

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Ю. Д. ЖУКОВ, Г. Ю. ГАЙДАЙ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
з «Основ новітньої корабельної інженерії.
Корпусні конструкції (САПР CADMATIC)»

Методичні вказівки

Рекомендовано методичною радою НУК

Миколаїв
Видавець Торубара В. В.
2023

УДК 004.42
ББК 34.41я73
Ж 86

Автори: *Ю. Д. Жуков*, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в області науки та техніки за 2011 р., академік АН суднобудування України;

Г. Ю. Гайдай, кандидат технічних наук, доцент кафедри морського приладобудування

Рецензент: *Ю. П. Кондратенко*, доктор технічних наук, професор, заслужений винахідник України

Жуков Ю. Д.

Ж 86 Лабораторний практикум з «Основ новітньої корабельної інженерії. Корпусні конструкції (САПР CADMATIC)» : Методичні вказівки / Ю. Д. Жуков, Г. Ю. Гайдай. — Миколаїв : видавець Торубара В. В., 2023. — 56 с.

Представлено методичні вказівки з виконання лабораторних робіт з курсу «Основи корабельної інженерії» в частині «Корпус», які виконуються в системі автоматизованого проектування CADMATIC. Також наведено завдання для виконання атестаційної випускної роботи, яка виконується на базі знань та навичок, отриманих в ході виконання лабораторного практикуму, в результаті чого студенти отримують практичні навички роботи в сучасних системах автоматизованого проектування на прикладі САПР CADMATIC та одержують знання з конструкції корпусу судна, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Призначено для студентів суднобудівного профілю та практикуючих конструкторів у сфері проектування та конструювання суден.

УДК 004.42
ББК 34.41я73

© Жуков Ю. Д., Гайдай Г. Ю., 2023

На в ч а л ь н е в и д а н н я

ЖУКОВ Юрій Данилович

ГАЙДАЙ Ганна Юріївна

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
з «Основ новітньої корабельної інженерії.
Корпусні конструкції (САПР CADMATIC)»

Методичні вказівки

Комп'ютерне складання та верстання В. В. Торубара
Формат 60×84^{1/16}. Умов. друк. арк. 3,3. Тираж 100 пр. Зам. № 14/23

Видавець та виготовлювач Торубара В. В.

вул. Наваринська, 5–17, м. Миколаїв, 54001, тел.: (067) 800-70-70

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4626 від 9.10.2013

ВСТУП

Метою лабораторних робіт є отримання студентами практичних навичок роботи в сучасних системах автоматизованого проектування на прикладі САПР CADMATIC та одержання знань з конструкції корпусу судна, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Інтерактивне та просте у використанні тривимірне робоче середовище програми CADMATIC прискорює процес створення конструкторської документації та дозволяє здійснювати проектування більш точно та без помилок. Компонувальні креслення та списки матеріалів генеруються безпосередньо з тривимірної моделі. Таким чином, оновлюються креслення та документи так, що вони автоматично включають найостанніші зміни в проєкті. У програмі CADMATIC шаблони функціональних схем дозволяють зберігати об'єкти або набори об'єктів моделей, що можна використовувати на пізніших стадіях проектування. Це дає можливість повністю використовувати виконані раніше проєктні роботи та зекономити час на ранніх стадіях проектування [1, 4].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

«Розбиття суднового корпусу на окремі відсіки з урахуванням вимог до міцності та непотоплюваності в САПР CADMATIC»

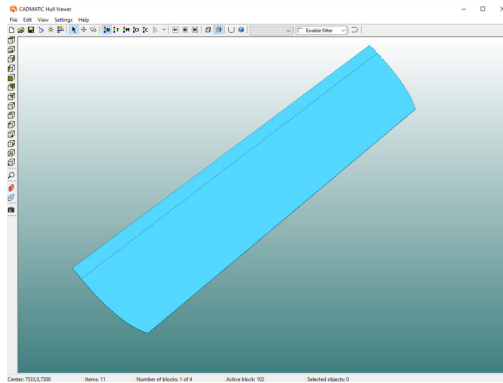
Мета роботи: вивчити конструктивні вимоги до загальної міцності суден та забезпечення їх непотоплюваності шляхом розбиття суднового корпусу на окремі відсіки за висотою, шириною та довжиною; навчитися створювати та редагувати листові корпусні конструкції, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Вивчити загальну конструкцію корпусу судна, особливості поділу на відсіки, нормування непотоплюваності та загальної міцності корпусу судна, використовуючи роботу [2, 3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 1 та відеоуроки № 1, 2, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 1 в системі Moodle.

Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Створити поперечний переріз (FRAME VIEW) корпусу судна по FR12+200 мм. Обмежити область видимості конструкцій та зовнішньої обшиви по висоті від 5000 мм до 10000 мм (меню Properties). Використовуючи панель DRAW, вказати ім'я перерізу.
- 2.1. Використовуючи панель інструментів Create Plates, встановити поперечну перебірку (товщина 14 мм) у створеному поперечному перерізі, бокові границі якої прив'язано до зовнішньої обшиви корпусу, а нижня та верхні границі є вільними, розташованими на висотах 6000 мм та 9000 відповідно. Перевірити параметри панелі командою Information.
- 2.2. Розбити одержану панель на три окремі листи, використовуючи панель інструментів Create Weld. Відобразити позначення зварного шва на границях з'єднання панелей (команда Weld Symbols).
- 2.3. Переглянути тривимірну модель суднової панелі в модулі Hull Viewer.



2.4. Зберегти одержаний вид у базі даних системи.

3. Створити поздовжній переріз (SIDE VIEW) корпусу судна у діаметральній площині. Використовуючи панель DRAW, вказати ім'я перерізу. Обмежити область видимості конструкцій та зовнішньої обшиви по висоті відповідно до п. 2, а по довжині FR12 та FR17 шпангоутами.

3.1. Використовуючи панель інструментів Create Plates, створити поздовжню перебірку (товщиною 14 мм), обмежену створеною поперечною перебіркою та FR17-150 мм шпангоутом у діаметральній площині корпусу судна. Верхні границі панелі обмежити висотою поперечної перебірки.

3.2. Розбити одержану панель на два окремих листа, використовуючи панель інструментів Create Weld. Відобразити позначення зварного шва.

3.3. Зберегти одержаний вид у базі даних системи.

4. Створити горизонтальний переріз судна (TOP VIEW) на висоті 6000 мм від основної площини. Обмежити область видимості конструкцій та зовнішньої обшиви по довжині FR12 та FR17 шпангоутами. Використовуючи панель DRAW, вказати ім'я перерізу.

4.1. Використовуючи панель інструментів Create Plates, створити горизонтальну листову конструкцію (настил палуби), обмежену створеною поперечною перебіркою, FR17-150 шпангоутом та бортовою обшивою. Товщина панелі 12 мм.

4.2. Розбити одержану панель на три окремих листа, використовуючи панель інструментів Create Weld. Відобразити позначення зварного шва.

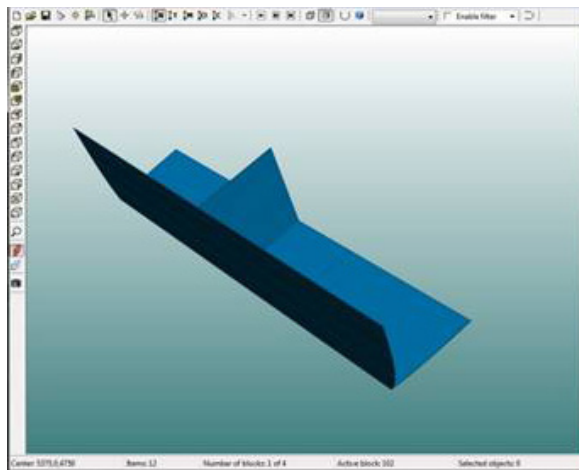
4.3. Зберегти одержаний вид у базі даних системи.

5. Відредагувати одержані панелі, використовуючи панель інструментів Modify Plates:

5.1. Збільшити максимальну висоту поперечної перебірки на 500 мм (команда Relations).

5.2. Відредагувати верхню границю поздовжньої перебірки у відповідності до висоти поперечної перебірки (команда Relations).

5.3. Переглянути тривимірні моделі відредагованих суднових панелей в модулі Hull Viewer.



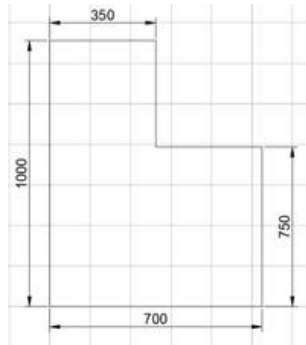
6. Створити поперечний переріз судна по шпангоуту FR14.

6.1. Праворуч від діаметральної площини встановити суднову панель (товщина 8 мм) з наступними границями: мінімальна та максимальна ширина відповідно 100 мм та 1000 мм, верхня границя 8000 мм, нижня границя прив'язана до настилу палуби на висоті 6000 мм від основної площини.

6.2. Відредагувати суднову панель (команда Relations) наступним чином: додати округлення границь панелі (Radius of Curvature 50 мм), далі змінити їх на шпигати (Cutout 40 мм), потім на прямі зрізи границь (Snipe 30 мм).

7. Виконати поперечний переріз по шпангоуту FR15. Створити у даному перерізі окружність будь-якого діаметру інструментами DRAW, перетворити дану двовимірну окружність у тривимірну суднову панель товщиною 10 мм (Create Plates).

8. Створити у вільному просторі поперечного перерізу судна по FR16 шпангоуту складну суднову панель, яка має 6 границь:



9. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Виходячи з яких умов необхідно ділити корпус судна на відсіки?
2. Яким чином забезпечується загальна поздовжня міцність корпусу судна?
3. Які основні сили діють на корпус судна на тихій воді?
4. Які основні сили діють на корпус судна в умовах хвилювання?
5. При затоплення якої кількості відсіків судно повинно залишатися на плаву?
6. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати поперечний переріз судна площиною, паралельною площині мідель-шпангоуту?
7. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати поздовжній переріз судна площиною, паралельною діаметральній площині?
8. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати горизонтальний переріз судна площиною, паралельною основній площині?
9. Який модуль у САПР CADMATIC дозволяє виконати перегляд тривимірної моделі судна?
10. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати листові конструкції корпусу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

«Вибір та встановлення систем набору суднових перекриттів з урахуванням вимог до загальної поздовжньої міцності в САПР CADMATIC»

Мета роботи: навчитися розробляти суднові перекриття з урахуванням основних вимог до загальної поздовжньої міцності корпусу при встановленні систем набору з використанням інструментів САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Вивчити основні правила встановлення систем набору суднових перекриттів, виходячи з того, що для забезпечення загальної поздовжньої міцності корпусу судна довжиною більше 80 м необхідно палубні та днищові перекриття набирати за поздовжньою системою, а бортові — за поперечною [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 2 та відеоуроки № 4, 9, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 2 в системі Moodle.

Завдання:

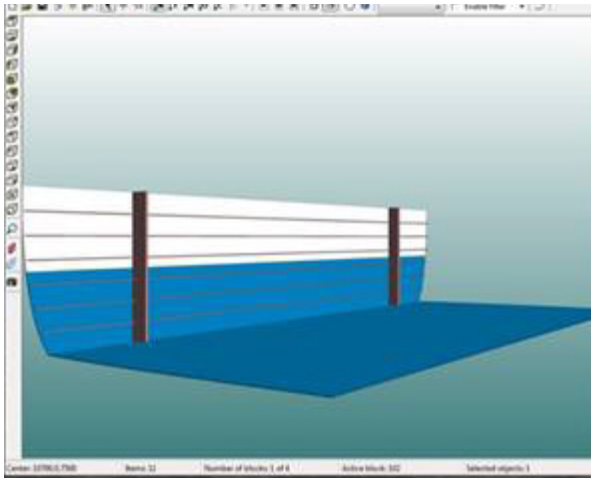
1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Обрати у базі даних види на поперечні перерізи по 14, 15 та 16 шпангоутам та видалити у кожному з них панелі, створені у попередній лабораторній роботі, командою Remove 3D-items.
3. Перейти до поздовжнього перерізу судна за координатою $y=0$ мм та видалити поздовжню перебірку.
4. Перейти до горизонтального виду на судно за координатою $z=6000$ мм та перемістити третю границю панелі з FR17-150 на FR22. Після кожної границі листа зробити Cutout 50 мм. Встановити область видимості конструкцій в діапазоні від FR11 до FR23.
5. Повернутися до поперечного перерізу по FR12+200 мм та, використовуючи панель інструментів Create Profiles, встановити на поперечній перебірці наступну систему набору балок:
 - 5.1. Встановити 6 горизонтальних профільних балок набору (команда Horizontal Profiles) з мінімальними розмірами, які є у базі

даних системи, та прямою вертикальною обрізкою кромek (тип А). Відстань кінців балок від границь панелі 50 мм.

5.2. Встановити 2 вертикальні профільні балки набору (команда Vertical Profiles) з максимальними розмірами, які є у базі даних системи, та обрізкою кромek типу В. Відстань кінців балок від нижньої границі панелі 25 мм, від верхньої — дорівнює нулю.

5.3. Використовуючи панель інструментів Modify Profiles, відредагувати відстань горизонтальних балок набору (команда Trim/Extend) від границь панелі з 50 мм до 25 мм.

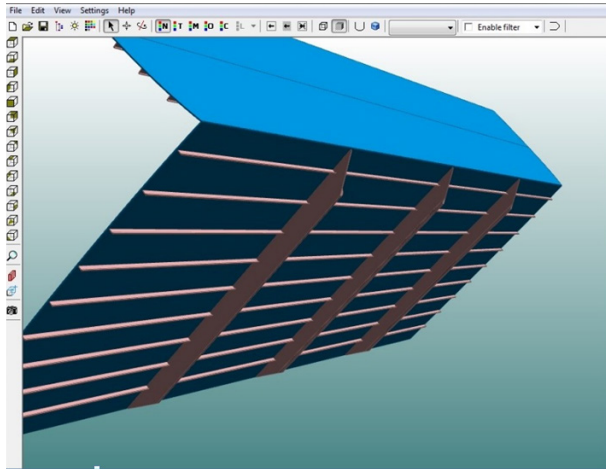
5.4. Відредагувати горизонтальні та вертикальні балки: підкріпити систему набору балок з протилежної сторони поперечної перебірки (команда Profile Selection — Body direction).



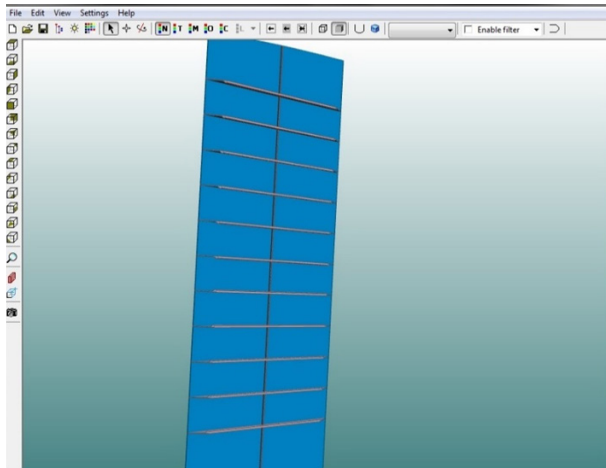
6. Повернутися до горизонтального перерізу за координатою $z=6000$ мм та, використовуючи панель інструментів CreateProfiles, встановити на настил наступну систему набору балок:

6.1. Встановити 9 вертикальних профільних балок набору з мінімальними розмірами, які є у базі даних системи, та прямою вертикальною обрізкою кромek (тип А). Відстань кінців балок від границь панелі 25 мм.

6.2. Встановити 3 горизонтальні профільні балки набору з максимальними розмірами, які є у базі даних системи, та обрізкою кромek типу В. Відстань кінців балок від границь панелі 25 мм.



6.3. Відредагувати систему набору: змінити поперечну на поздовжню систему (кількість горизонтальних балок — 12, вертикальних балок — 2, встановлених на 14 та 20 шпангоутах).



7. Створити поперечний переріз судна по FR22.

7.1. Встановити у цьому перерізі поперечну перебірку, аналогічну (без балок набору) поперечній перебірці на FR12+200 мм (команда Copy 3D-items).

7.2. Створити на панелі одну нахилену балку набору (команда Create Profiles, параметр Slanted). Розміри балки обрати самостійно.

7.3. На вільному місці даної панелі створити одну горизонтальну профільну балку будь-якого розміру та перемістити цей профіль на 200 мм вище у цій самій площині (команда Move 3D-items).

8. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. У чому відмінність балок основного набору від рамних?
2. Які профілі використовують у якості балок набору корпусу судна?
3. Що таке суднове перекриття?
4. Що таке система набору і яких типів вони бувають?
5. Виходячи з яких правил встановлюють окремі типи систем суднового набору?
6. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати профільні конструкції корпусу?
7. Що означає параметр Slanted при створенні профільних балок у САПР CADMATIC?
8. Які параметри обов'язково зазначають у САПР CADMATIC при створенні балок набору?
9. Яке значення треба змінити в меню Modify Profiles, щоб змінити напрямок бульбу балки у САПР CADMATIC?
10. Яке значення треба змінити в меню Modify Profiles, щоб розмістити балки з протилежної сторони панелі у САПР CADMATIC?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

«Зміна міцності суднового перекриття шляхом редагування системи набору в САПР CADMATIC»

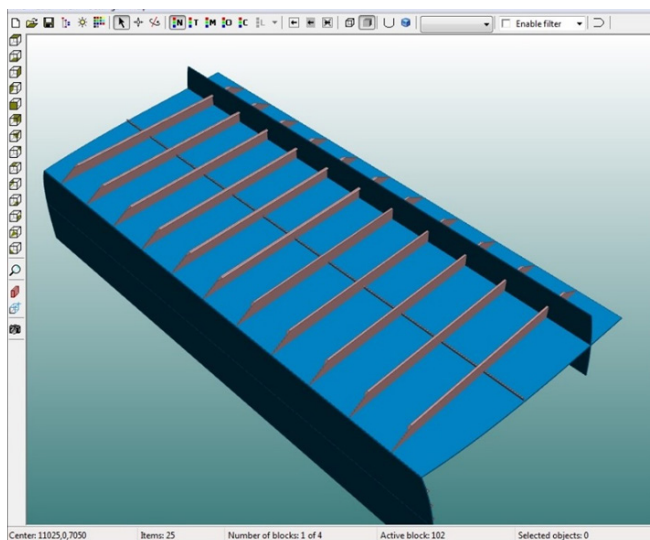
Мета роботи: вивчити поняття місцевої міцності та навчитися редагувати систему набору суднового перекриття з урахуванням її впливу на міцність перекриття, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

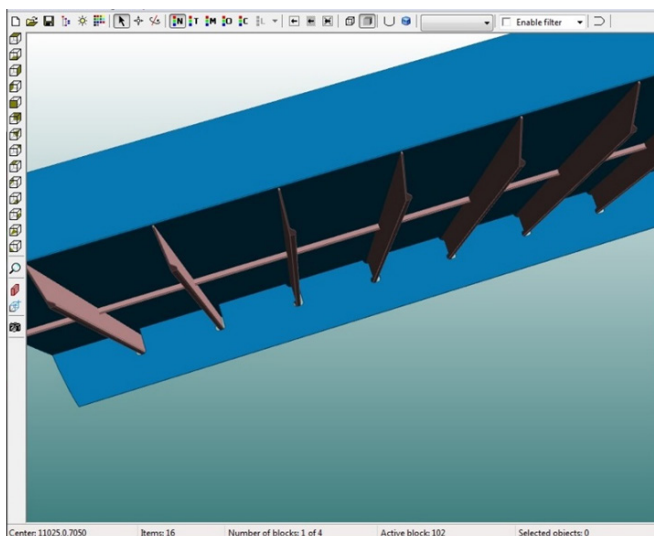
1. Вивчити основні вимоги до забезпечення місцевої міцності корпусу судна для редагування системи набору суднового перекриття [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 3 та відеоуроки № 4, 8, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 3 в системі Moodle.

Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Відкрити поперечний переріз судна по FR22.
 - 2.1. Видалити усі профільні конструкції з поперечної перебірки цього перерізу.
 - 2.2. Змінити значення нижньої границі поперечної перебірки з 6000 мм до 5100 мм.
 - 2.3. Перемістити дану поперечну перебірку з FR22 на FR21, використовуючи команду Move 3D-items.
3. Відкрити горизонтальний переріз судна на висоті 6000 мм. Перемістити третю границю панелі з FR22 на FR23. Подовжити подовжні балки даної панелі до FR23. Розбити усі поперечні (вертикальні) профілі навпіл командою Split.



4. Повернутися до поперечного перерізу судна по FR21. Використовуючи панель інструментів Create Cutouts, створити вирізи для проходів балок набору крізь поперечну перебірку.



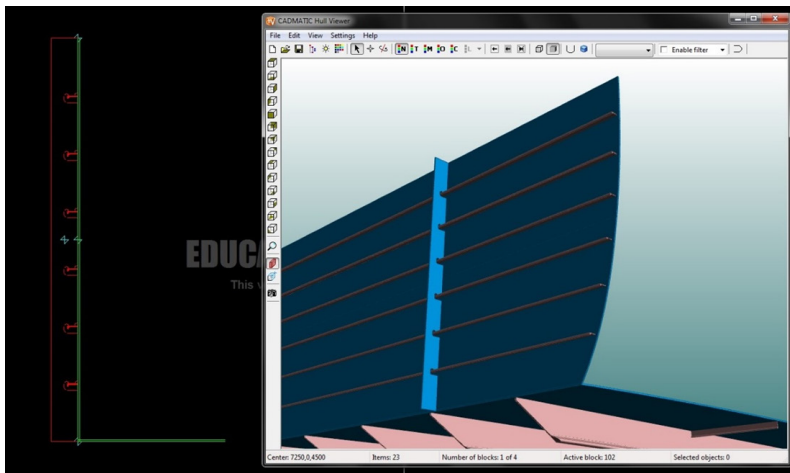
5. Повернутися до поперечного перерізу судна по FR12+200 мм, визначити координати у двох вертикальних профільних балок набору. Видалити ці балки. Горизонтальні балки підкріпити з протилежної сторони перебірки (команда Body direction).

6. Встановити рамні балки набору на поперечній перебірці:

6.1. Зробити поздовжній переріз судна за координатою у першої видаленої балки та обмежити область видимості виду.

6.2. Створити у цьому перерізі судову панель (рамну балку поперечної перебірки на FR12+200 мм), верхня та нижня границі якої обмежено висотою поперечної перебірки, ліва границя знаходиться на FR12-200 мм, а права – прив'язана до поперечної перебірки. Товщина рамної балки 10 мм.

6.3. Використовуючи панель інструментів Create Cutouts, створити вирізи для проходу балок набору крізь рамну балку.



6.4. Використовуючи панель інструментів Copy 3D-items, скопіювати створену рамну балку на другу координату у. Перевірити наявність у даній рамній балці вирізів для проходу балок набору.

6.5. Зберегти усі створені перерізи у базі даних системи.

7. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Як впливає розмір балок на міцність суднового перекриття?
2. Як встановити тип системи набору суднового перекриття?
3. У яких випадках використовується клітчаста система набору?
4. Що таке суднова пластина?
5. Як забезпечується місцева міцність судна?
6. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати вирізи для проходу балок набору крізь корпусні конструкції?
7. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє розбивати суднову панель на дві окремі частини?
8. Яка панель інструментів у САПР CADMATIC дозволяє повертати суднову панель навколо основних осей корпусу судна?
9. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати балки основного набору корпусу судна?
10. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати рамні балки корпусу судна?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

«Зниження металоємності корпусних конструкцій шляхом створення вирізів в САПР CADMATIC»

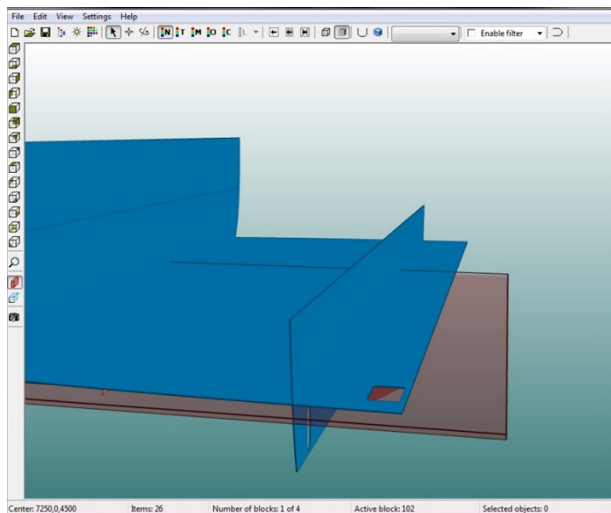
Мета роботи: вивчити загальні вимоги до технологічності корпусних конструкцій та навчитися створювати вирізи у суднових панелях з урахуванням основних вимог до металоємності та плавучості корпусу судна, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Проаналізувати загальні вимоги, що висувають до технологічності корпусних конструкцій з точки зору металоємності, а також основи нормування плавучості [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 4 та відеоуроки № 3, 5, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 4 в системі Moodle.

Завдання:

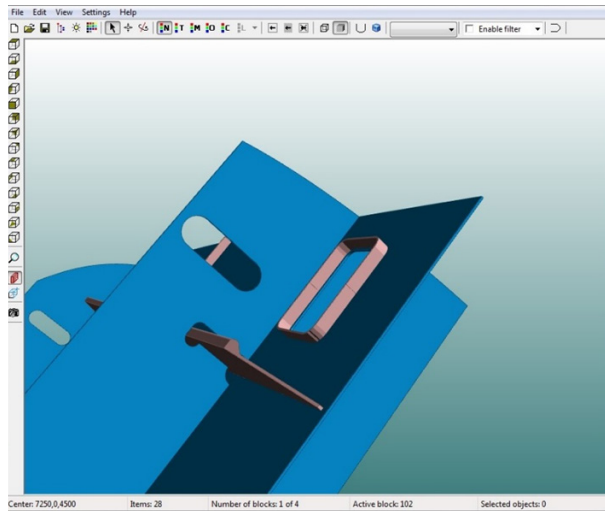
1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Відкрити поперечний переріз судна по FR21.
3. Використовуючи панель інструментів Create Holes, створити у нижній частині поперечної перебірки два вирізи (команда Fixed Hole) у формі окружності (діаметр обрати самостійно), що розташована симетрично відносно діаметральної площини на відстані 1500 мм від останньої.
4. Використовуючи панель інструментів Modify Holes, змінити форму вирізів та їх розміри (команда Size/Type).
5. Повернутися до поперечного перерізу судна по FR12+200 мм та відредагувати нижню границю поперечної перебірки, перемістивши її з 6000 мм на 5100 мм.
6. Створити у нижній частині поперечної перебірки вирізи, аналогічні вирізам на поперечній перебірці по 21-му шпангоуту.
7. Повернутися до горизонтального перерізу судна на висоті 6000 мм. У правому нижньому куточку настилу на відстані 400 мм від краю листа створити прямокутний виріз з округленими кутами, використовуючи панель інструментів Create Holes (команда Arbitrary Holes). Розміри вирізу: 1200×800 мм з радіусами 100 мм.



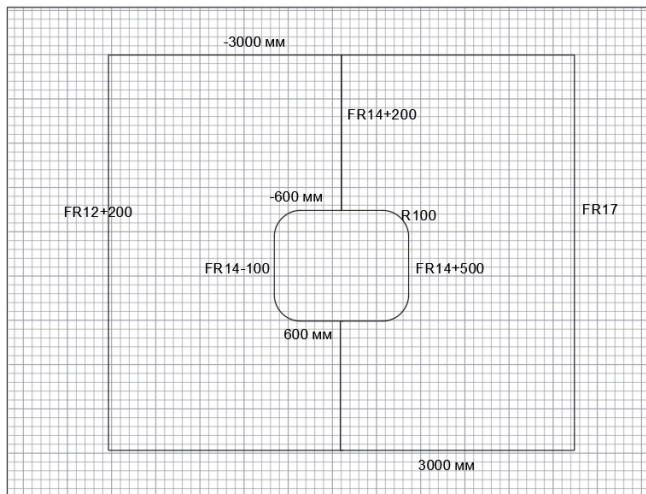
8. Змінити розміри вирізу на 1400×1000 мм (команда Relations). У випадку, якщо профільні балки перекриття перетинають виріз, то відредагувати їх у відповідності до розмірів вирізу.

9. У тому ж перерізі у лівому верхньому куточку панелі на відстані 400 мм від поперечної перебірки створити стандартний виріз з розмірами 550×400 мм (команда Fixed Hole). Відредагувати виріз: повернути виріз на 90 градусів у площині, в якій цей виріз створено (команда Turn); перемістити виріз у площині панелі на 150 мм праворуч (команда Shift).

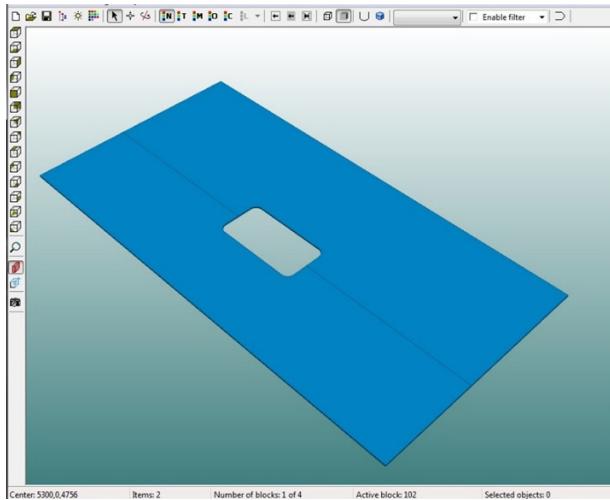
10. Створити навколо вирізу, що зроблено у п. 8, ребро жорсткості (РЖ) з гнутого профілю (команда Bent Profiles) полосою 120 мм, який складається з двох частин у вигляді букви П. Відстань від вирізу до профільної балки 25 мм. У випадку, якщо профільні балки перекриття перетинають РЖ, то відредагувати їх.



11. Створити горизонтальний переріз судна на висоті 9500 мм. Створити листову конструкцію, що складається з двох суднових панелей товщиною 12 мм з границями, наведеними на рисунку нижче.



Після побудови у листах буде утворено виріз.



12. Зберегти новий вид у базі даних системи.

13. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Які вимоги висувають до технологічності суднового корпусу?
2. У чому полягає призначення вирізів у корпусних конструкціях?
3. Які типи вирізів використовують при створенні корпусу судна?
4. Для чого необхідно зменшувати металоємність конструкцій судна?
5. Яким чином вага корпусу судна впливає на його плавучість?
6. Якою командою у САПР CADMATIC можна створити виріз у вигляді окружності?
7. Якою командою у САПР CADMATIC можна створити складний виріз з більш ніж чотирма границями?
8. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє побудувати систему вирізів вздовж криволінійної лінії?
9. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє повернути виріз на визначений кут повороту?
10. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє змінювати розміри складного нестандартизованого вирізу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

«Збільшення міцності суднового перекриття, що послаблено вирізом, в САПР CADMATIC»

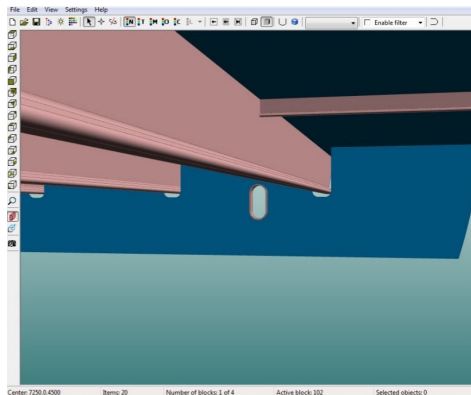
Мета роботи: вивчити поняття та особливості зміни жорсткості окремих суднових конструкцій, навчитися регулювати жорсткість пластин суднових перекриттів, що послаблені вирізами, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Вивчити основні фактори, що впливають на жорсткість суднових конструкцій, що послаблені вирізами [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 5 та відеоурок № 6, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 5 в системі Moodle.

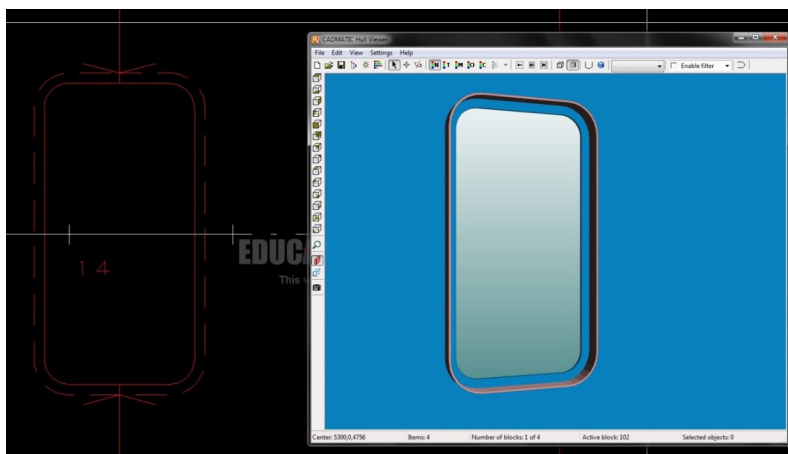
Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Відкрити поперечний переріз судна по FR12+200 та, використовуючи панель інструментів Face Plates (команда In Hole), створити фланець у вирізах, що зроблено на панелі поперечної перебірки. Профіль фланця — полосу. Ширина фланця — 80 мм.
3. Відкрити поперечний переріз судна по FR21 та, використовуючи панель інструментів Face Plates (команда In Hole), виконати побудови, аналогічні п. 2.



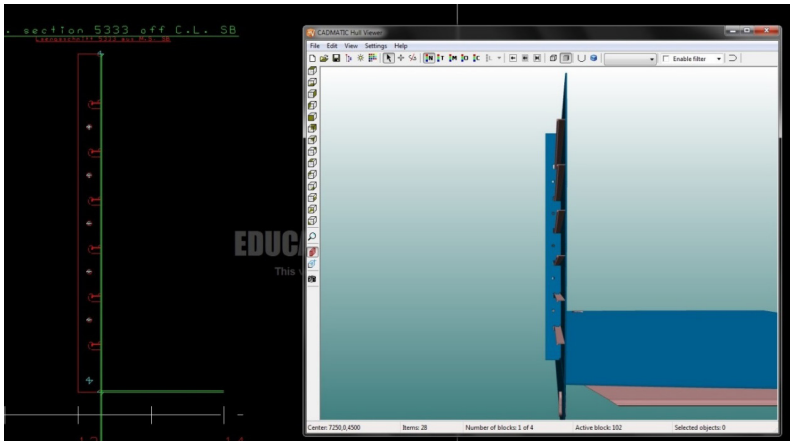
4. Перейти до горизонтального перерізу судна на висоті 6000 мм та зробити фланець у вирізі, що знаходиться у верхній лівій частині панелі. Використовуючи панель інструментів Modify Face Plates, змінити відстань між крайками фланцю з 0 до 20 мм (параметр GAP).

5. Перейти до горизонтального перерізу на висоті 9500 мм та створити навколо вирізу, що зроблено у попередній роботі, ребро жорсткості з гнучого профілю (команда Bent Profiles), який складається з двох частин у вигляді букви П (профіль РЖ — полособульб несиметричний, розміри 140×8 мм). Відстань від вирізу до профільної балки складає 30 мм.



6. Перейти до поздовжнього перерізу за першою координатою y_1 , на якій встановлено рамну балку поперечної перебірки, що знаходиться на FR12+200 мм.

6.1. Зробити на рамній балці систему із 5-ти вирізів діаметром 60 мм паралельно більшій стороні рамної балки (команда Fixed Hole).

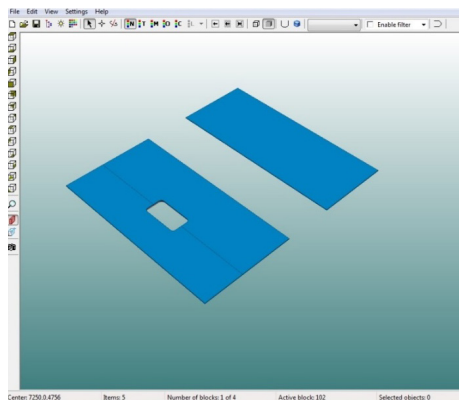


6.2. На границях рамної балки, що примикають до поперечної перерізки, виконати кутові вирізи (меню Modify Plates, команда Cutouts) радіусом 35 мм.

6.3. На вільній границі рамної балки приварити фланець у вигляді прямої полоси шириною 100 мм, використовуючи панель інструментів Face Plates (команда Straight Plates). Обрізка краєк фланця типу G.

6.4. Виконати аналогічні побудови на другій рамній балці за y_2 .

7. Відкрити горизонтальний переріз судна на висоті 9500 мм. Створити суднову панель з наступними границями: ліва — знаходиться на FR20-400, нижня та верхня — 3000 мм та -3000 мм, права — знаходиться на FR23.



8. Перейти до поперечного перерізу по FR16.

8.1. Створити просту панель з наступними границями відповідно проти часової стрілки: –3000 мм, настил нижньої палуби на висоті 6000 мм, 3000 мм, настил палуби на висоті 9500 мм.

8.2. Використовуючи панель інструментів Modify Panels (команда Plane), нахилити панель, змінивши координати точок верхньої границі панелі так, щоб вона перемістилася на FR20–400.

8.3. Створити поздовжній переріз судна за $y = 0$ мм та зберегти вид у базі даних системи.

8.4. Видалити нахилену панель.

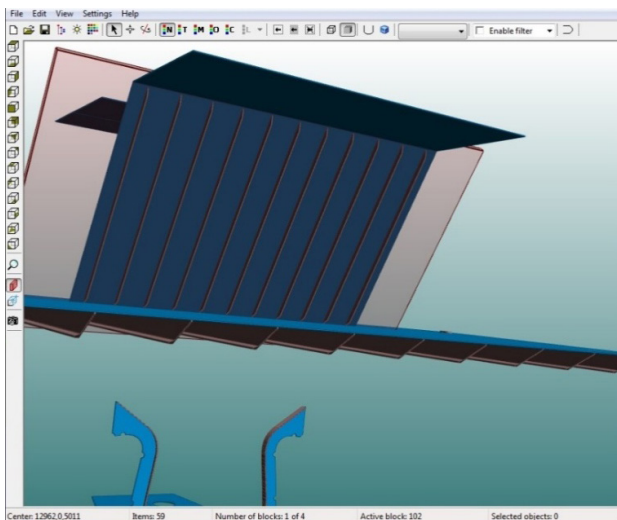
9. Зробити переріз судна, відмінний від стандартних судових площин, використовуючи команду Perpendicular View з наступними координатами точок площини:

- точка 1: FR16, –4000 мм, 6000 мм;
- точка 2: FR16, 4000 мм, 6000 мм;
- точка 3: FR20–400, –4000 мм, 9500 мм.

9.1. Зберегти вид у базі даних системи.

9.2. Створити у новій площині панель з границями, аналогічними пп. 8.1.

9.3. Підкріпити нову судову панель поздовжніми профільними балками набору (кількість балок — 10, розмір 120×8 мм, тип кромок B).



9.4. Перейти до поздовжнього перерізу за $y = 0$ мм та перевірити правильність розташування нахиленої панелі.

10. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Що входить до поняття жорсткості корпусних конструкцій?
2. Які суднові елементи забезпечують жорсткість судна?
3. Які конструктивні вимоги висувають до фланців?
4. Для чого використовують ребра жорсткості на суднових корпусних конструкціях?
5. Як товщина пластини впливає на жорсткість перекриття в цілому?
6. Якою командою у САПР CADMATIS можна створити фланець, що підкріплює виріз?
7. За що відповідає параметр Gary САПР CADMATIS при створенні фланця у вирізі?
8. Яка команда у САПР CADMATIS дозволяє створювати ребра жорсткості на панелях?
9. Чи необхідно у САПР CADMATIS вказувати тип обрізки кромок при створенні фланця у вирізі?
10. Чи можна у САПР CADMATIS створювати фланець у вирізі, що зроблено через складні границі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

«Зниження концентрації напружень в місцях з'єднання корпусних конструкцій в САПР CADMATIC»

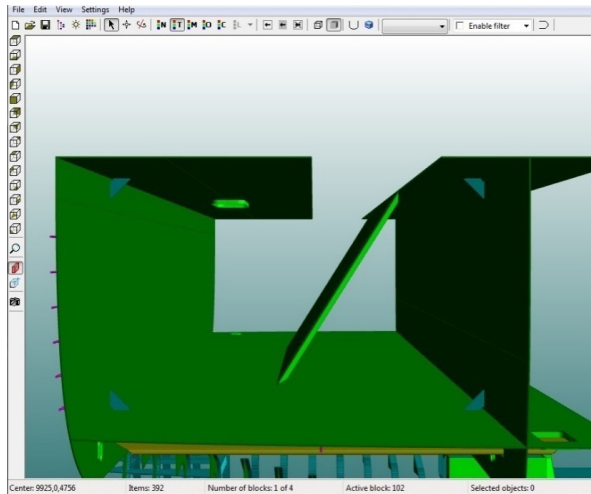
Мета роботи: вивчити поняття і особливості утворення концентрації напружень в суднових конструкціях та навчитися зменшувати їх величину в місцях з'єднання корпусних конструкцій, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Вивчити основні конструктивні фактори, що впливають на виникнення явища концентрації напружень, яке виникає у місцях з'єднання корпусних конструкцій: балок основного та рамного набору, балок набору та листових конструкцій [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 6 та відеоурок №7, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 6 в системі Moodle.

Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Відкрити горизонтальний переріз судна на висоті 9500 мм та відредагувати обидві частини настилу палуби таким чином, щоб верхня та нижня границя панелей були у відповідності до ширини поперечних перебірок (команда Modify Plate Relations).
3. Відкрити поздовжній переріз судна за y_1 . Використовуючи панель інструментів Create Brackets, встановити бракети (синтаксис та розміри бракети обрати самостійно у відповідності до розмірів конструкції) в місцях з'єднання конструкцій суднового набору: верхньої палуби і поперечної перебірки (на FR21) та нижньої палуби і поперечної перебірки (на FR21). Бракети встановити з правої сторони від поперечної перебірки.



4. Відкрити поздовжній переріз судна за y_2 . Виконати побудови, аналогічні п. 4.

5. Створити на настилі нижньої палуби (на висоті 6000 мм) бак для зберігання рідини:

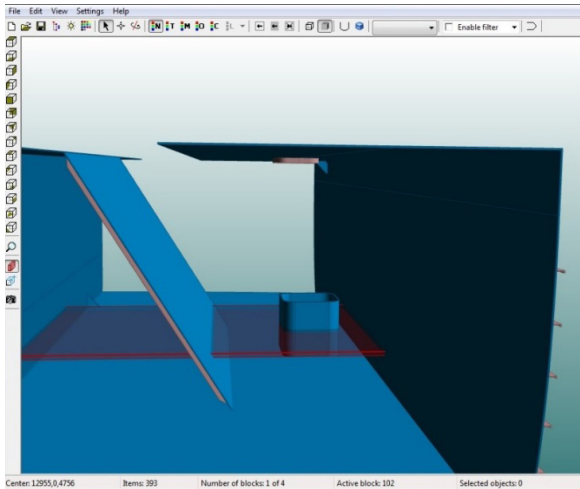
5.1. Створюємо поперечний переріз судна по FR13. Побудувати у даному перерізі листову конструкцію з наступними границями: 100 мм, 6000 мм, 1100 мм, 7000 мм. Товщина панелі — 12 мм.

5.2. Створюємо поперечний переріз судна по FR15–300. Побудувати листову конструкцію з наступними границями: 100 мм, 6000 мм, 1100 мм, 7000 мм. Товщина панелі — 12 мм.

5.3. Створюємо поздовжній переріз судна за $y = 100$ мм. Побудувати листову конструкцію з наступними границями: FR13, 6000 мм, FR15–300, 7000 мм. Товщина панелі — 12 мм.

5.4. Створюємо поздовжній переріз судна за $y = 1100$ мм. Побудувати листову конструкцію з наступними границями: FR13, 6000 мм, FR15–300, 7000 мм. Товщина панелі — 12 мм.

5.5. Створюємо горизонтальний переріз судна на висоті $z = 6500$ мм. Використовуючи панель інструментів Modify Plates, команда Connect by Knuckle, з'єднуємо усі чотири панелі в одну конструкцію з радіусами 200 мм.



5.6. Зберегти усі види у базі даних системи.

6. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Що таке напруження?
2. Які причини виникнення місць концентрації напружень?
3. Яким чином знижується рівень концентрації напружень в корпусних конструкціях?
4. Які навантаження діють на корпус судна?
5. Чим втомна міцність конструкцій відрізняється від загальної?
6. Чи можливо у САПР CADMATIC при створенні бракет самостійно обирати розміри бракети?
7. Які існують способи створення бракет в САПР CADMATIC?
8. Що значить параметр Free при створенні бракет в САПР CADMATIC?
9. Від чого залежить наявність відігнутого фланцю на бракеті у САПР CADMATIC?
10. Як створити складну бракету, синтаксис якої відсутній у базі даних системи CADMATIC?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

«Забезпечення жорсткості суднового корпусу шляхом встановлення рамних шпангоутів в САПР CADMATIC»

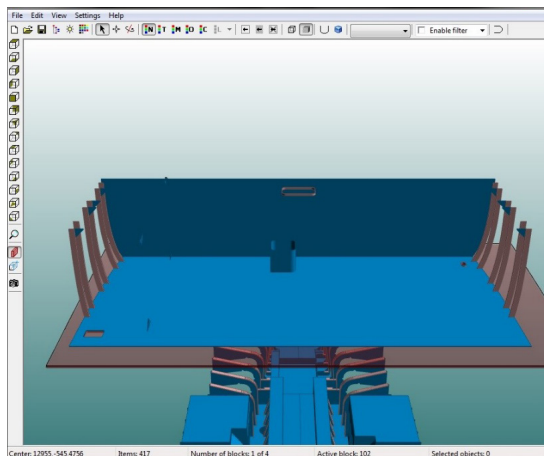
Мета роботи: вивчити особливості утворення шпангоутних рам на судновому корпусі та навчитися встановлювати рамні шпангоути на судні, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Вивчити особливості утворення шпангоутних рам у корпусі судна для забезпечення жорсткості суднового корпусу [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 7 та відеоурок №6, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 7 в системі Moodle.

Завдання:

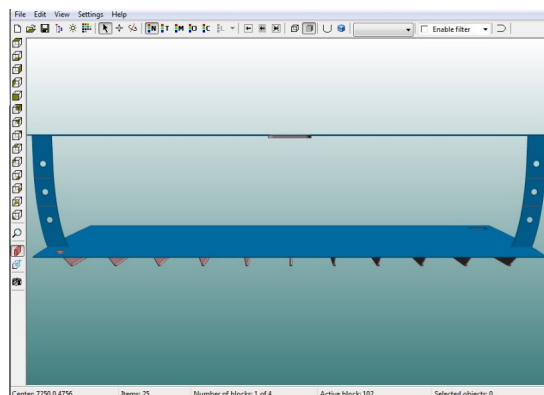
1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Створити поперечний переріз судна по FR13.
 - 2.1. Використовуючи панель інструментів Create Profiles, встановити шпангоут основного набору (профіль полоособульб, висота 150...200 мм, Endtype — J) на бортовому перекритті корпусу судна (команда Profiles in View).
 - 2.2. Встановити бракети у верхній та нижній частинах шпангоуту (команда Brackets in View).
 - 2.3. Використовуючи панель інструментів Create Corner Holes (команда Corner Hole), встановити кутові шпігати у верхній та нижній частинах шпангоутів в місцях, що примикають до зовнішньої обшиви корпусу (радіус шпігатів 35 мм).
3. Виконати побудови, аналогічні п. 2, у поперечних перерізах судна по FR14, FR16, FR17.



4. Створити поперечний переріз судна по FR15 та встановити з обох сторін бортового перекриття рамні шпангоути, використовуючи панель інструментів Create Panels.

4.1. Границі рамного шпангоуту встановити такими: перша — паралельно бортовій обшивці на відстані 600 мм (параметр Parallel), друга — прив'язана до настилу, третя — прив'язана до бортової обшивки (параметр Shape), четверта — прив'язана до настилу палуби.

4.2. Зробити три вирізи (окружності) у рамній балці, які розташовано вертикально (діаметр 200 мм) паралельно зовнішній обшивці корпусу (панель інструментів Create Holes, команда Parallel to line — Hole Parallel to line Related).



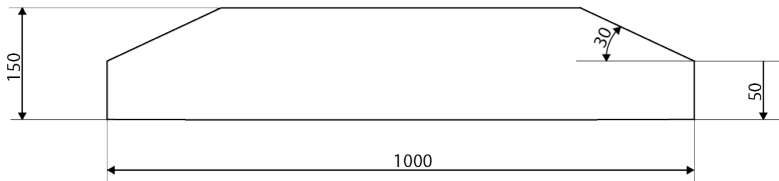
4.3. Встановити 2 горизонтальні ребра жорсткості між вирізами, використовуючи панель інструментів Create Profiles (розмір РЖ 100×8 мм, Endtype — А).

4.4. Скопіювати одержану рамну балку на поперечний переріз судна по FR18–200 (команда Copy 3D-items).

5. Створити поперечний переріз судна по FR22. Створити суднову панель, використовуючи панель інструментів Create Panels, з наступними границями: мінімальна ширина 200 мм; мінімальна висота 6000 мм; максимальна ширина 200 мм; параметр Angle from 45 град; максимальна ширина 500 мм; максимальна висота 7000 мм.

6. Видалити отриману суднову панель. У даному ж перерізі створити нову суднову панель, з наступними границями: мінімальна ширина 200 мм; мінімальна висота 6000 мм; параметр Angle to 45 град; максимальна висота 6300 мм; максимальна ширина 500 мм; максимальна висота 7000 мм.

7. Видалити отриману суднову панель. У даному ж перерізі створити нову суднову панель, що показано на рисунку:



8. Зберегти усі види у базі даних системи.

9. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Що таке шпангоут?
2. Чим відрізняються основні шпангоути від рамних?
3. Яким чином утворюється шпангоутна рама?
4. З яких елементів складаються рамні шпангоути?
5. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати шпангоути основного набору у корпусі судна?
6. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє створювати рамні шпангоути у корпусі судна?
7. Яка команда у САПР CADMATIC дозволяє редагувати шпангоути основного набору у корпусі судна?

8. Яка команда у САПР CADMATIS дозволяє редагувати рамні шпангоути у корпусі судна?

9. Що необхідно зробити, якщо край шпангоуту у САПР CADMATIS врізається в інші конструкції корпусу судна?

10. В якому модулі у САПР CADMATIS видно, що одна конструкція корпусу судна врізалась в іншу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

«Збільшення жорсткості вільних крайок суднових листових конструкцій в САПР CADMATIC»

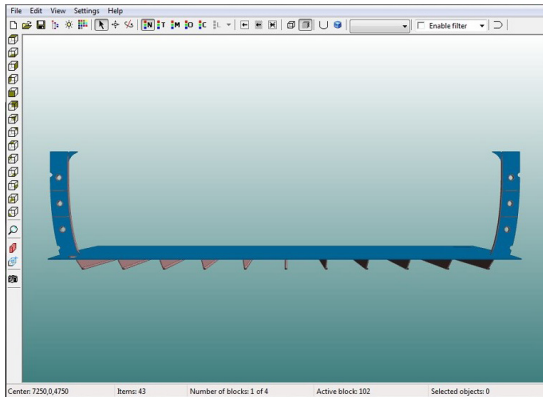
Мета роботи: вивчити основи забезпечення жорсткості суднових листових конструкцій на прикладі суднових панелей з вільними крайками та навчитися створювати фланці у корпусних конструкціях, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

1. Вивчити основи забезпечення жорсткості суднових листових конструкцій на прикладі суднових панелей з вільними крайками [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 8 та відеоуроки №6, 7, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 8 в системі Moodle.

Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Відкрити поперечний переріз судна по FR15.
 - 2.1. Встановити приварний фланець на вільній кромці рамних шпангоутів обох бортів (ширина полоси 100 мм, Endtype — B), використовуючи панель інструментів Face Plates, команда Bent.
 - 2.2. У вирізах рамного шпангоуту встановити приварні фланці шириною 80 мм, що складаються з двох частин (панель інструментів Face Plates, In hole).
 - 2.3. У місці з'єднання рамних шпангоутів з настилом верхньої палуби встановити бракети (синтаксис і розміри обрати самостійно), використовуючи панель інструментів Create Brackets.
 - 2.4. Використовуючи панель інструментів Create Corner Holes (команда Hole at Seam), встановити шпигати вздовж зварних швів по границям рамних шпангоутів, що примикають до зовнішньої обшиви корпусу (радіус шпигатів 50 мм).
 - 2.5. Використовуючи команду Modify Plate Relations, виконати шпигати (параметр Cutouts) у верхньому та нижньому кутах рамних шпангоутів в місцях, що примикають до зовнішньої обшиви корпусу (радіус 50 мм).

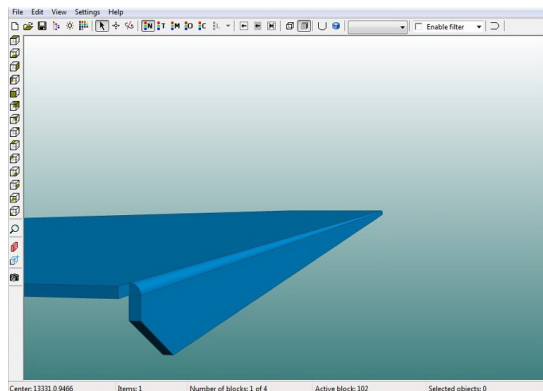


2.6. Відкрити поперечний переріз судна по FR18–200 мм та виконати побудови, аналогічні пп. 2.1–2.5.

3. Відкрити поперечний переріз судна по FR21 та зробити шпигати у поперечній перебірці по границях, що примикають до корпусних конструкцій та зовнішньої обшиви, використовуючи панель інструментів Create Corner Holes (Hole along Line) — радіус шпигатів 60 мм, кількість шпигатів обрати самостійно з діапазону 3...5.

4. Відкрити горизонтальний переріз судна на висоті 9500 мм. Використовуючи панель інструментів Create Flange, створити відігнутий фланець (ширина 80 мм, Endtype — A) на вільній крайці (FR17) настилу. Фланець відігнути донизу.

5. Використовуючи панель інструментів Modify Flange, відредувати відігнутий фланець наступним чином: ширина 100 мм, відступ крайніх точок фланця від границь панелі 50 мм, Endtype — B.



6. Відкрити поперечний переріз судна по FR23 та, використовуючи панель інструментів CreatePanels, побудувати листову конструкцію у вигляді прямокутного трикутника з катетами 800 та 400 мм (використати параметр Crossover).

7. Відкрити поперечний переріз судна по FR21. Видалити усі профільні балки з поперечної перебірки. Встановити систему набору балок, аналогічну системі набору поперечної перебірки, що знаходиться на FR12+200 мм.

8. Оформити звіт.

Контрольні питання:

1. Що таке фланець?
2. Які вимоги висувають до фланців?
3. Яким чином можна збільшити жорсткість вільної крайки суднового листа?
4. Чим відрізняється відігнутий фланець від того, що було приварено?
5. Що таке вільна крайка листа?
6. Яке меню у САПР CADMATIS дозволяє створити відігнутий фланець на вільній кромці листа?
7. Яке меню у САПР CADMATIS дозволяє створити прямий приварний фланець у листовій конструкції?
8. Яке меню у САПР CADMATIS дозволяє створити криволінійний приварний фланець у листовій конструкції?
9. Яке меню у САПР CADMATIS дозволяє створити приварний фланець у вирізі?
10. Чи має значення при створенні відігнутого фланця у САПР CADMATIS послідовність вказування початкової та кінцевої точок фланця?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

«Розробка конструкторської документації на суднову секцію в САПР CADMATIC»

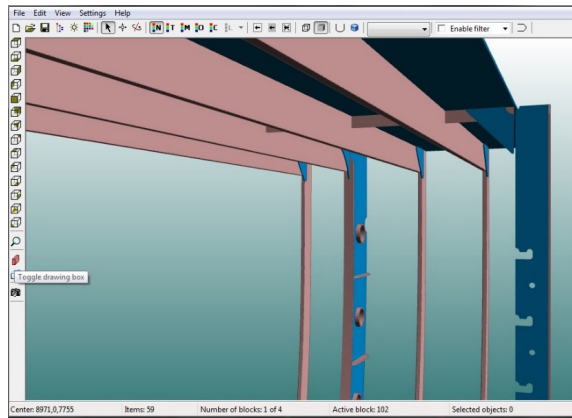
Мета роботи: вивчити основну технічну і конструкторську документацію на корпус судна та навчитися розробляти основні креслення на суднову секцію, використовуючи інструменти САПР CADMATIC.

Підготовка до роботи:

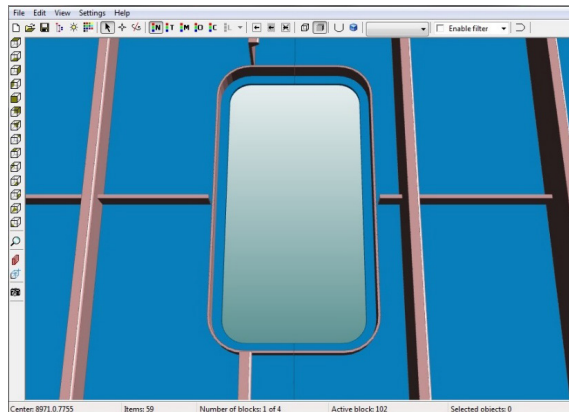
1. Вивчити основну конструкторську документацію на корпус судна, її різновиди та особливості розробки [3].
2. Переглянути мультимедійну лабораторну роботу № 9 та відеоурок №10, представлені в системі Moodle.
3. Пройти тестовий контроль № 9 в системі Moodle.

Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 102.
2. Відкрити горизонтальний переріз судна на висоті 9500 мм.
 - 2.1. На лівій панелі, що примикає до поперечної перебірки на FR12+200 мм, встановити систему профільних балок набору (n вертикальних балок (у відповідності до кількості шпангоутів бортової обшиви) та n горизонтальних балок (з урахуванням кількості та розташування рамних балок поперечної перебірки), розміри балок обрати самостійно таким чином, щоб вертикальні балки були приблизно втричі більші за горизонтальні.



2.2. Відкоригувати профільні балки з урахуванням наявності вирізу у панелі, використовуючи меню Create Profiles (команда Trim/Extend).

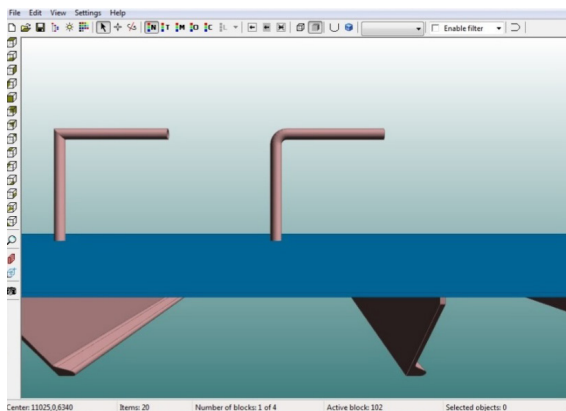


3. Зробити поперечний переріз судна по FR19.

3.1. Використовуючи панель інструментів Create Pillars, побудувати у даному перерізі один горизонтальний (Horizontal Pillar) та один вертикальний пілерси (Vertical Pillar). Профіль — труба. Розміри обох пілерсів 100×8 мм. Пілерси повинні підходити один до одного так, щоб утворювалася буква Г.

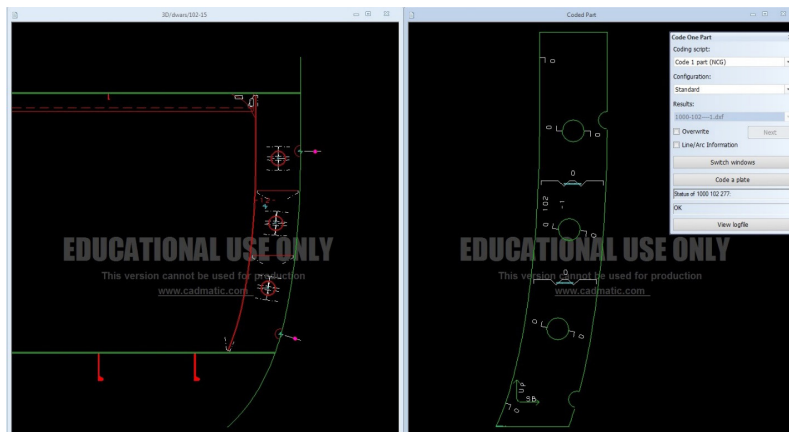
3.2. Використовуючи команду Connect-L, з'єднати створені пілерси (послідовність вказування кромek пілерсів має значення).

3.3. Використовуючи команду Bent Line панелі інструментів Create Pillars, у тому ж перерізі зробити гнутий пілерс у формі букви Г з радіусом 100 мм.

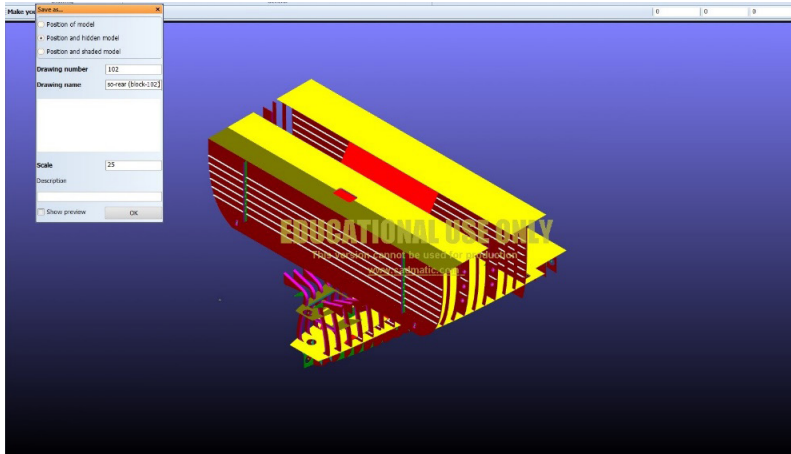


3.4. На нижній кромці гнутого пілерсу встановити заглушку (команда Round Double Plating меню Foundations) з обов'язковим вказуванням імені, під яким буде зберігатися заглушка в базі даних системи.

4. Використовуючи в меню Production команду Code One Part (Code a Plate), створити робочі (контур панелі та маркування) креслення на листи суднової секції: поперечні перебірки, настили.



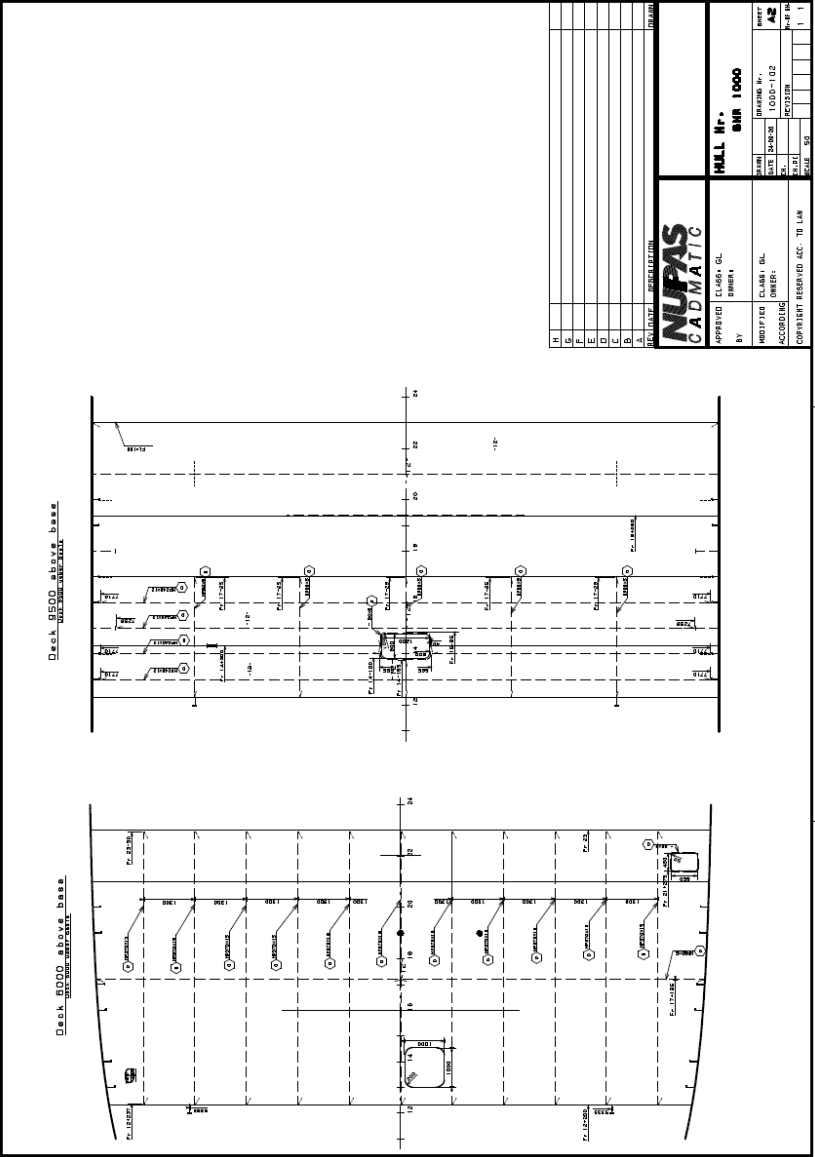
5. Перейти до модулю 3D-Show (меню Hull), створити ізометричну проєкцію активного блоку (команда Show Active Block). Зберегти дану проєкцію у базі даних системи.



6. Використовуючи панелі інструментів Sheet Drawings, Dimensions та Symbols, створити креслення основних видів отриманої у попередніх роботах секції (встановити усі необхідні розміри секції та її окремих елементів, загальні підписи видів, масштаб креслення).

7. Зберегти оформлені креслення у базі даних системи та у форматах DWG або PDF:

8. Оформити звіт.





Контрольні питання:

1. Назвіть основні етапи проектування корпусу судна.
2. Які креслення складають конструкторську документацію на корпус судна?
3. Що таке суднова секція?
4. Які вимоги висувають до оформлення креслень?
5. Що таке робоче креслення?
6. Яке меню у САПР CADMATIS дозволяє оформляти види на судно у вигляді креслень?
7. Яка панель інструментів у САПР CADMATIS дозволяє про-
ставляти розміри та символи на кресленнях?
8. Яка панель інструментів у САПР CADMATIS дозволяє ство-
рювати пілерси?
9. Яка команда у САПР CADMATIS дозволяє створювати гнучий
пілерс?
10. Яка панель інструментів у САПР CADMATIS дозволяє ство-
рювати шпигати у корпусних конструкціях?

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

«Розробка тривимірної моделі суднової секції»

Мета роботи: використовуючи основну конструкторську документацію на корпус судна, розробити тривимірну модель суднової секції інструментами САПР CADMATIC на базі знань, отриманих в ході лабораторного практикуму.

Підготовка до роботи:

1. Переглянути мультимедійні лабораторні роботи № 1–9 та відеоуроки №1–10, представлені в системі Moodle.
2. Пройти випускний тестовий контроль в системі Moodle.

Завдання:

1. Відкрити робочий проект судна в системі CADMATIC, модуль Hull, блок 108.
2. Використовуючи представлені нижче креслення (рис. 1–4), розробити тривимірну модель суднової секції (рис. 5–8), що розташована у блоці 108.
3. Розробити пакет конструкторської документації на суднову секцію, яку одержано в п. 2 (рис. 9–11).

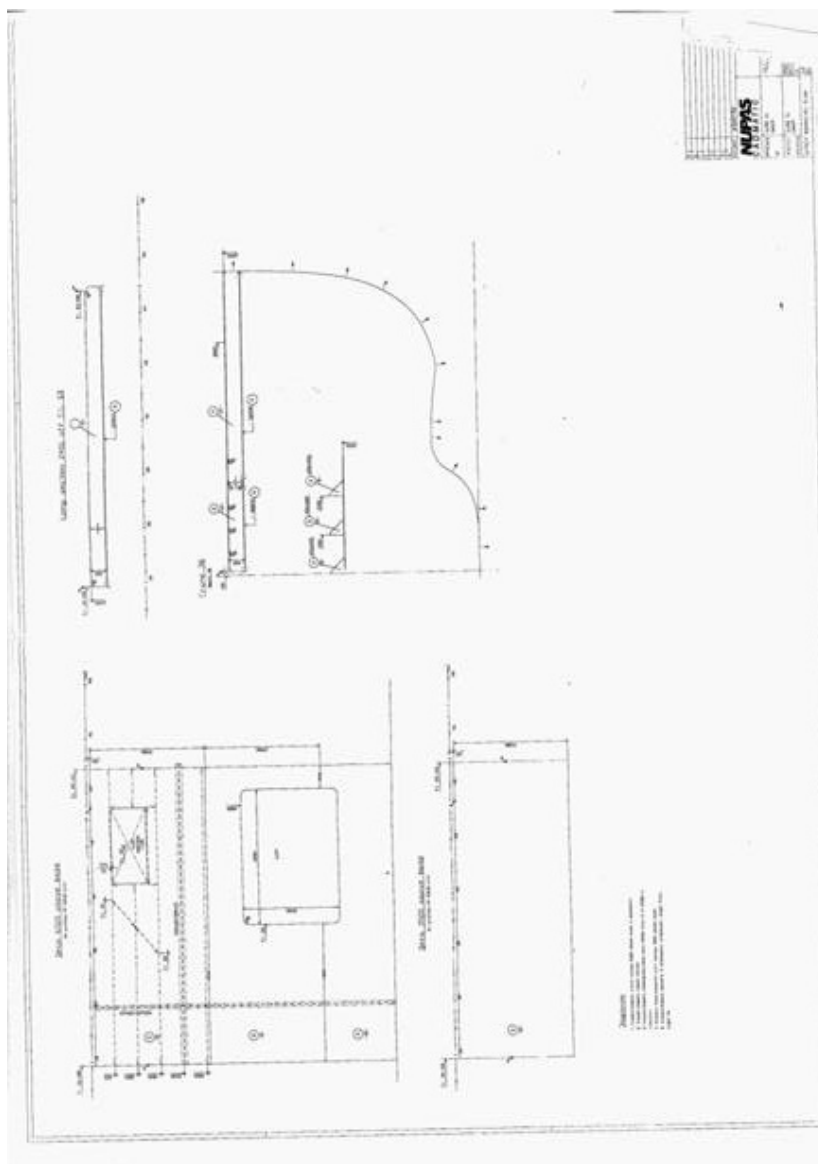


Рис. 1. Креслення на суднову секцію (частина 1 завдання)



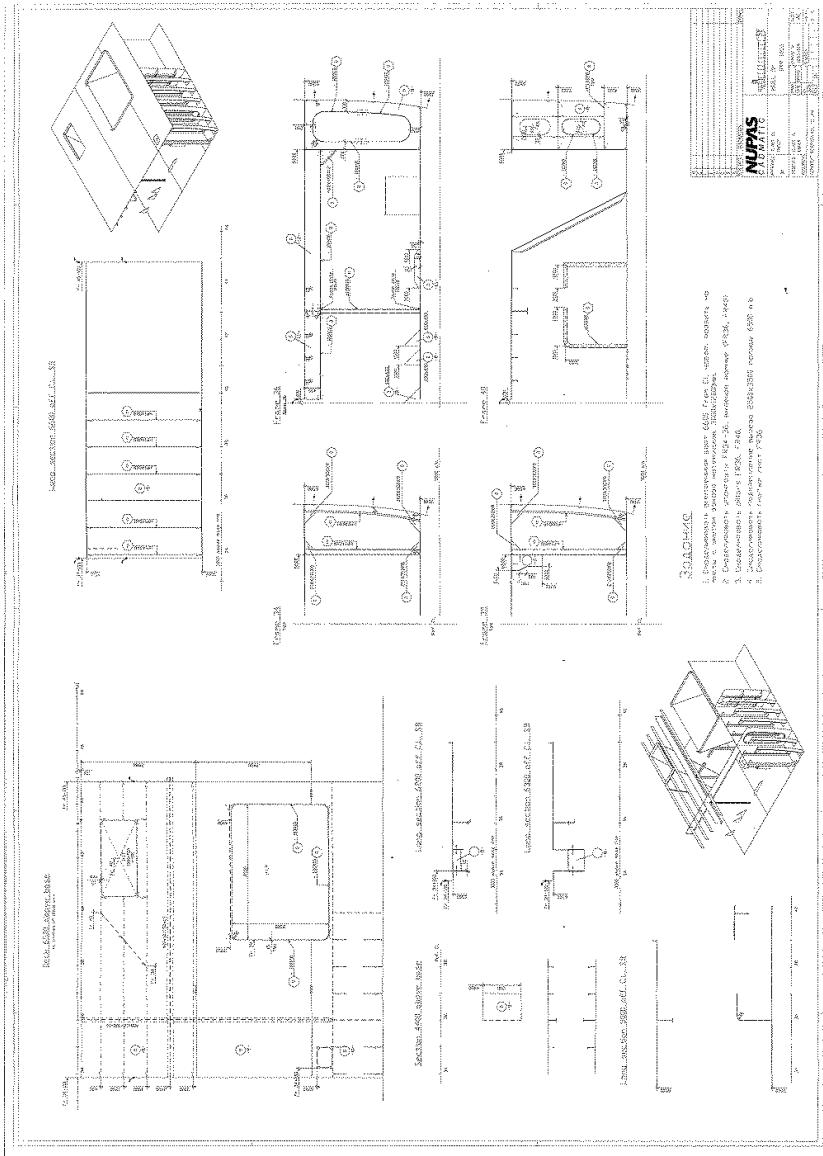


Рис. 3. Креслення на суднову секцію (частина 3 завдання)

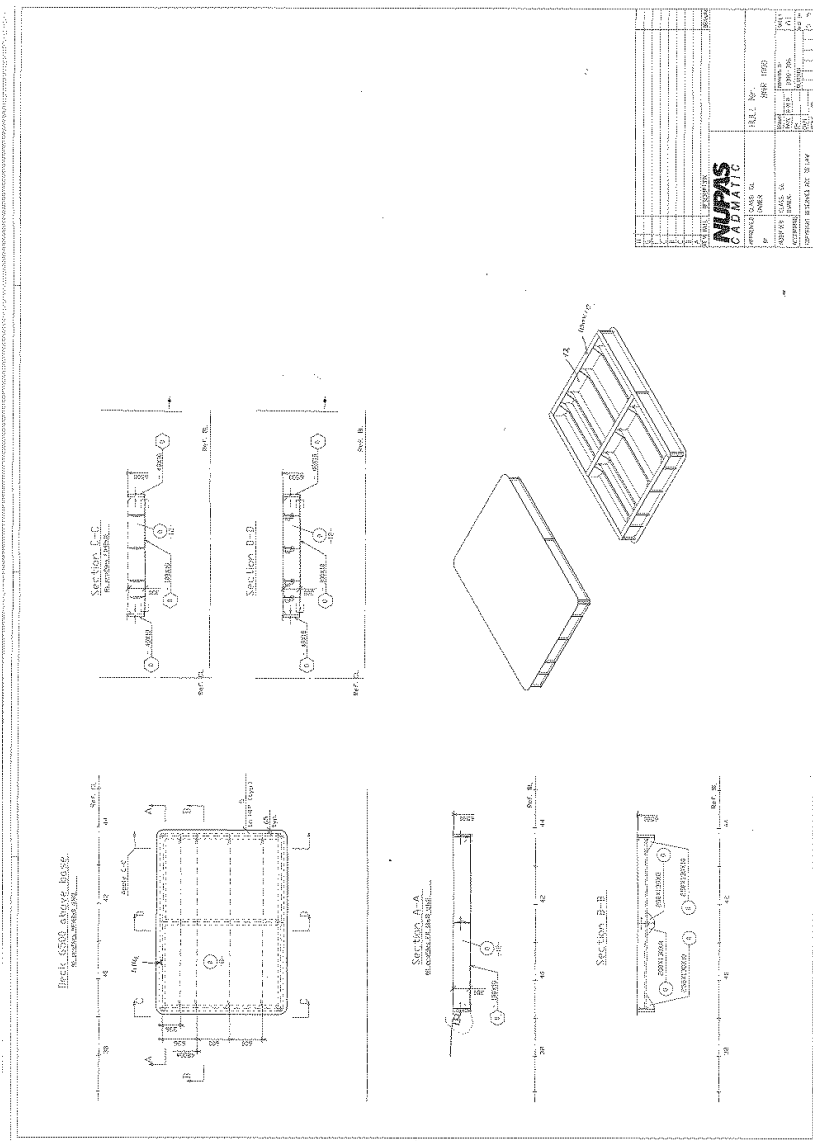


Рис. 4. Креслення люкового закриття (частина 4 завдання)

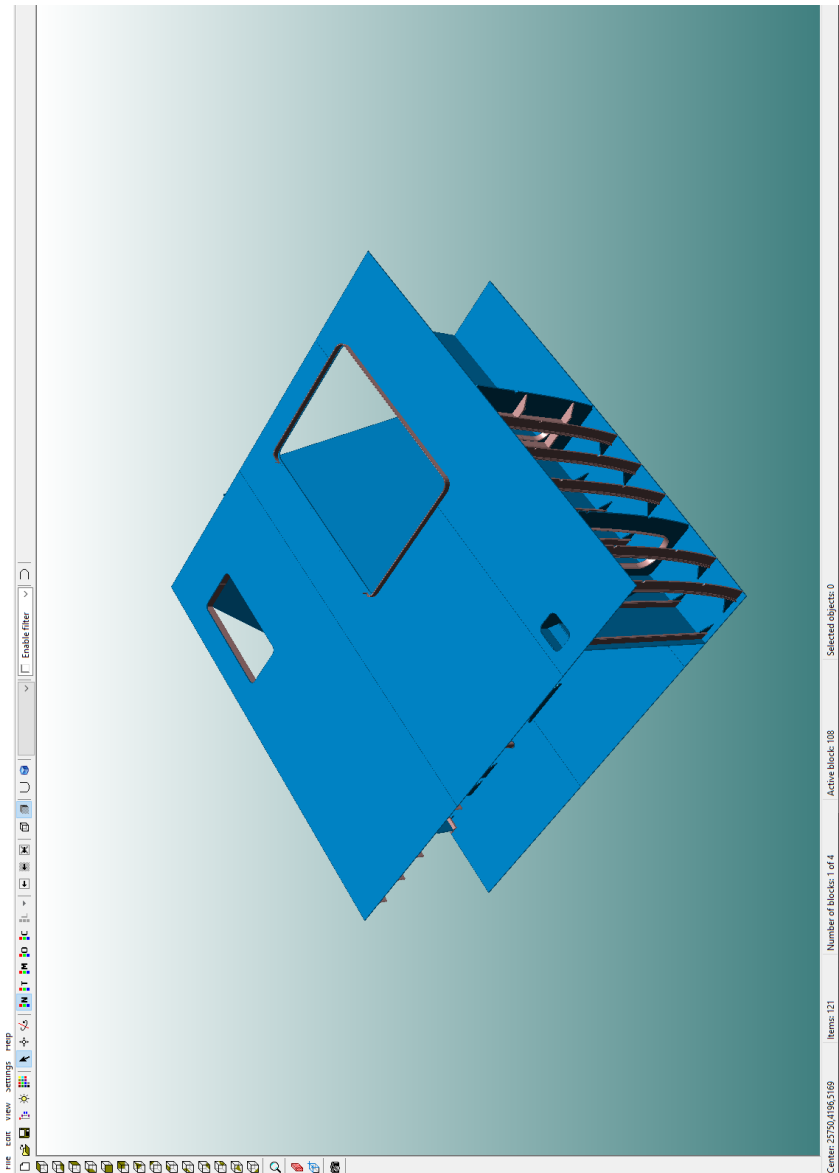


Рис. 5. Тривимірна модель суднової секції

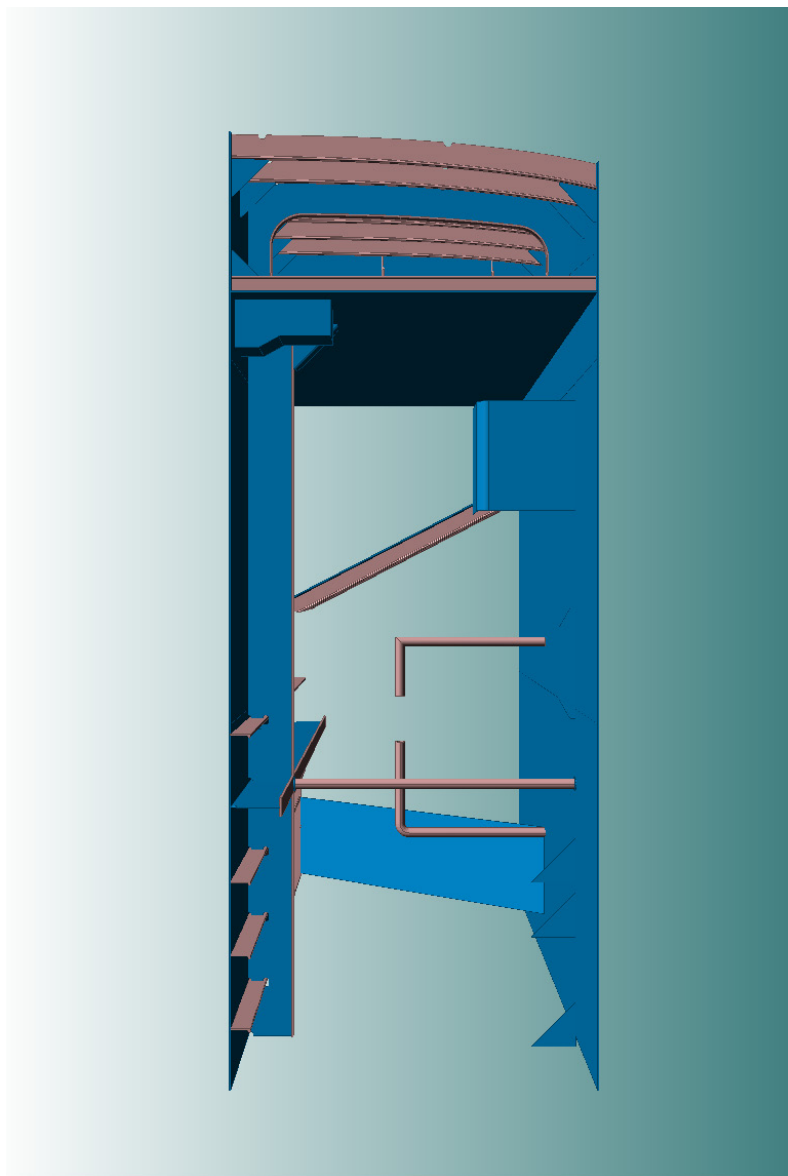


Рис. 6. Тривимірна модель суднової секції

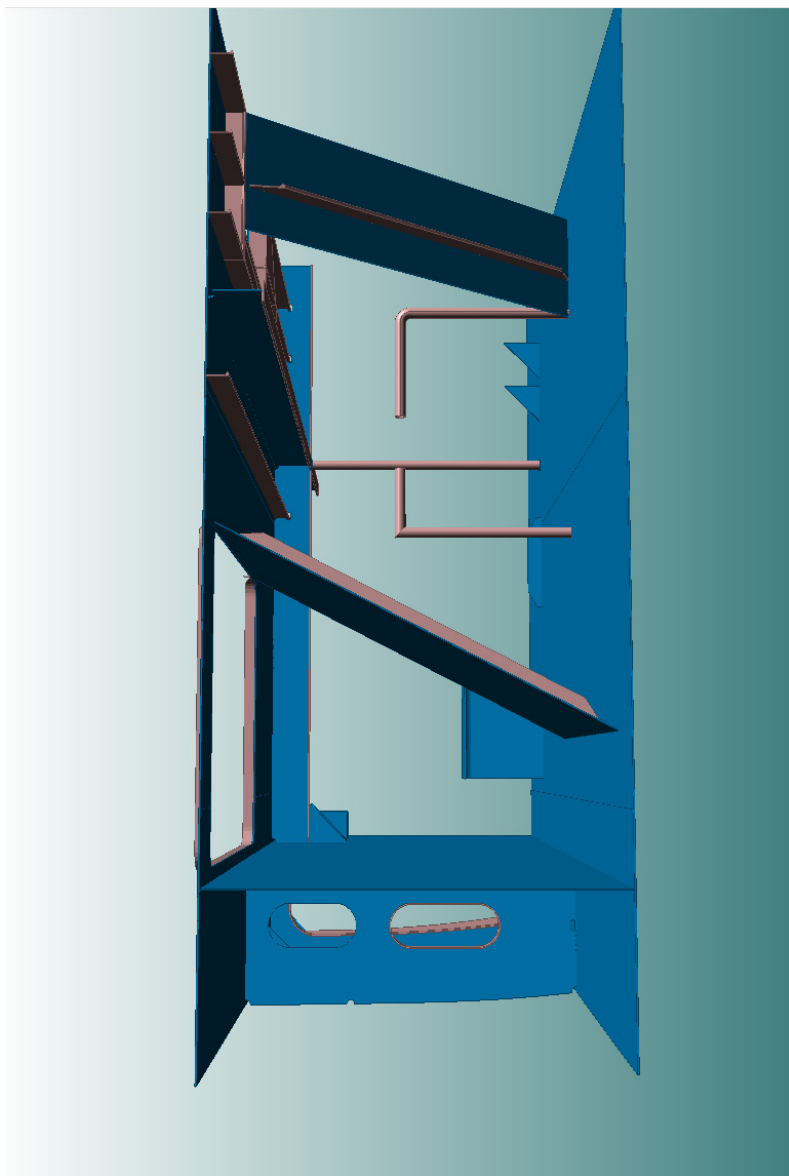


Рис. 7. Тривимірна модель суднової секції

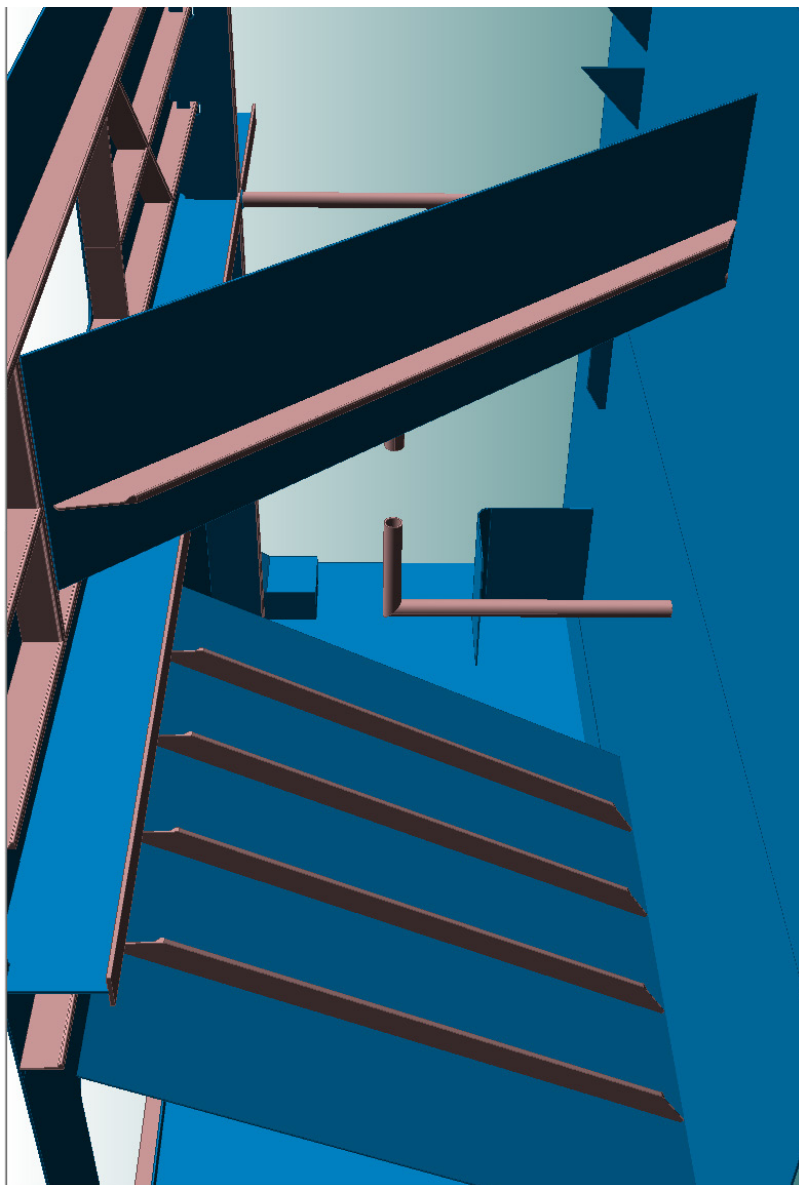


Рис. 8. Тривимірна модель суднової секції

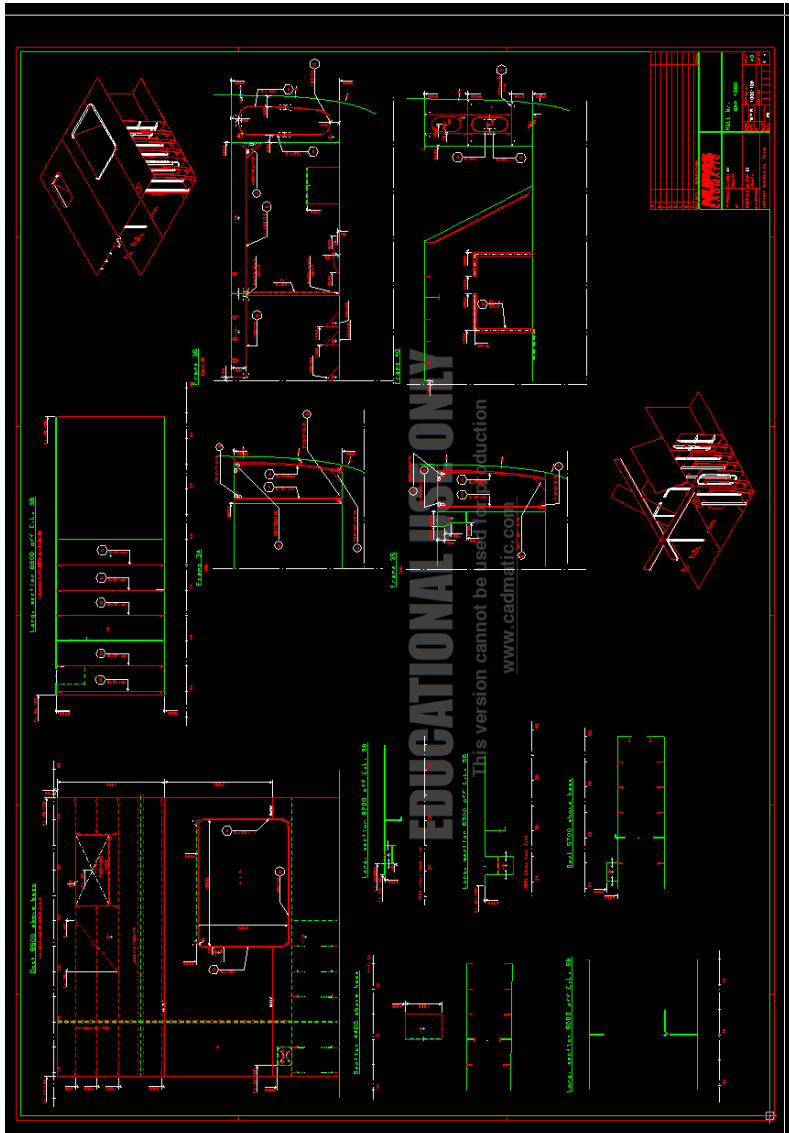
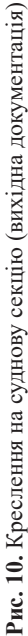


Рис. 9. Креслення на суднову секцію (вихідна документація)



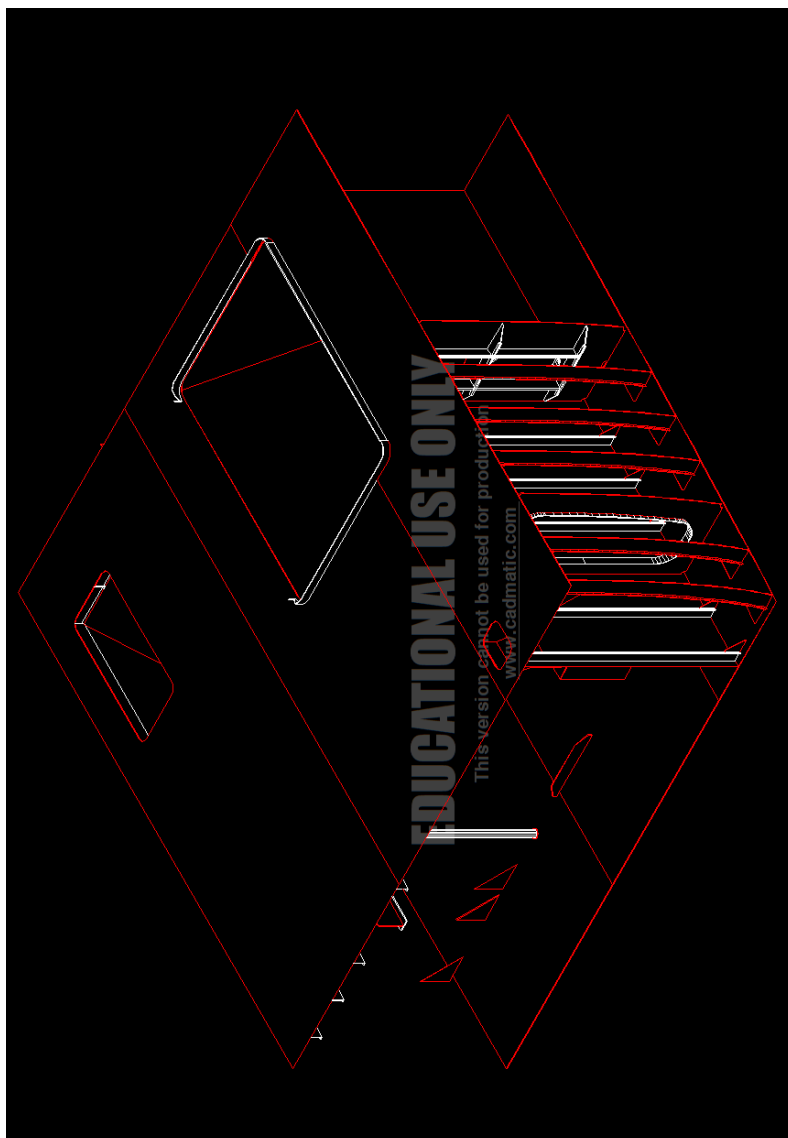


Рис. 11. Ізометрична проєкція суднової секції (вихідна документація)

Контрольні питання:

1. Що представляє собою ізометрична проекція?
2. Яким чином обирають розміри суднових листів, що складають корпусні конструкції?
3. Як виконується маркування деталей?
4. Яка організація контролює процес проектування судна?
5. Як називається класифікаційне товариство України?
6. Яка команда у САПР CADMATIS дозволяє нахилити створену суднову панель під будь-яким кутом?
7. Яка команда у САПР CADMATIS дозволяє створювати переріз судна у площині, відмінній від трьох основних площин?
8. Яка команда у САПР CADMATIS дозволяє скруглити під радіусом крайки двох панелей, що знаходяться під прямим кутом одна до одної?
9. Який параметр у САПР CADMATIS дозволяє створювати трикутні панелі?
10. Які параметри у САПР CADMATIS дозволяють створювати нахилені під визначеним кутом границі суднової панелі?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Бубнов А.** САПР в судостроении / САПР и графика. М.: Б. М. Молчанов, 2000. № 5.
- [2] **Норенков И. П.** Основы автоматизированного проектирования / М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 216 с.
- [3] **Жуков Ю. Д., Гайдай А. Ю., Лобанова О. Н.** Основы новейшей корабельной инженерии. Корпусные конструкции: учеб. пособие. Николаев: издатель Торубара В. В., 2020. 178 с.
- [4] Судостроительная САПР Nupas-Cadmatic: взгляд на возможности. 2015. URL: http://www.remmag.ru/upload_data/files/2015-03/NCG.pdf (дата обращения: 09.11.20).

ЗМІСТ

Вступ	3
Лабораторна робота № 1	4
Лабораторна робота № 2	8
Лабораторна робота № 3	12
Лабораторна робота № 4	16
Лабораторна робота № 5	20
Лабораторна робота № 6	25
Лабораторна робота № 7	28
Лабораторна робота № 8	32
Лабораторна робота № 9	35
Атестаційна робота	43
Список літератури	56