

Магістерська кваліфікаційна робота

Прогнозування характеристик міцності корпусу судна через задані проміжки часу

Розробив:

ст. гр. 2АКІТ-16 Бондар О.В

Керівник:

к.т.н., доц. Никитенко О.Д.

Мета

- * **Метою роботи** є підвищення ефективності процесу оцінки міцності корпусу судна.
- * **Об'єктом дослідження** є процес оцінки міцності корпусу судна.
- * **Предметом дослідження** є методики оцінки міцності корпусу судна.

Процес оцінки міцності корпусу судна

Складові етапи процесу оцінки:

- * 1. Визначення навантажень, які діють на корпус судна під час експлуатації;
- * 2. Оцінка фактичних геометричних характеристик корпусу судна;
- * 3. Визначення необхідних геометричних характеристик корпусу судна;
- * 4. Порівняння результатів отриманих в пункті 2 та 3.

Аналіз задачі оцінки міцності

Існує два способи рішення задачі:

- * Перший спосіб полягає у необхідності розглянути корпус, у вигляді еквівалентного бруса та розрахувати для нього фактичні та мінімально необхідні моменти опору і провести їх порівняння («Регістр судноплавства України»);
- * Другий спосіб полягає у визначенні напружень, які діють на кожний із елементів корпусу та встановлення, того факту чи не перевищують вони допустимі для даного матеріалу межі («Бюро Верітас»);

Вимоги Регістра судноплавства України

Для проведення оцінки міцності корпусу судна необхідно:

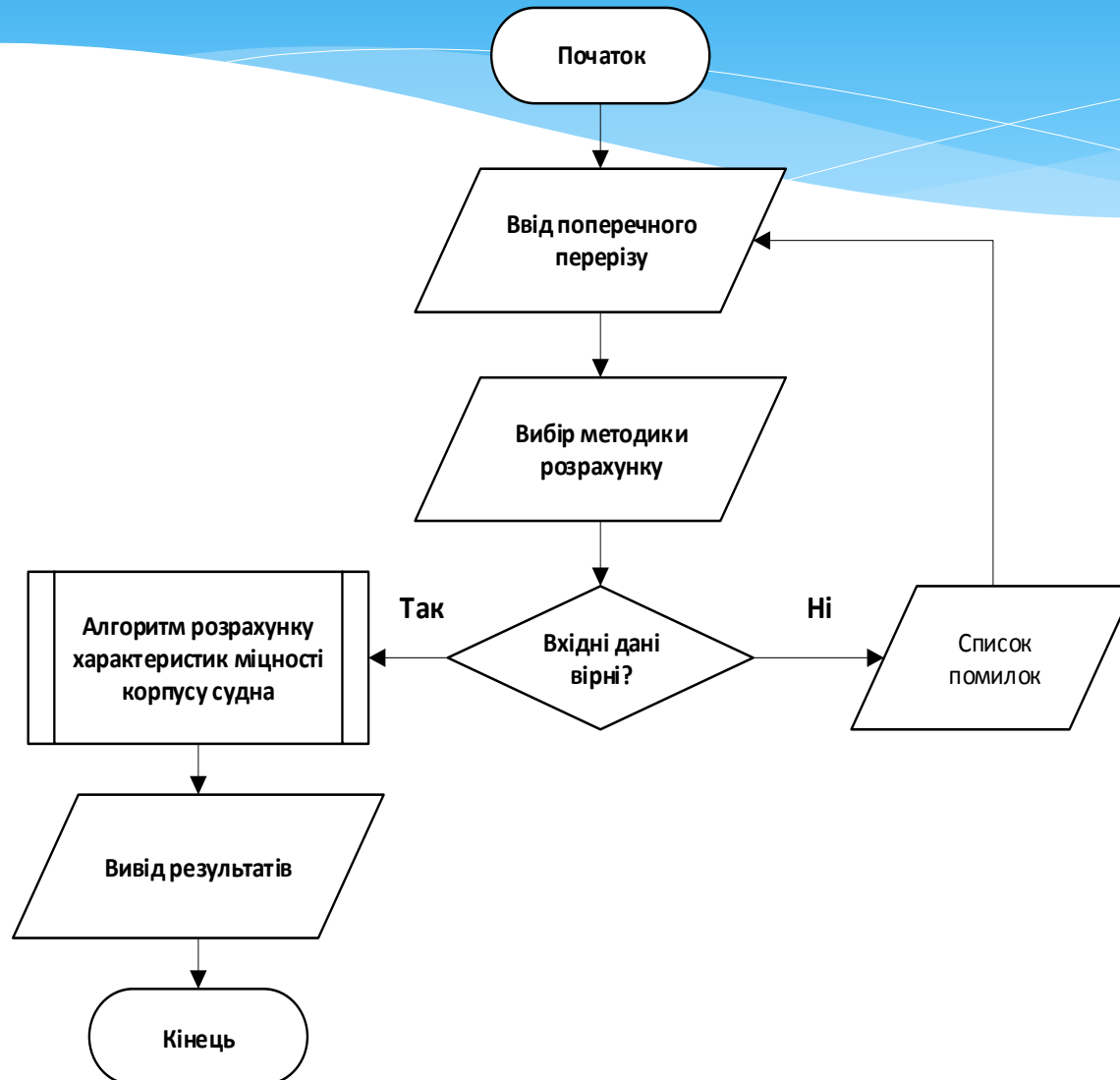
- * Виконання мінімум трьох поперечних перерізів в слабких місцях корпусу;
- * Виконання повздовжнього перерізу, якщо довжина судна перевищує певне значення;
- * Прогнозування міцності корпусу через 5 років.

ТОВ «Бюро корабельних інженерів»

Основні складнощі при виконанні ручного розрахунку перерізу:

- * Трудомісткий процес розрахунку міцності;
- * Довготривалий процес розрахунку міцності;
- * Відсутність аналогів на українському ринку;
- * Зарубіжні аналоги не враховують українські методики розрахунку;
- * Кількість параметрів для розрахунку на один переріз в середньому становить 1500 значень;
- * Використання не спеціалізованих програм для полегшення розрахунку.

Блок-схема алгоритму оцінки геометричних характеристик корпусу судна



Прогнозування

Для прогнозування геометричних характеристик корпусу судна необхідно врахувати для кожного складового елемента корозійну поправку по наступній формулі:

$$\Delta X = X - T * u$$

де ΔX – прогнозований розмір елемента;

X – фактичний розмір елемента;

T – час, на який виконується прогнозування;

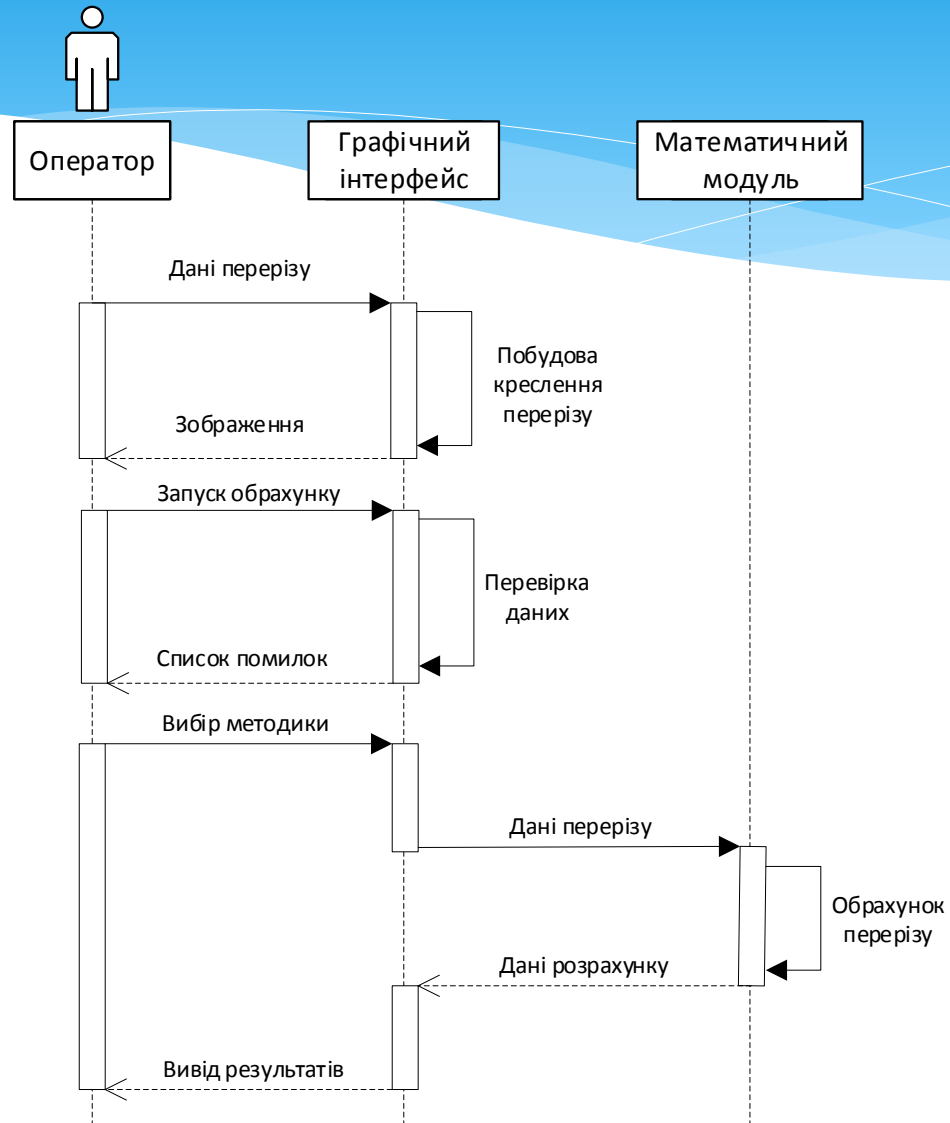
u – корозійна поправка на одиницю часу.

UML-діаграма варіантів використання

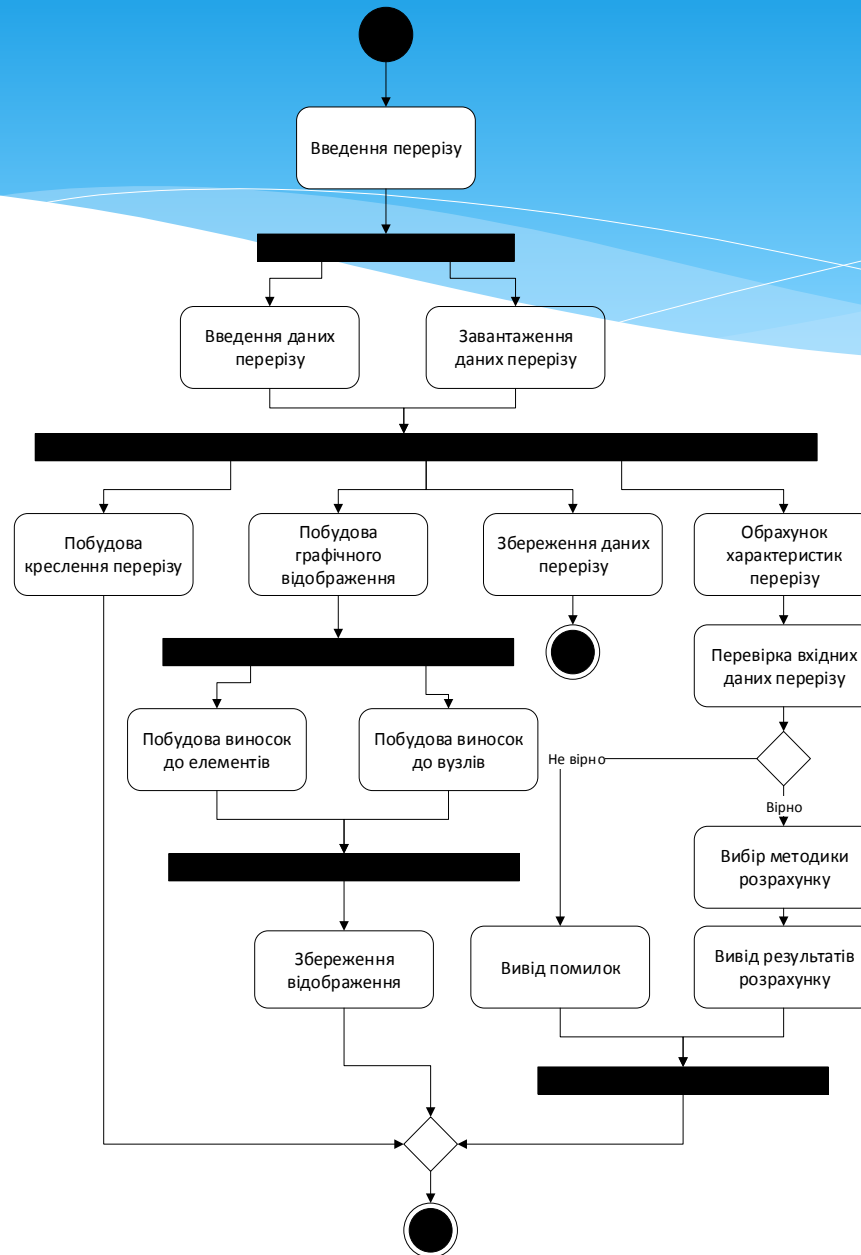
Автоматизована система оцінки геометричних характеристик корпусу судна з урахуванням фактору часу



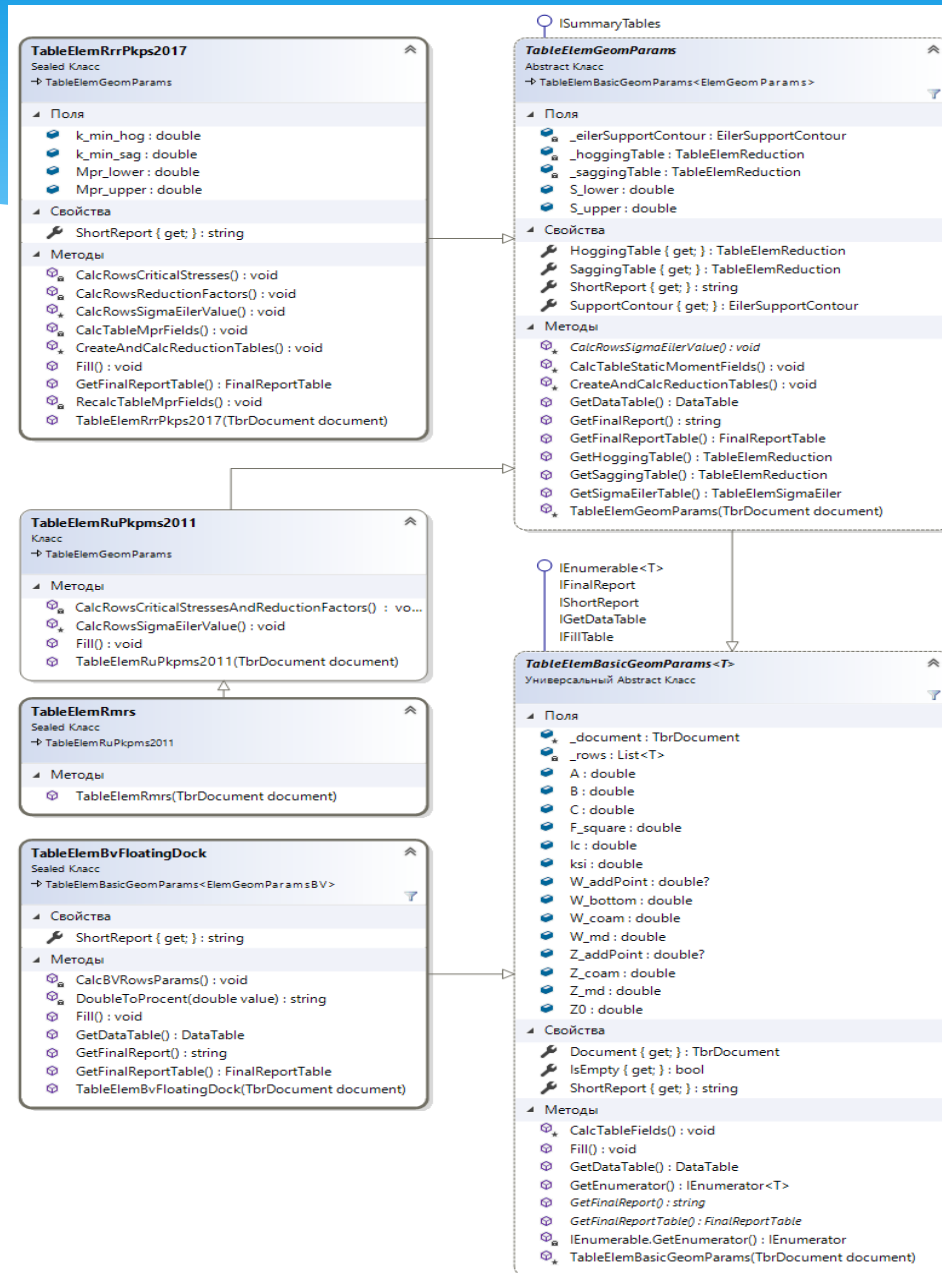
UML-діаграма послідовності



UML-діаграма діяльності



UML-діаграма класів



ОСНОВНІ ЕКРАННІ ФОРМИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

C:\Users\Alcatraz\Downloads\Telegram Desktop\1565_тестировка.mbf - TIBRUS

Файл Сервис Расчет Вывод Окно

Mode III_G X ++ x0.10 Размер узлов: 5 Масштаб профилей: 200%

#	Y, м	Z, м
1	0.000	0.000
2	0.550	0.000
3	0.710	0.000
4	1.100	0.000
5	1.200	0.000
6	1.500	0.000
7	1.650	0.000
8	2.090	0.000
9	2.200	0.000
10	2.750	0.000
11	3.300	0.000
12	3.470	0.000
13	3.850	0.000
14	4.400	0.000
15	4.850	0.000
16	4.950	0.000
17	5.500	0.000
18	6.050	0.000
19	6.100	0.000
20	6.200	0.000
21	6.600	0.000
22	7.150	0.000

#1 (Y: 0.000, Z: 0.000)

#	Наименование элемента	Узел н.	Узел к.	Тип связи	Угол	Размер, мм	Скор. изн., мм/год	Reh, МПа	Система набора (чек = прод. сист.)
1	Горизонтальный киль	1	-3	Лист	0°	7.10	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Обшивка днища	3	-8	Лист	0°	7.20	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Обшивка днища	8	-12	Лист	0°	7.20	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Обшивка днища	12	-15	Лист	0°	7.20	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Обшивка днища	15	-20	Лист	0°	7.20	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Обшивка днища	20	-23	Лист	0°	7.20	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Скуловой пояс	23	24	Лист	0°	7.10	0.00	235.0	<input checked="" type="checkbox"/>

Фокус ввода - Таблица узлов | Узлы: 86/88. Элементы: 57. Тавры: 3.

Вікно налаштувань документа та перерізу

Настройки документа - Наименование проекта

Основные сведения о проекте и документе:

Наименование проекта:
Платонов, проект 1565, фактический износ корпуса с прогнозированием 5 лет

Признак симметрии: симметричный

Путь к файлу документа:
C:\Users\Alcatraz\Downloads\Telegram Desktop

GUID (уникальный номер документа):
4ceac427-67a8-430a-aacb-e282c885dca8

Расчетные изгибающие моменты:

Расчетный изгибающий момент при перегибе, кНм:
209411.00

Расчетный изгибающий момент при прогибе, кНм:
-246929.00

Действия:

Характеристики корпуса судна:

Рамная шпация, м:
1.800

Поперечная шпация, м:
0.600

Продольная шпация, м:
0.001

Время экспл., лет:
1.000

Отстояние главной палубы от ОП, м:
5.500

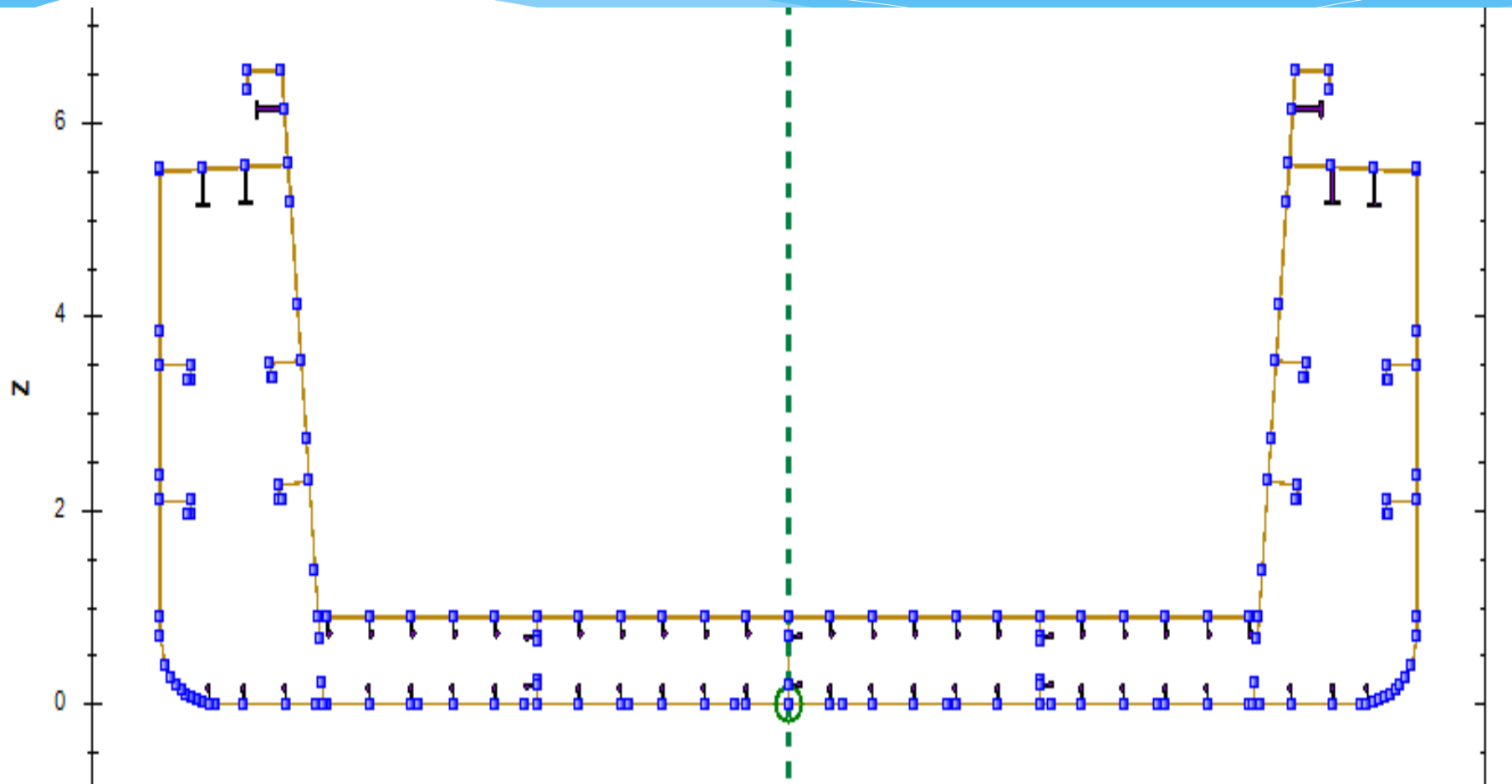
Отстояние комингса от ОП, м:
6.493

Отстояние доп. точки от ОП, м:
0.000

Реальний переріз



Спроектований переріз



Математичний модуль

Расчет сечения

Настройки:

Выберите тип расчета:

RU_PKPMS_2011

RU_PKPMS_2011

RU_PKPMS_2011

RU_PSVP_1995

RU_PKSSP_2017

RRR_PKPS_2017

RRR_PKOPO_2017

RMRS

BV_NR_217_B1_2014_11_Inland_navigation

BV_612_NR_2015_11_Floating_dock

Текстовый вывод результатов расчета

Сводная таблица результатов расчета

Таблица "Расчет редуцированных коэффициентов и связанных величин"

Таблица "Расчет эйлеровых напряжений"

Таблица "Расчет геометрических характеристик сечения эквивалентного бруса при перегибе"

Таблица "Расчет геометрических характеристик сечения эквивалентного бруса при прогибе"

Отобразить подробный лог эйлеровых напряжений редуцируемых элементов

Выполнить расчет

Закрыть все формы

Отменить

Таблиця редукованих коефіцієнтів та пов'язаних величин

Расчет редуционных коэффициентов и связанных величин

№	Наименование связи	Длина элемента, см	Размер элемента, см	Площадь, см ²	Центр тяжести, см	FZ, см ³	FZ ² , см ⁴	Ic, см ⁴	Z _л -Z _с , см	осж (перегиб), МПа	осж (прогиб), МПа	сейл, МПа	оср, МПа	φ (перегиб)	φ (прогиб)	Reh, МПа	η
1	Горизонтальный киль	71	0.71	50.41	0	0	0	2.12	-265.25	-145.18	-	123.58	123.28	0.85	-	235	1
2	Обшивка днища	138	0.72	99.36	0	0	0	4.29	-265.25	-145.18	-	127.09	126.37	0.87	-	235	1
3	Обшивка днища	138	0.72	99.36	0	0	0	4.29	-265.25	-145.18	-	127.09	126.37	0.87	-	235	1
4	Обшивка днища	138	0.72	99.36	0	0	0	4.29	-265.25	-145.18	-	127.09	126.37	0.87	-	235	1
5	Обшивка днища	135	0.72	97.2	0	0	0	4.2	-265.25	-145.18	-	106.79	106.79	0.74	-	235	1
6	Обшивка днища	132	0.72	95.04	0	0	0	4.11	-265.25	-145.18	-	127.09	126.37	0.87	-	235	1
7	Скуловой пояс	8.008	0.71	5.69	0.175	1	0.18	0	-265.07	-145.09	-	5830.04	232.63	1	-	235	1
8	Скуловой пояс	104.603	0.71	74.27	26.729	1985.13	53061.36	19990.5	-238.52	-130.55	-	55.7	55.7	0.43	-	235	1
9	Скуловой пояс	19	0.71	13.49	79.5	1072.46	85260.17	405.82	-185.75	-101.67	-	1035.57	221.67	1	-	235	1
10	Обшивка борта	148	0.71	105.08	163	17128.04	2791870.52	191806.03	-102.25	-55.96	-	52.39	52.39	0.94	-	235	1
11	Обшивка борта	148	0.71	105.08	311	32679.88	10163442.68	191806.03	45.75	-	-30	55.46	55.46	-	1	235	1
12	Ширстрек	168	1.43	240.24	469	112672.56	52843430.64	565044.48	203.75	-	-131.5	175.51	175.51	-	1	390	0.68
13	Палубный стрингер	55.348	1.9	105.16	551.15	57959.4	31944320.96	1.93	285.9	-	-184.53	873.93	346.49	-	1	390	0.68
14	Палубный стрингер	112.702	2	225.4	554.656	125022.23	69344388.37	18.43	289.41	-	-186.79	924.17	348.85	-	1	390	0.68
15	Комингс - стенка	40.144	2	80.29	537.1	43122.94	23161332.44	10666.67	271.85	-	-175.46	1840.7	369.34	-	1	390	0.68
16	Второй борт	104.97	1.5	157.45	464.8	73184.75	34016271.3	143055.67	199.55	-	-128.79	265.15	182.93	-	1	235	1
17	Второй борт	137.997	1	138	343.75	47436.47	16306301.67	216634.11	78.5	-	-50.67	162.61	150.1	-	1	235	1
18	Второй борт	137.988	0.7	96.59	206.25	19922.1	4108935.33	151643.88	-59	-32.29	-	65.94	65.94	1	-	235	1
19	Второй борт	47.668	0.7	33.37	113.75	3795.57	431746.58	6251.69	-151.5	-82.92	-	159.92	148.67	1	-	235	1
20	Настил 2го дна	617.6	1	617.6	90.5	55892.8	5058298.4	51.47	-174.75	-95.65	-	245.16	178.68	1	-	235	1
21	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1126.81	222.75	1	-	235	1
22	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1120.36	222.68	1	-	235	1
22	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1120.36	222.68	1	-	235	1
22	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1119.94	222.67	1	-	235	1
23	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1119.94	222.67	1	-	235	1
24	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1120.36	222.68	1	-	235	1
24	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1120.36	222.68	1	-	235	1
25	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1119.91	222.67	1	-	235	1
25	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1119.91	222.67	1	-	235	1
26	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1120.36	222.68	1	-	235	1
26	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.55	84.03	634.44	157.36	-257.7	-141.05	-	1120.36	222.68	1	-	235	1
27	РЖ днища	12	0.65	11.13	7.901	87.94	694.78	157.36	-257.35	-140.86	-	1410.75	225.21	1	-	235	1
28	РЖ 2го дна	12	0.65	11.13	82.45	917.67	75661.77	157.35	-182.8	-100.05	-	959.66	220.61	1	-	235	1
28	РЖ 2го дна	12	0.65	11.13	82.45	917.67	75661.77	157.35	-182.8	-100.05	-	959.66	220.61	1	-	235	1
28	РЖ 2го дна	12	0.65	11.13	82.45	917.67	75661.77	157.35	-182.8	-100.05	-	959.66	220.61	1	-	235	1

Таблица Эйлеревых напряжень

Расчет эйлеровых напряжений

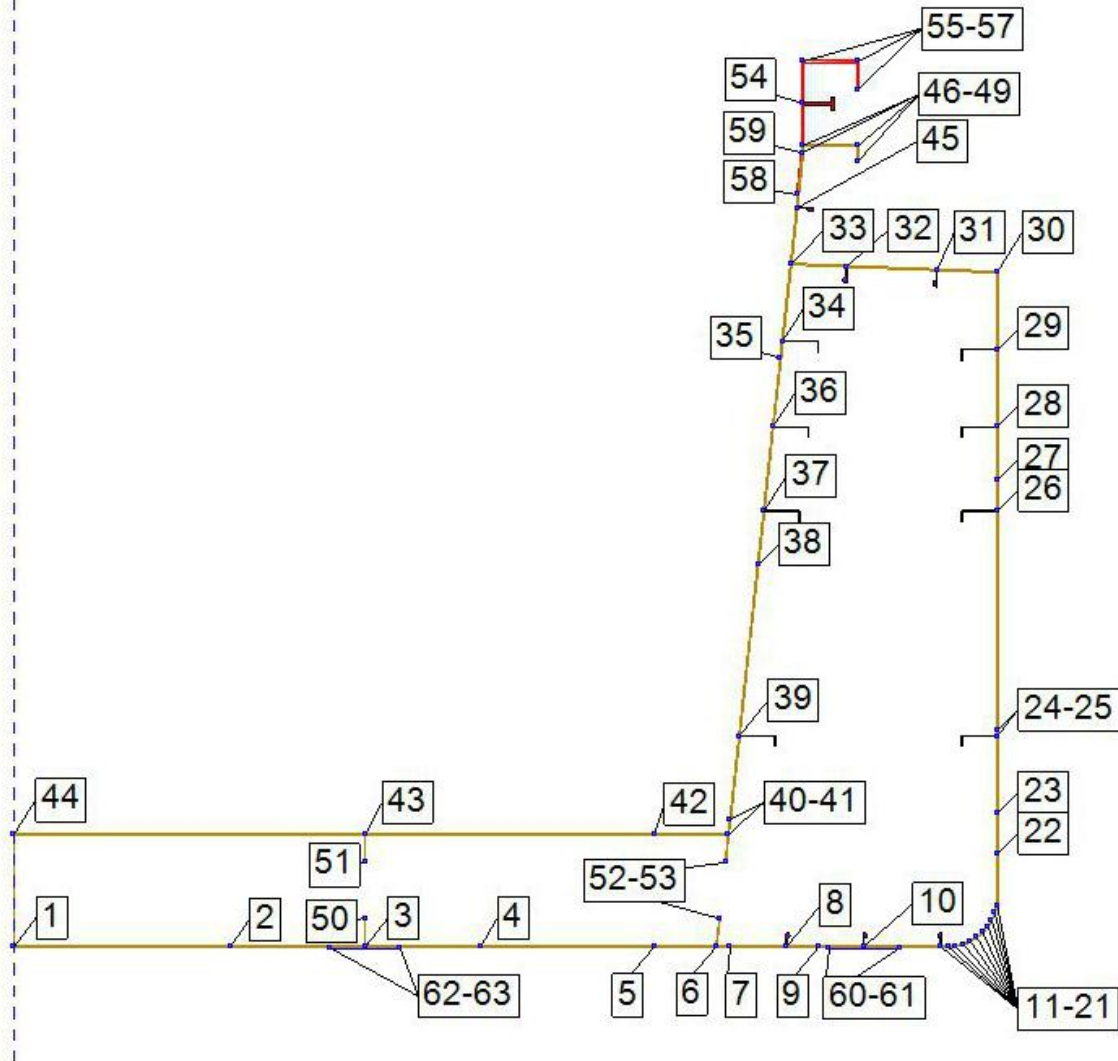
№	Наименование связи	a, мм	b, мм	s', мм	i, см ⁴	f, см ²	l, м	a / b, мм	n	eps	σeuler, МПа
1	Горизонтальный киль	1800	550	7.1	-	-	-	3.273	4	1.1	123.584
2	Обшивка днища	1800	550	7.2	-	-	-	3.273	4	1.1	127.089
3	Обшивка днища	1800	550	7.2	-	-	-	3.273	4	1.1	127.089
4	Обшивка днища	1800	550	7.2	-	-	-	3.273	4	1.1	127.089
5	Обшивка днища	1800	600	7.2	-	-	-	3	4	1.1	106.79
6	Обшивка днища	1800	550	7.2	-	-	-	3.273	4	1.1	127.089
7	Скуловой пояс	1800	80.077	7.1	-	-	-	22.478	4	1.1	5830.042
8	Скуловой пояс	600	952.68	7.1	-	-	-	0.63	5.41	1.1	55.705
9	Скуловой пояс	600	190	7.1	-	-	-	3.158	4	1.05	1035.569
10	Обшивка борта	600	1210	7.1	-	-	-	0.496	8.207	1.3	52.387
11	Обшивка борта	600	1130	7.1	-	-	-	0.531	7.578	1.3	55.462
12	Ширстрек	600	1650	14.3	-	-	-	0.364	12.603	1.3	175.506
13	Палубный стрингер	1800	553.478	19	-	-	-	3.252	4	1.21	873.929
14	Палубный стрингер	1800	566.552	20	-	-	-	3.177	4	1.21	924.167
15	Комингс - стенка	1800	401.442	20	-	-	-	4.484	4	1.05	1840.701
16	Второй борт	600	1049.695	15	-	-	-	0.572	7.004	1.3	265.15
17	Второй борт	600	802.885	10	-	-	-	0.747	5.654	1.3	162.609
18	Второй борт	600	928.283	7	-	-	-	0.646	6.255	1.3	65.942
19	Второй борт	600	476.681	7	-	-	-	1.259	4	1.05	159.923
20	Настил 2го дна	1800	550	10	-	-	-	3.273	4	1.1	245.157
21	РЖ днища	-	-	-	574.745	32.43	1.8	-	-	-	1126.809
22	РЖ днища	-	-	-	576.741	32.73	1.8	-	-	-	1120.358
22	РЖ днища	-	-	-	576.741	32.73	1.8	-	-	-	1120.358
23	РЖ днища	-	-	-	576.523	32.73	1.8	-	-	-	1119.936
23	РЖ днища	-	-	-	576.523	32.73	1.8	-	-	-	1119.936

Таблиця фінального виводу

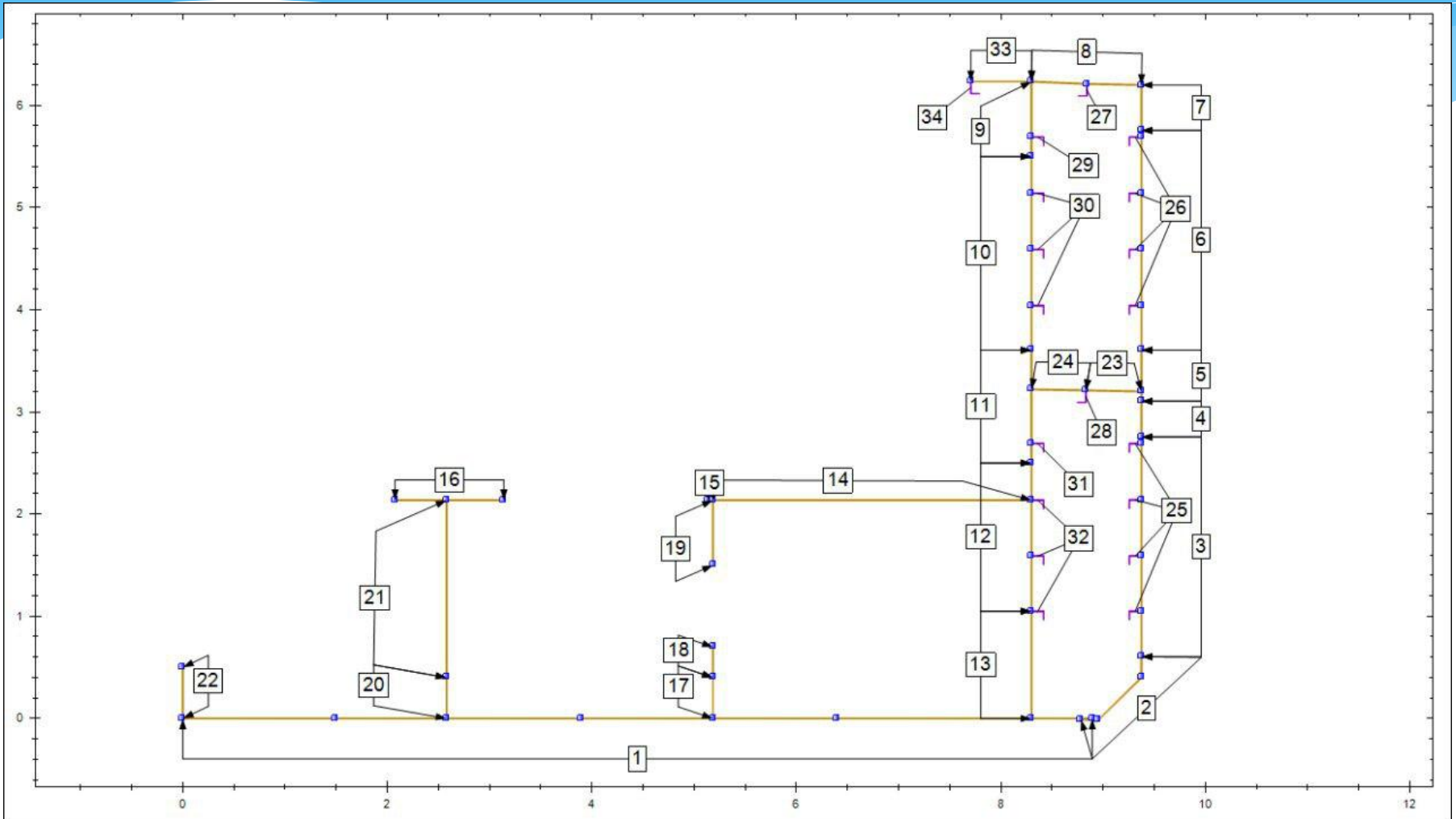
Финальный вывод

Расчетная величина	Без редуцирования	Редуцирование (перегиб)	Редуцирование (прогиб)	Единица измерения
Изменение положения НО $\Delta Z=$	-	0.066	0.000	м
Положение нейтральной оси от ОП $Z_0=$	2.652	2.719	2.652	м
Отстояние комингса от НО $Z=$	3.838	3.771	3.838	м
Момент инерции сечения $I_c=$	3.826	3.708	3.826	м ⁴
Момент сопротивления днища $W_{дн}=$	1.442	1.364	1.442	м ³
Момент сопротивления палубы $W_{пал}=$	1.344	1.333	1.344	м ³
Момент сопротивления комингса $W_{ком}=$	0.997	0.983	0.997	м ³
Площадь сечения эквивалентного бруса $F=$	0.696	0.678	0.696	м ²
Расчетный изгибающий момент при перегибе $M=$	209411.000	209411.000	209411.000	кНм
Расчетный изгибающий момент при прогибе $M=$	-246929.000	-246929.000	-246929.000	кНм

Виноски до вузлів



Виноски до елементів



Тестування системи

Тестування проводилось згідно із наступними методиками:

- * РСУ - ПКПМС 2011;
- * РРР - ПКПС 2017;
- * РМРС;
- * Бюро Верітас - Плавучі доки.

Результати показали, що ПЗ успішно справляється із поставленою задачею та дозволяє підвищити точність розрахунків в середньому на 1%.

Висновки

1. Вдосконалено метод обчислення розрахункових напружень при редукуванні зв'язків еквівалентного бруса судна шляхом додаткового врахування місцевих напружень.
2. Автоматизація етапу оцінки фактичних геометричних характеристик корпусу судна дозволила:
 - * Зменшити часові затрати на розрахунок перерізу;
 - * Зменшити професійній поріг входження для проведення такої оцінки;
 - * Підвищити результативність роботи підприємства;
 - * Проводити розрахунок одного перерізу по декількох методиках без додаткових часових затрат.
3. Результати даної МКР та розроблене ПЗ будуть використані на підприємстві ТОВ «Бюро корабельних інженерів».

Дякую за увагу!