 18а\*6 | 4 | 0,9 | 21,6 | 0,43 | 159,30 | 315 |
| 23 | Вертикальные РЖ флора | 240 | ┌ 14а\*3 | 3,3 | 0,7 | 6,93 | 0,08 | 112,00 | 315 |
| 24 | Вертикальные РЖ флора | 240 | ┌ 14а\*3 | 3,3 | 0,7 | 6,93 | 0,08 | 112,00 | 315 |
| 27 | Ребро по ДП на 2-м дне | 240 | ┴ 16б | 10 | 0,5 | 5 | 0,05 | 242,30 | 315 |
| 28 | Ребро по ДП на НО днищя | 240 | ┴ 16б | 10 | 0,5 | 5 | 0,05 | 242,30 | 315 |

9. Определение эйлеровых напряжений пластин судового корпуса.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № связи | Наименование связи, мм | Размеры пластин | а/в | 100\*S/а0 | σэ Мпа |
| a см | в см | а0 см | S см |
| 1 | Полка комингса | 240 | 22 | 80 | 1,6 | 10,91 | 2,00 | 102,40 |
| 2 | Стенка комингса | 240 | 50 | 80 | 1,2 | 4,80 | 1,50 | 144,18 |
| 3 | Стенка карлингса | 240 | 45 | 80 | 1,4 | 5,33 | 1,75 | 229,35 |
| 4 | Полка карлингса | 240 | 25 | 80 | 1,8 | 9,60 | 2,25 | 102,43 |
| 5 | Лист настила ВП | 240 | 160 | 80 | 0,9 | 1,50 | 1,13 | 284,40 |
| 7 | Палубный стрингер | 240 | 160 | 80 | 0,9 | 1,50 | 1,13 | 284,40 |
| 8 | Ширстрек | 240 | 200 | 80 | 1,2 | 1,20 | 1,50 | 146,20 |
| 10 | Лист обшивки второго борта | 240 | 200 | 80 | 0,7 | 1,20 | 0,88 | 159,90 |
| 11 | Район ледовых усилении | 240 | 220 | 80 | 1,7 | 1,09 | 2,13 | 192,30 |
| 12 | Лист обшивки второго борта | 240 | 240 | 80 | 1,2 | 1,00 | 1,50 | 145,60 |
| 13 | Рамный бимс платформы | 240 | 150 | 80 | 0,8 | 1,60 | 1,00 | 230,30 |
| 14 | Лист НО борта | 240 | 240 | 80 | 1,2 | 1,00 | 1,50 | 145,20 |
| 15 | Лист обшивки второго борта | 240 | 200 | 80 | 1 | 1,20 | 1,25 | 132,60 |
| 16 | Горизонтальный междудонный лист | 240 | 160 | 80 | 1,1 | 1,50 | 1,38 | 142,20 |
| 17 | Лист скулового пояса | 240 | 235 | 80 | 1,5 | 1,02 | 1,88 | 301,20 |
| 20 | Сплошной флор 2шт. | 240 | 120 | 80 | 0,9 | 2,00 | 1,13 | 132,90 |
| 21 | Т.К 2шт. | 240 | 120 | 80 | 1,1 | 2,00 | 1,38 | 149,80 |
| 22 | Листы настила второго дна | 240 | 680 | 80 | 1,1 | 0,35 | 1,38 | 188,00 |
| 25 | Листы НО днища | 240 | 720 | 80 | 1,1 | 0,33 | 1,38 | 188,00 |
| 26 | Горизонтальный киль | 240 | 200 | 80 | 1,5 | 1,20 | 1,88 | 173,50 |

Определение эйлеровых напряжений расчетных пластин производим по формулам в зависимости от соотношения сторон пластин:

-при , кПа

- при , кПа

Пояски и стенки сварных тавров рассматриваем как пластины с 3-я свободно опертыми кромками:

- ,

где b- полуширина сварного пояска или стенки.

Для скулового пояса эйлеровы напряжения определяем как для цилиндрической панели равномерно сжатой:

- скуловой пояс

, МПа

Проверка общей продольной прочности по предельному состоянию согласно требований “Норм прочности морских стальных судов” Регистр России должен показать, что как при прогибе, так и перегибе корпуса судна на волнении, отношение предельного изгибающего момента корпуса к наибольшему расчетному суммарному моменту должно показать что выполнено условие:

,

где - предельный изгибающий момент для корпуса.

- при прогибе

 - минимальный момент сопротивления относительно ВП.

- при перегибе

zно=2,5

- суммарный изгибающий момент при прогибе.

- суммарный изгибающий момент при перегибе.

- минимальный коэффициент запаса прочности:

- при прогибе -

- при перегибе -

- добавочный коэффициент.

- при прогибе -

- при перегибе -

Рассчитываем при прогибе и перегибе.

- при прогибе - 1,4>1.15

- при перегибе - 1,7>1.3

**Заключение**

Произведённое в табличной форме (таблица 1) проверочные расчеты эквивалентного бруса в первом приближении сухогруза показали, что возникающие нормальные напряжения в связях судового корпуса при действии суммарных изгибающих моментов, при перегибе и прогибе корпуса судна, не превышают допускаемых значений, также обеспечены для судна условия критерия эксплуатационной прочности.