

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА
УНИВЕРСИТЕТ РОЩОК

БАКАЛАВЪРСКА ДИПЛОМНА РАБОТА - РЕЗЮМЕ

**Компютърна програма за автоматично
генериране на граничните повърхнини за
посторяването на обемна мрежа от крайни
елементи за симулиране на обтичането на
корабния корпус чрез методите на числената
хидродинамика**

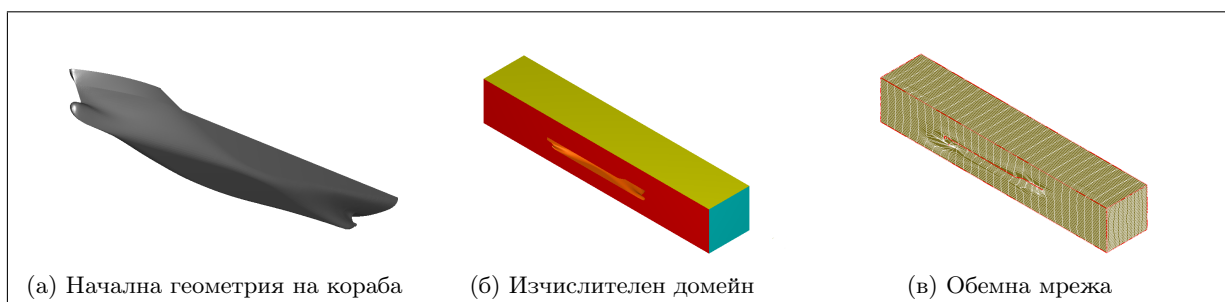
Дипломант:
Васил ЙОРДАНОВ

Ръководител:
Доц. д-р. инж. КЮЛЕВЧЕЛИЕВ

1 септември 2011 г.

1 Въведение

Основно неудобство при подготовката на една CFD симулация за нуждите на корабостроенето е дефинирането на флуидното пространство, което е обект на изследването. Това е така поради факта че само за тази стъпка е необходимо да се използва отделен специализиран софтуер, който е неприсъщ за процеса на проектиране на кораба като технически обект, и също така че тази стъпка се извършва многократно дори при най-малка промяна на газенето, диферента, крена, вълновата картина, както и при симулиране на ограничено газене и дори движение в канал.



Фигура 1: Процес на подготовка за CFD симулация

На Фигура 1 е представена последователността при подготовката на една CFD симулация. Първо корабната форма трябва да се дефинира като 3D NURBS модел с помощта на специализиран софтуер за проектиране на корабния корпус¹, виж Фигура 1а. Следва същинското построяване на флуидното пространство, виж Фигура 1б, тази стъпка се извършва с помощта на софтуерен пакет, който е специализиран единствено в геометричното NURBS моделиране². Следва последната стъпка – построяването на обемна изчислителна мрежа от крайни елементи, виж Фигура 1в, като в конкретния случай за тази цел се използва модулът от пакета NUMECA – HEXPRESS.

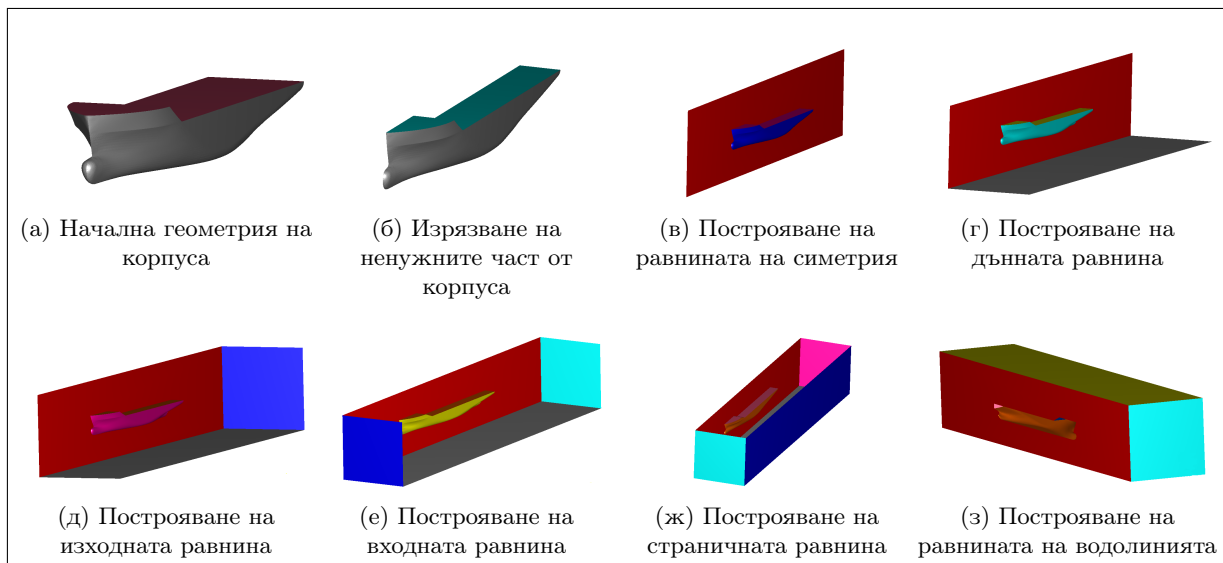
Основната цел на настоящата дипломна работа е разработването на компютърна програма, която да автоматизира процеса посочен на Фигура 1, с оглед на това да се избегне използването на допълнителен софтуер, което от своя страна драстично ще намали времето за построяване на флуидното пространство и също така ще намали себестойността на една серия от CFD симулации.

Основен момент при разработването на компютърната програма е че тя трябва да работи със геометрии представени под формата на триангулирани повърхности. Това от своя страна означава че началната геометрия на корабния корпус ще бъде представена под формата на равнинна триангулация, както и че построяният флуиден домейн трябва също да е представен под формата на триангулация. Основно изискване към триангулацията е да бъде непрекъсната във всички точки от граничния повърхнинен контур, както и да няма никакви застъпвания между отделните триъгълници. Самата геометрия ще се съхранява и предава под формата на **ASCII STL** (.stl) файлове.

¹Такива софтуерни пакети са: Maxsurf, Rhinoceros, Tribon, Napa и т.н.

²Такива софтуерни пакети са: Rhinoceros, Maya, 3D Studio MAX и т.н.

2 Последователност при построяването на флуидното пространство



Фигура 2: Последователност при построяването на флуидното пространство

На Фигура 5 е показана последователността на построенията при дефинирането на изчислителното флуидно пространство. Процесът е представен като последователност от числени геометрични построения. Открояват се седем различни операции, които могат да се групират в три логически независими групи:

1. Построяване на простите гранични равнини

- Построяване на дънната равнина
- Построяване на изходната равнина
- Построяване на входната равнина
- Построяване на страничната равнина

2. Построяване на сложните гранични равнини

- Построяване на равнината на симетрия
- Построяване на равнината на водолинията

3. Премахване на ненужните, при текущата CFD симулация, части от корабния корпус

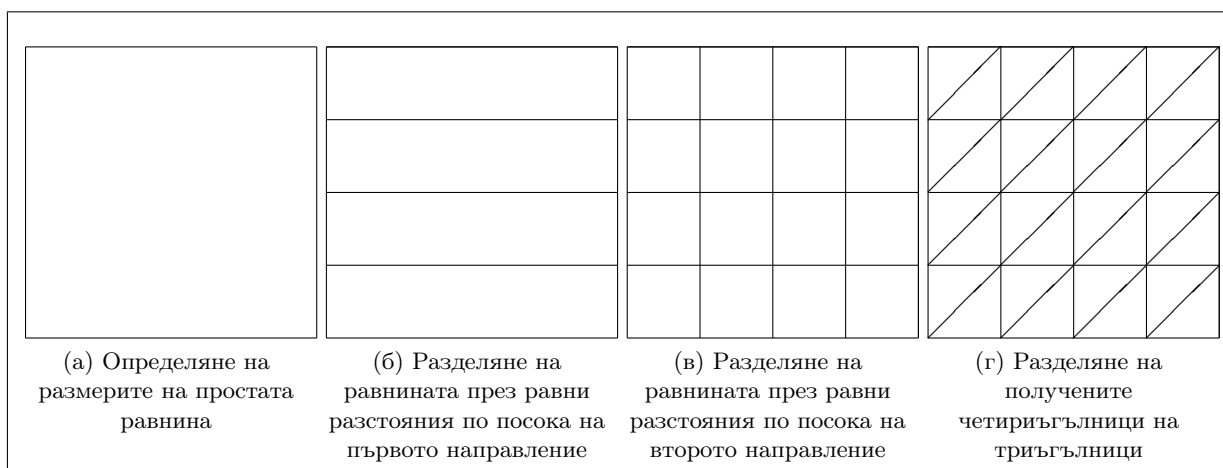
Това са основните геометрични построения, които са задължителни при подготовката на една CFD симулация.

3 Конкретни проблеми при построяването на флуидното пространство

След като вече е уточнена последователността на числените геометрични построения в този раздел ще бъдат представени алгоритмите, които са приложени за решаване на конкретните числени проблеми.

3.1 Построяване на простите гранични равнини

Като прости гранични равнини се възприемат всички равнини, които не пресичат или не се допират до началната геометрия на корабния корпус.



Фигура 3: Последователност при построяването на простите гранични равнини

На Фигура 3 е показана последователността при построяването на простите гранични равнини. След като всяка една равнина е триангулирана по този начин, тя вече може да се добави към геометрията на изчислителният флуиден домейн. Алгоритъмът, който се използва за триангулация гарантира непрекъснатостта на получената геометрия.

3.2 Построяване на сложните равнини

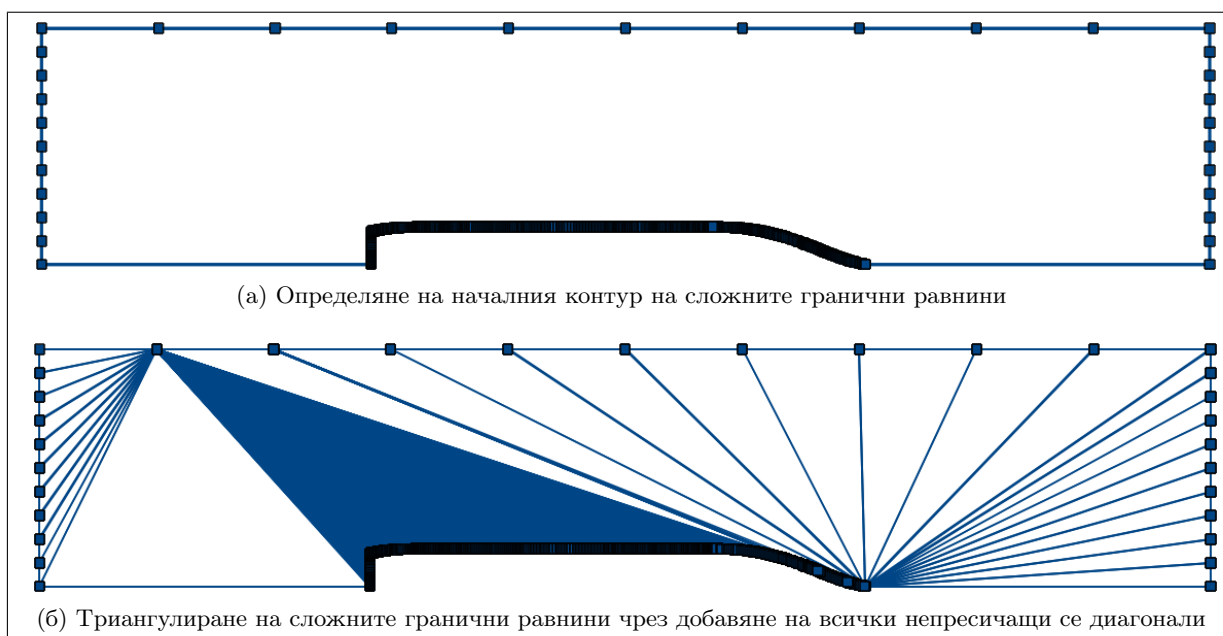
Като сложни повърхнини се разглеждат граничните равнини, които се допират или пресичат началния корабен корпус. Те са разглеждани като сложни, тъй като тяхната геометрия е относително по-сложна от тази на простите гранични равнини.

На Фигура 4 на страница 4 е представена логиката на алгоритъма за построяване и триангулиране на сложните гранични равнини. При тях процедурата е значително по-сложна, тъй като търсенето на непресичащите се диагонали изисква използването на двусвързан списък, за да може да се опише коректно нецикличният граф на триангулацията. Подробно описани на алгоритъма е представено в пълната версия на настоящата дипломна работа.

Използваният алгоритъм също гарантира непрекъснатост на геометричната репрезентация във всички точки от равнината, както и отсъствието на припокриване на отделните триъгълници.

3.3 Изрязване на корпуса

Този процес се налага да бъде извършван при премахването на частта от корпуса, която не е обект на изследване при текущата CFD симулация. Този алгоритъм е имплементиран



Фигура 4: Последователност при построяването на сложните гранични равнини

като сортиращ алгоритъм, който премахва всички триъгълници според тяхното положение в пространството.

3.4 Анализ на топологията

Същността на алгоритъма се заключава в сортиране на отделните триъгълници от триангулацията според компонентите на нормалните им вектори. По този начин може да се отделят триъгълниците, които лежат в равнини успоредни на основните равнини на текущата координатна система.

| Компоненти на нормалният вектор | | | |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Район | x - компонента | y - компонента | z - компонента |
| Транец | $x \neq 0$ | $y \approx 0$ | $z \approx 0$ |
| Прави Бордове | $x \approx 0$ | $y \neq 0$ | $z \approx 0$ |
| Плоско Дъно | $x \approx 0$ | $y \approx 0$ | $z \neq 0$ |

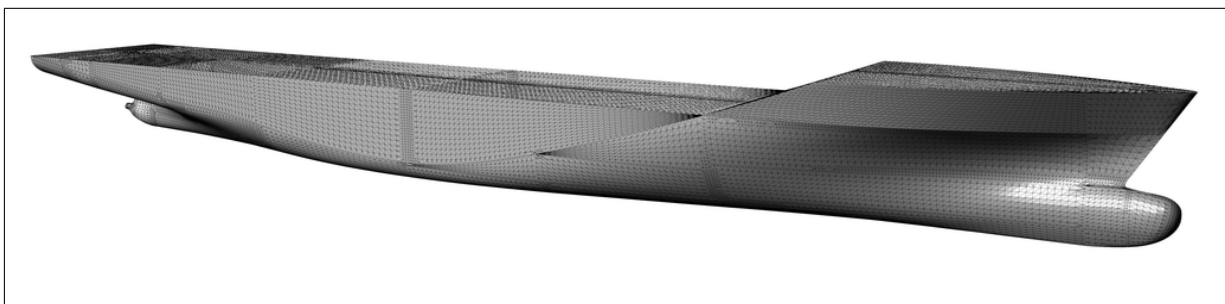
Таблица 1: Топологични групи и компонентите на нормалните им вектори

В таблица 1 е показан критерият за сортиране на отделните триъгълници. Основен недостатък на алгоритъма е че работи единствено ако корабният модел има прави бордове или плоско дъно, или транеца е успореден на равнината $\vec{y}\vec{z}$. Особеност при записването на топологическата информация към файла с геометричната информация е използването на допълнителен **.stl.prop** файл, който е напълно съвместим с HEXPRESS.

4 Анализ на резултатите

При изследването на устойчивостта на приложените алгоритми са подбрани няколко специфични геометрии на различни видове кораби, с цел да се покрие максимално разнообразието от форми. В настоящото резюме е поместен само един такъв случай.

На Фигура 6 се вижда как изглежда геометрията на кораба представена под формата на триангулация, а в Таблица 2 са представени и основните и размери и характеристики.

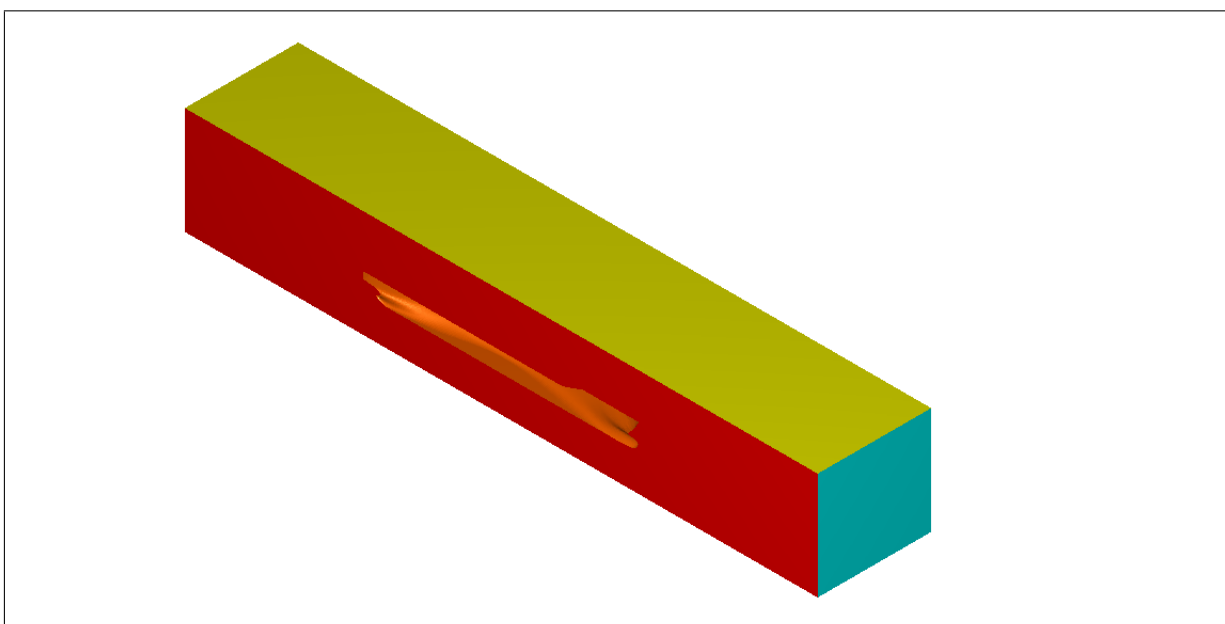


Фигура 5: Триангулация на KCS Container Ship

| Главни размери на MOERI KCS Container | | | |
|---------------------------------------|---------|----------|------------------|
| Дължина | Ширина | Височина | Брой триъгълници |
| 231.508 | 30.608 | 22.316 | 63236 |
| единици | единици | единици | триъгълници |

Таблица 2: Размери на MOERI KCS Container Ship

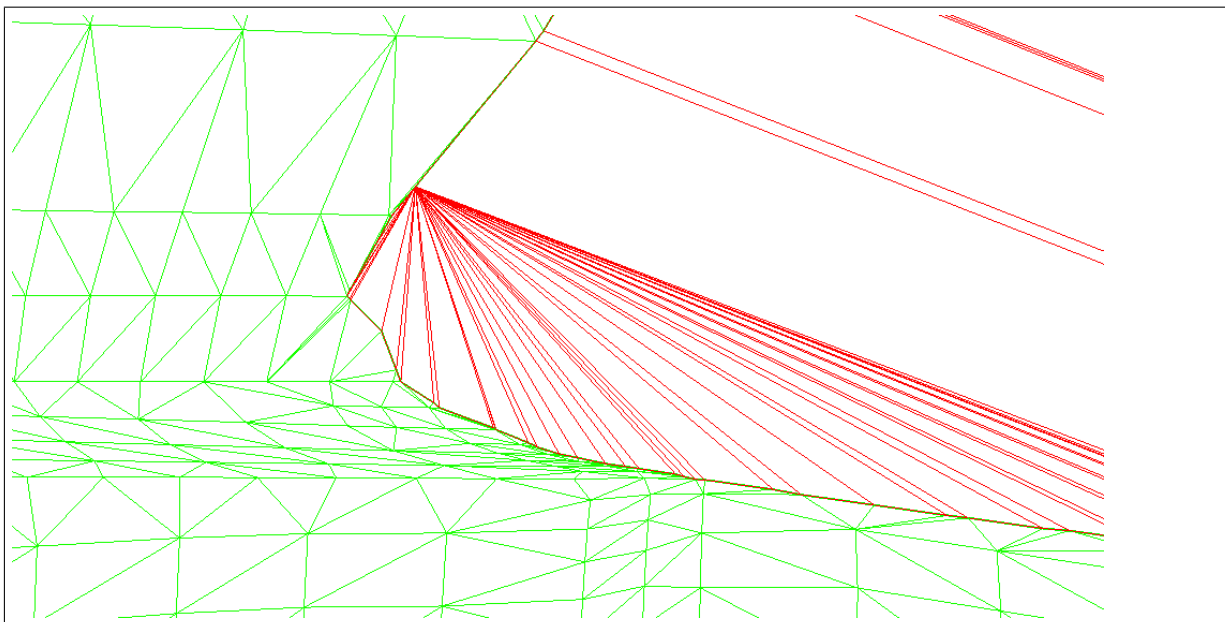
За този корабен модел е построен флуиден домейн чрез използването на разработената компютърна програма, виж Фигура 7.



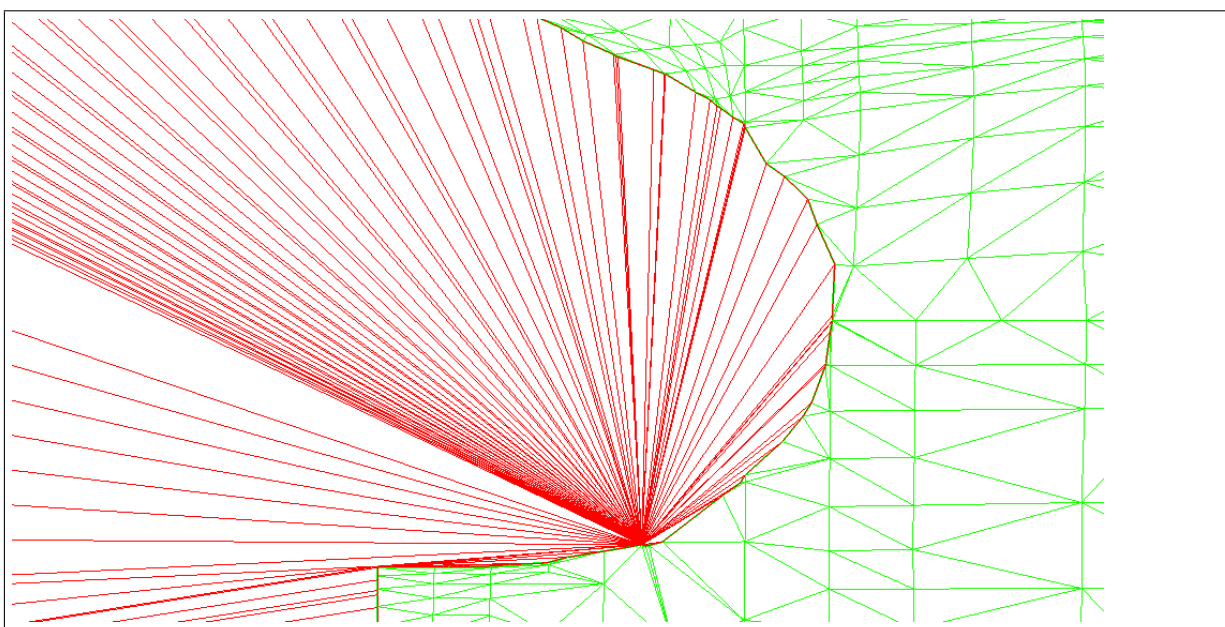
Фигура 6: Флуиден домейн за KCS Container Ship

На Фигури 8 и 9 са представени увеличени участъци от триангулацията на сложните

гранични равнини. От тях се вижда че дори в тези зони на относително е получена добра непрекъсната триангулация, без наличие на застъпване между отделните триъгълници.

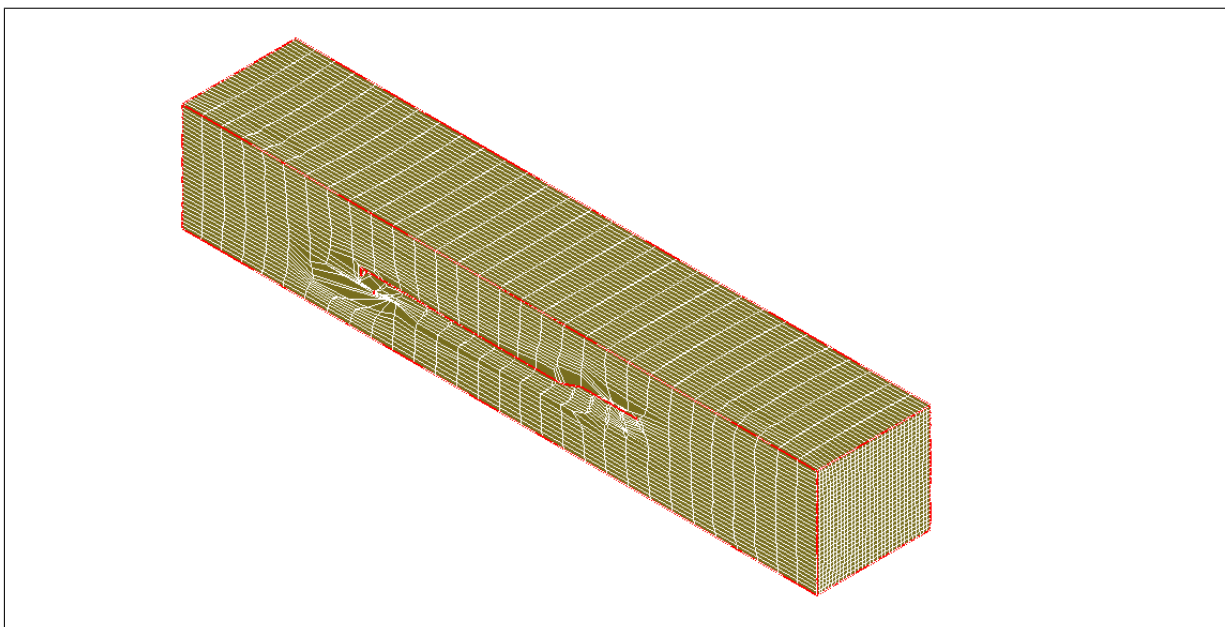


Фигура 7: Уголемен изглед в района на булбовия нос



Фигура 8: Уголемен изглед в района на булбовата кърма

На Фигура 10 на страница 8 е показана получената обемна изчислителна мрежа, на база на домейна показан на Фигура 7.



Фигура 9: Объемна изчислителна мрежа за KCS Container Ship

5 Заключение

Получената дефиниция на флуидното пространство е напълно “водоплътна” и покрива всички топологически изисквания за съвместимост с HEXPRESS. Резултантния домейн е напълно подходящ за да служи като граничен контур за построяването на объемната изчислителна мрежа от крайни елементи. Разработената компютърна програма предоставя възможност за бързо и независимо построяване на граничните равнини, без използването на допълнителен специализиран CAD софтуер. Поради технически причини “Изрязването чрез логическо адаптиране” не е напълно разработено и изисква допълнително разглеждане за неговата успешна имплементация.

Алгоритъма за топологически анализ работи задоволително при случаите, когато се изисква първичен анализ на геометрията. Също така този алгоритъм изключително зависи от коректността на началната корабна форма, което е негов основен недостатък, тъй като не е имплементирана по-нататъчна забълбочена оценка на топологията. Въпреки това в този вид, алгоритъма може да бъде успешно използван като първа итерация при прилагането на по-задълбочен топологически анализ.

В бъдещите разработки е добре да се фокусира вниманието върху подобряването на топологическия анализ с цел да се засекът всички гранични ръбове на корабната повърхност³

³Ръбове като: пресеченият ръб на палубата с бордовете, както и пресеченият ръб на дъното при наличие на V-образни шпангоути.