

Mô hình Toán học Tính toán Phát thải Tàu biển

Hệ thống Phân tích Phát thải

Ngày 14 tháng 12 năm 2025

1 Tổng quan

Mô hình tính toán lượng phát thải (E) cho từng chất ô nhiễm dựa trên công suất động cơ, thời gian hoạt động, mức tải và hệ số phát thải đã hiệu chỉnh.

2 Công thức Tổng quát

Lượng phát thải E (đơn vị: gram) được tính theo công thức cơ bản:

$$E = P \times A \times LF \times EF_{real} \quad (1)$$

Trong đó:

- P (Power): Công suất lắp đặt của động cơ (kW).
- A (Activity): Thời gian hoạt động (giờ).
- LF (Load Factor): Hệ số tải của động cơ ($0 \leq LF \leq 1$).
- EF_{real} (Real Emission Factor): Hệ số phát thải thực tế (g/kWh).

3 Chi tiết các thành phần

3.1 Thời gian hoạt động (A)

Dựa trên quãng đường S và vận tốc thực tế V :

$$A = \frac{2 \cdot S}{V} \quad (2)$$

Lưu ý: Hệ số 2 đại diện cho hành trình khứ hồi hoặc đặc thù luồng lạch theo cấu hình bài toán.

3.2 Hệ số tải (LF)

- **Động cơ chính (Main Engine):** Tuân theo quy luật chân vịt (Propeller Law):

$$LF_{main} = \left(\frac{V_{actual}}{V_{max}} \right)^3 \quad (3)$$

- **Động cơ phụ (Auxiliary Engine):** Tra bảng dữ liệu thống kê:

$$LF_{aux} = \text{Lookup}(Type_{ship}, Status_{op}) \quad (4)$$

4 Mô hình hóa Hệ số phát thải thực tế (EF_{real})

Đây là thành phần phức tạp nhất, phụ thuộc vào loại động cơ và mức tải. Chúng ta định nghĩa các biến số sau:

- E_{base} : Hệ số phát thải cơ sở (Tra bảng theo Năm, RPM).
- λ : Hệ số tải thực tế (LF).
- θ : Ngưỡng tải thấp (mặc định $\theta = 0.2$).
- α : Hệ số điều chỉnh van (EFA - Slide Valve/Conventional).
- $f_{LLA}(\lambda)$: Hàm điều chỉnh tải thấp (Low Load Adjustment).
- $f_{LAF}(\lambda)$: Hàm điều chỉnh tải cho động cơ MAN.

Công thức toán học cho EF_{real} được biểu diễn dưới dạng hàm phân nhánh (piecewise function):

$$EF_{real}(\lambda) = \begin{cases} E_{base} \cdot f_{LAF}(\lambda) & \text{nếu Động cơ là MAN} \\ E_{base} & \text{nếu Động cơ Non-MAN và } \lambda > \theta \\ E_{base} \cdot f_{LLA}(\lambda) \cdot \alpha & \text{nếu Động cơ Non-MAN và } \lambda \leq \theta \end{cases} \quad (5)$$

Ghi chú về hàm nội suy: Vì dữ liệu LLA và LAF là dạng bảng rời rạc, các hàm $f(\lambda)$ được tính bằng phương pháp nội suy lân cận nhất (Nearest Neighbor):

$$f(\lambda) = y_i \quad \text{với } i = \arg \min_k |\lambda - x_k|$$

5 Bảng tổng hợp các trường hợp (E1 - E5)

Dưới đây là bảng ánh xạ công thức cho từng kịch bản hoạt động:

Mã	Trường hợp	Công thức chi tiết
E1	Máy chính (Hành trình)	$E = P_{main} \cdot \left(\frac{2S_{trip}}{V_{trip}} \right) \cdot \left(\frac{V_{trip}}{V_{max}} \right)^3 \cdot EF_{real}(\lambda_{trip})$
E2	Máy chính (Diều động)	$E = P_{main} \cdot \left(\frac{2S_{man}}{V_{man}} \right) \cdot \left(\frac{V_{man}}{V_{max}} \right)^3 \cdot EF_{real}(\lambda_{man})$
E3	Máy phụ (Hành trình)	$E = P_{aux} \cdot \left(\frac{2S_{trip}}{V_{trip}} \right) \cdot LF_{trip}^{aux} \cdot EF_{aux_base}$
E4	Máy phụ (Diều động)	$E = P_{aux} \cdot \left(\frac{2S_{man}}{V_{man}} \right) \cdot LF_{man}^{aux} \cdot EF_{aux_base}$
E5	Máy phụ (Neo đậu)	$E = P_{aux} \cdot T_{mooring} \cdot LF_{mooring}^{aux} \cdot EF_{aux_base}$

Bảng 1: Tổng hợp công thức tính toán theo trạng thái hoạt động