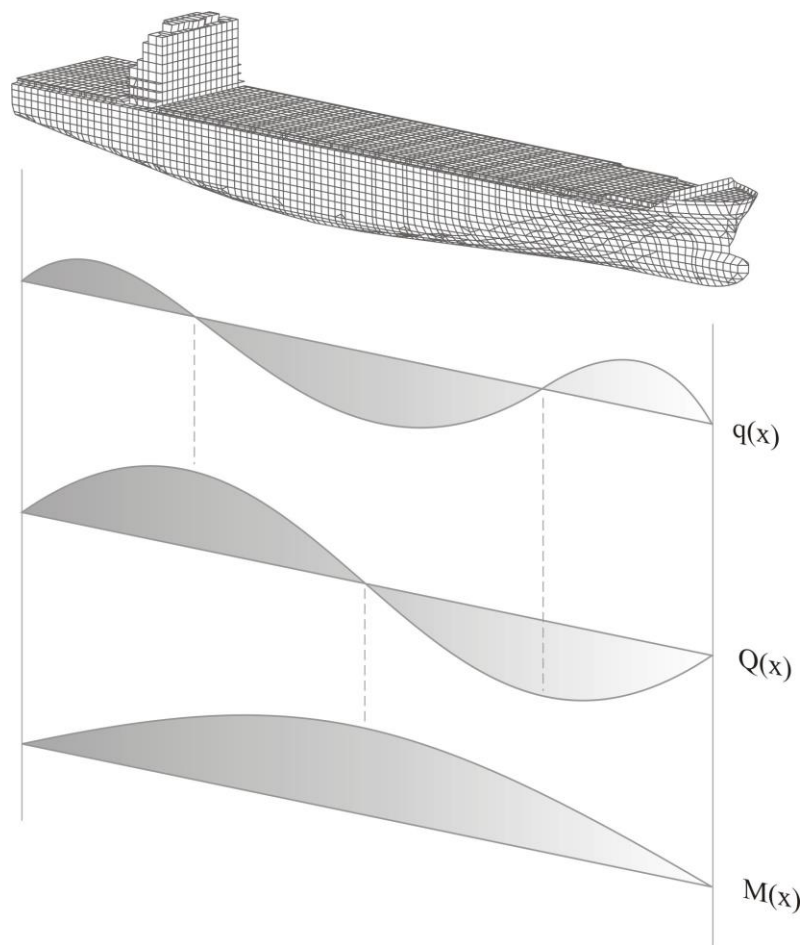


Милорад Моток

# ЧВРСТОЋА БРОДА

ОДАБРАНА ПОГЛАВЉА СТАТИЧКЕ АНАЛИЗЕ



МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ



# **САДРЖАЈ**

## **НОМЕНКЛАТУРА**

### **ДЕО I - УВОД**

#### **ОСНОВНИ КОНЦЕПТ И ПОЈМОВИ У ПРОРАЧУНУ ЧВРСТОЋЕ БРОДА**

##### **I-1 ЧВРСТОЋА БРОДА**

**Видови попуштања  
Гранична стања**

##### **I-2 БРОДСКА КОНСТРУКЦИЈА**

**Концепт градње бродског трупа  
Материјали за градњу бродског трупа**

##### **I-3 ОПТЕРЕЋЕЊА**

**Статичка оптерећења  
Квазистатичка оптерећења  
Динамичка оптерећења**

##### **I-4 ОДЗИВ**

**Примарни, секундарни и терцијарни одзив  
Уздужна, попречна и локална чврстоћа**

##### **I-5 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА БРОДСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ**

**Класификациона друштва  
Правила за градњу бродова  
Директни прорачуни**

##### **I-6 О ОВОЈ КЊИЗИ**

## ДЕО II

### ОСНОВЕ ЗА ПРОРАЧУН ЧВРСТОЋЕ ГРЕДНИХ ЕЛЕМЕНАТА БРОДСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

#### II-1 ПОДСЕТНИК

Основна диференцијална једначина еластичне линије греде  
Напони у попречном пресеку греде  
Димензионисање греде

#### II-2 КОЕФИЦИЈЕНТ ИСКОРИШЋЕЊА ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА ГРЕДЕ

Дефиниција  
Приближна формула  
Упоредне вредности

#### II-3 ПРОФИЛИ СА ПРИДОДАТИМ ЛИМОМ

Приближне формуле за момент инерције и отпорни момент  
Границе побољшања

#### II-4 НОСЕЋА ШИРИНА ПОЈАСА

Идентификација проблема (греда са широким појасом)  
Порекло проблема  
Решење проблема увођењем појма носеће ширине појаса  
Одређивање носеће ширине појаса приближним аналитичким формулама  
Одређивање носеће ширине појаса из *Vollbrecht*-ових дијаграма  
Одређивање носеће ширине појаса по правилима регистара  
Завршни коментар - носећа ширина појаса греда у бродским конструкцијама

#### II-5 ГРЕДЕ ГЕОМЕТРИЈСКИ СЛИЧНИХ ПОПРЕЧНИХ ПРЕСЕКА

Пропорционалност основних карактеристика геометријски сличних профила  
Стандардни ваљани профили  
Максимална дужина греде оптерећене само сопственом тежином  
Геометријски слични бродови

## **II-6 ИЗВИЈАЊЕ ГРЕДА**

**Стабилност**

**Извијање греда у еластичном подручју**

**Извијање греда у нееластичном подручју**

**Извијање реалне греде**

**Извијање комбиновано са попречним оптерећењем греде**

**Коефицијенти сигурности у контексту извијања**

## **ДЕО III**

### **ПРОРАЧУН ПОПРЕЧНИХ ОКВИРА ТРУПА БРОДА**

#### **III-1 ОСНОВНИ КОНЦЕПТ МОДЕЛА**

**Геометрија модела**

**Оптерећења**

**Контурни услови**

#### **III-2 ПРОРАЧУН МОДЕЛА МЕТОДОМ РАСТАВЉАЊА**

**Основни модел**

**Сложенији модели**

## **ДЕО IV**

### **ПРОРАЧУН РАВАНСКИХ РЕШЕТКИ БРОДСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ МЕТОДОМ БУБНОВА**

#### **IV-1 МЕТОДА БУБНОВА ЗА СЛУЧАЈ ЈЕДНОГ НОСАЧА**

**Основни концепт модела**

**Основне претпоставке и ограничења Бубновљеве методе**

**Општи облик решења диференцијалне једначине носача**

**Слободно ослоњени крајеви носача**

**Потпуно укљештени крајеви носача**

**Еластично укљештени крајеви носача**

**Свођење два симетрична носача на случај Једног носача**

## **IV-2 МЕТОДА БУБНОВА ЗА СЛУЧАЈ ДВА НЕСИМЕТРИЧНА НОСАЧА**

**Греде**

**Носачи**

**Слободно ослоњени крајеви носача**

**Потпуно укљештени крајеви оба носача**

**Свођење четири симетрична носача на случај Два носача**

**Свођење три симетрична носача на случај Два носача**

## **IV-3 МЕТОДА БУБНОВА И МКЕ**

**Ограничења**

**Једноставност прорачуна**

## **IV-4 ТАБЛИЦА ВРЕДНОСТИ БУБНОВЉЕВИХ ФУНКЦИЈА**

## **IV-5 АЛГОРИТАМ БУБНОВЉЕВЕ МЕТОДЕ**

# **ДЕО V**

## **ОСНОВЕ ЗА АНАЛИТИЧКИ ПРОРАЧУН ПЛОЧАСТИХ ЕЛЕМЕНАТА БРОДСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ**

### **V-1 САВИЈАЊЕ НЕОРЕБРЕНЕ ПЛОЧЕ**

**Основна диференцијална једначина**

**Напони**

**Савијање слободно ослоњене плоче под дејством попречног оптерећења**

### **V-2 ИЗВИЈАЊЕ НЕОРЕБРЕНЕ ПЛОЧЕ**

**Критични напон слободно ослоњене плоче**

**Другачији контурни услови и оптерећења**

**Попречни и уздужни систем градње у контексту извијања**

**Носивост плоча након извијања**

**Допуштање извијања плочастим елементима трупа брода**

**Извијање плоча у нееластичном подручју**

### **V-3 ИЗВИЈАЊЕ ОРЕБРЕНЕ ПЛОЧЕ**

Плоча са укрућењима у оба правца  
Плоча укрућена само попречним укрућењима  
Плоча укрућена само уздужним укрућењима

## **ДЕО VI**

### **УЗДУЖНА ЧВРСТОЋА БРОДА - САВИЈАЊЕ ТРУПА -**

#### **VI-1 ГЛОБАЛНИ КОНЦЕПТ ПРОРАЧУНА**

Основна идеја прорачуна  
Геометријске карактеристике попречног пресека еквивалентног носача  
Оптерећење еквивалентног носача  
Контурни услови еквивалентног носача

#### **VI-2 ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОМЕТРИЈСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ПОПРЕЧНИХ ПРЕСЕКА ЕКВИВАЛЕНТНОГ НОСАЧА**

Одређивање геометријских карактеристика једног пресека  
Промена јачине попречног пресека дуж брода

#### **VI-3 ОДРЕЂИВАЊЕ КРИВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА**

Узгонска крива  
Крива тежине  
Крива оптерећења

#### **VI-4 ИНТЕГРАЉЕЊЕ КРИВЕ ОПТЕРЕЋЕЊА**

Табеларно интеграљење степенстих кривих  
Интеграљење криве оптерећења еквивалентног носача

#### **VI-5 АНАЛИЗА НАПОНА**

Различити случајеви крцања терета  
Утицај таласа  
Анализа напона  
Уздужна чврстоћа при доковању брода  
Учешће дугог надграђа у уздужној чврстоћи трупа

## **ДЕО VII**

### **УЗДУЖНА ЧВРСТОЋА БРОДА - ТОРЗИЈА ТРУПА -**

#### **VII-1 ОПШТЕ НАПОМЕНЕ О ТОРЗИЈИ ТРУПА БРОДА**

Узрочници торзије трупа брода  
Торзијске карактеристике различитих типова бродова

#### **VII-2 ПОДСЕТНИК - УВИЈАЊЕ ОТВОРЕНИХ ТАНКОЗИДИХ ПРОФИЛА**

Кратак опис основних појава  
Основна диференцијална једначина ометеног увијања  
Јединични угао торзије  
Примарни тангенцијални напони  
Витоперење  
Одређивање положаја главног пола  
Спречено витоперење и секундарни напони  
Одређивање параметра  $I_w$

#### **VII-3 ПОДСЕТНИК - УВИЈАЊЕ ЗАТВОРЕНИХ ТАНКОЗИДИХ ПРОФИЛА**

Једноћелијски затворени танкозиди профили  
Вишећелијски затворени танкозиди профили  
Затворено–отворени танкозиди профили

#### **VII-4 ПРОРАЧУН ТОРЗИЈЕ ЕКВИВАЛЕНТНОГ НОСАЧА**

Расподела нападног момента торзије дуж брода  
Примарни тангенцијални напони  
Витоперење и секундарни напони  
Јакe трансверзе у товарном простору  
Завршне напомене

## **ДЕО VIII**

### **УВОД У МЕТОДУ КОНАЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА**

#### **VIII-1 ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ МЕТОДЕ**

**Основна идеја МКЕ**

**Коначни елемент и његова матрица крутости**

**Глобална матрица крутости**

**Матрица правца**

**Решавање глобалне матричне једначине**

**Међучворна оптерећења**

**Директно извођење матрице крутости гредног елемента**

**Извођење матрице крутости применом принципа виртуалног рада**

**Функције облика**

**Пример: извођење матрице крутости штапа применом принципа виртуалног рада**

#### **VIII-2 РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ НА БАЗИ МКЕ**

**Глобална концепција; процесор**

**Претпроцесор**

**Постпроцесор**

#### **VIII-3 МКЕ МОДЕЛИРАЊЕ**

**Модел**

**Облик коначног елемента**

**Густина мреже**

**Контурни услови**

**Спољашња оптерећења**

**Моделирање бродских конструкција**