

**HƯỚNG DẪN TÍNH TOÁN HỆ SỐ PHÁT THẢI MỘT SỐ
MÁY MÓC, THIẾT BỊ XÂY DỰNG CHỦ YẾU TRONG CÁC
DỰ ÁN XÂY DỰNG DÂN DỤNG**

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
DANH MỤC BẢNG	2
DANH MỤC HÌNH	3
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT.....	4
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU.....	5
1. Giới thiệu chung	5
2. Mục đích của tài liệu hướng dẫn	6
3. Đối tượng sử dụng tài liệu	6
4. Cấu trúc của tài liệu hướng dẫn	6
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN HỆ SỐ PHÁT THẢI ĐỐI VỚI MỘT SỐ MÁY MÓC, THIẾT BỊ TRONG CÁC DỰ ÁN XÂY DỰNG.....	7
2.1. Trình tự thực hiện tính toán	7
2.2. Phương pháp tính toán hệ số phát thải máy móc thiết bị xây dựng	9
2.2.1. <i>Tính toán hệ số theo phương pháp US EPA.....</i>	<i>9</i>
2.2.2. <i>Phương pháp tính toán theo đo thực tế.....</i>	<i>11</i>
CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN HỆ SỐ PHÁT THẢI ĐỐI VỚI MÁY ĐÀO.....	15
3.1. Phương pháp tính toán theo hướng dẫn của US EPA.....	15
3.2. Phương pháp tính toán theo số liệu đo thực tế.....	21
3.3. Kết luận.....	25
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	27
PHỤ LỤC	29

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1. Các giai đoạn làm việc của máy xây dựng.....	12
Bảng 3.1. Bảng khảo sát đối với máy đào thực tế.....	17
Bảng 3.2. Hệ số phát thải ở trạng thái ổn định, g/kwh	18
Bảng 3.3. Hệ số điều chỉnh theo loại máy móc	18
Bảng 3.4. Hệ số suy giảm tương đối	19
Bảng 3.5. Tuổi thọ trung bình của máy móc hoạt động đầy tải, h	19
Bảng 3.6. Hệ số phát thải CO tính theo EPA đối với máy đào	20
Bảng 3.7. Hệ số phát thải NO _x tính theo EPA đối với máy đào	20
Bảng 3.8. Hệ số phát thải của SO ₂ tính theo EPA đối với máy đào.....	20
Bảng 3.9. Kết quả tính toán hệ số phát thải máy đào đo thực tế so sánh với các nghiên cứu khác.....	24
Bảng 3.10. Bảng kết quả tính toán theo US EPA và thực nghiệm nhóm máy đào	24

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1. Các bước thực hiện tính toán hệ số phát thải	8
Hình 2.2. Sơ đồ đo khí thải cho máy xây dựng	12
Hình 2.3. Hình ảnh máy đào tiến hành đo	21
Hình 2.4. Thiết bị đo nhanh Testo 350	22
Hình 2.5. Hình ảnh lắp đặt thiết bị đo cho máy đào	23

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

WHO

Tổ chức Y tế thế giới

US EPA

Cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU

1. Giới thiệu chung

Một số các nghiên cứu trên thế giới đã dự đoán sự đóng góp của các nguồn phát thải từ máy móc, thiết bị xây dựng sẽ tiếp tục tăng lên khi lượng khí thải từ các phương tiện cơ giới đường bộ ngày càng được kiểm soát chặt chẽ hơn. Như vậy, việc kiểm soát khí thải từ máy móc xây dựng trở thành một trong những mục tiêu quan trọng hơn trong việc kiểm kê khí thải và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

Theo kiểm kê khí thải của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US EPA), các máy móc, thiết bị sử dụng nhiên liệu diesel được ước tính là nguồn lớn thứ 3 về phát thải NO_x và nguồn thứ 2 về phát thải PM trong số tất cả các nguồn thải di động, chiếm 14,5% và 24,3% tổng lượng phát thải (EPA, 2011). Đối với Việt Nam, ô nhiễm không khí là một vấn đề “nóng” khi tốc độ phát triển kinh tế cùng với các quá trình sản xuất, cung ứng ngày càng tăng.

Mục tiêu tổng quát và quan điểm chỉ đạo của Thủ tướng chính phủ trong các Quyết định và Kế hoạch hành động quốc gia quản lý chất lượng không khí có nêu rõ “Tăng cường công tác quản lý chất lượng không khí thông qua kiểm soát nguồn phát sinh khí thải”;... trách nhiệm của chủ nguồn thải đã được nêu rất cụ thể trong quyết định này, đồng thời đối với các cơ quan quản lý nhà nước cần có trách nhiệm trong công tác giám sát và cần có giải pháp và nhiệm vụ cụ thể trong việc tập trung kiểm soát môi trường không khí trong quá trình thi công, vận chuyển nguyên vật liệu, chất thải tại các công trường xây dựng.

Việc áp dụng lộ trình kiểm soát về tiêu chuẩn khí thải đối với các thiết bị trong công tác xây dựng vẫn chưa được quan tâm một cách nghiêm túc theo các quy định hiện hành của chính phủ. Các thiết bị xây dựng hiện nay đa số là loại đặc chủng, nhập khẩu đã qua sử dụng, được sử dụng trong nhiều dự án,

mặc dù đã có nhiều hướng dẫn cụ thể, nhưng rất khó khăn trong việc tính toán tải lượng ô nhiễm theo hệ số phát thải.

2. Mục đích của tài liệu hướng dẫn

Tài liệu hướng dẫn này nhằm hướng dẫn cách triển khai đo đạc, tính toán hệ số phát thải các khí CO, NO_x và SO₂ do các máy móc, thiết bị xây dựng thải ra môi trường không khí. Tài liệu này cũng cung cấp các biểu mẫu có thể sử dụng triển khai hiệu quả và ví dụ điển hình được thực hiện đo đạc, tính toán.

Tài liệu hướng dẫn này được xây dựng dựa trên nghiên cứu triển khai từ đề tài cấp Bộ Xây dựng “Điều tra, khảo sát, xây dựng hệ số phát thải một số máy móc, thiết bị xây dựng phục vụ công tác quản lý, giám sát môi trường và đánh giá tác động môi trường của các dự án xây dựng dân dụng phù hợp với điều kiện Việt Nam”, do trường Đại học Xây dựng Hà Nội chủ trì, mã số MT-04. Mặc dù nhóm tác giả đã rất nỗ lực để mô tả chi tiết hầu hết các nội dung, tuy nhiên có thể vẫn còn những thiếu sót.

3. Đối tượng sử dụng tài liệu

Đối tượng sử dụng tài liệu hướng dẫn này là cán bộ trong các cơ quan nghiên cứu, các nhà quản lý, các đơn vị tư vấn, những người tham gia vào lập kế hoạch, triển khai và đánh giá tác động môi trường.

4. Cấu trúc của tài liệu hướng dẫn

Tài liệu hướng dẫn này bao gồm phần nội dung chính và phần phụ lục. Phần nội dung chính bao gồm:

- Chương 1: Giới thiệu chung
- Chương 2: Phương pháp tính toán hệ số phát thải đối với một số máy móc, thiết bị trong các dự án xây dựng
- Chương 3: Tính toán hệ số phát thải đối với máy đào

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN HỆ SỐ PHÁT THẢI ĐỐI VỚI MỘT SỐ MÁY MÓC, THIẾT BỊ TRONG CÁC DỰ ÁN XÂY DỰNG

2.1. Trình tự thực hiện tính toán

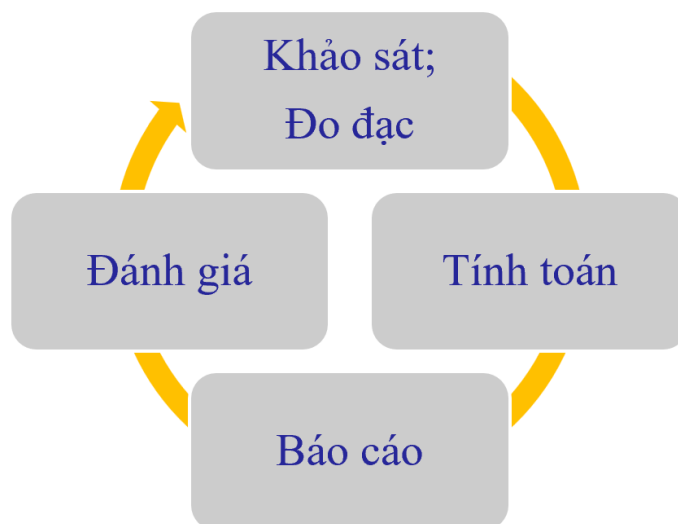
2.1.1. Các bước xây dựng hệ số phát thải

- + Thu thập, tổng hợp thực trạng các số liệu đầu vào phục vụ tính toán
- + Lựa chọn, máy móc, thiết bị điển hình trong thi công xây dựng có sử dụng nhiên liệu Diesel;
- + Tính toán, lựa chọn theo một hoặc hai phương pháp:
 - Tính toán hệ số phát thải theo hướng dẫn của US EPA. Ưu điểm phương pháp này là tiết kiệm chi phí thực hiện, kết quả tính toán nhanh, tương đối chính xác.
 - Tính toán hệ số phát thải theo kết quả đo khí thải thực tế. Ưu điểm của phương pháp này là hệ số phát thải mang tính đại diện, có độ chính xác cao do được tiến hành ở điều kiện thực tế tại khu vực nghiên cứu.

2.1.2. Phương pháp thực hiện

- + Thu thập số liệu từ các kết quả khảo sát về các máy móc, thiết bị:
 - Lượng nhiên liệu tiêu thụ trong một giờ;
 - Số giờ vận hành trong một năm;
 - Năm sản xuất, hãng sản xuất, công suất động cơ;
 - Quy trình vận hành;
 - ...
- + Thu thập bằng đo đạc tại hiện trường bằng thiết bị đo di động:
 - Lượng khí thải CO, NO_x, SO₂;

- Lượng nhiên liệu tiêu thụ trong một giờ;
- Công suất động lực của động cơ theo thời gian đo;
- Nhiệt độ, chênh lệch áp suất, vận tốc khí thải



Hình 2.1. Các bước thực hiện tính toán hệ số phát thải

Phương pháp đo đạc khí thải này đã được thực hiện tại nhiều quốc gia tại Châu Âu và Châu Á (Hàn Quốc, Trung Quốc,...) như một quy trình kiểm tra bổ sung để cấp chứng nhận và quản lý [1-3], các hệ thống đo khí thải di động đã được chứng minh là một cách tiếp cận thực tế trong việc mô tả đặc điểm phát thải trong thời gian thực cho các máy móc thi công trong công trình xây dựng. Các thiết bị đo nhanh đã được nhiều nghiên cứu sử dụng và đánh giá [4, 5].

Các thiết bị đo nhanh các khí NO_x, CO, SO₂ phải tuân thủ theo hướng dẫn của các cơ quan quản lý môi trường, cụ thể theo thông tư 10/2021/TT-BTNMT, ngày 30/6/2021 về quy trình kỹ thuật quan trắc khí thải:

- Khí thải CO, NO_x, SO₂, nhiệt độ, áp suất sử dụng được thiết bị đo trực tiếp tại ống xả động cơ: Bảng 28 Phương pháp quan trắc khí thải theo thông tư 10/2021/TT-BTNMT;

- Yêu cầu kỹ thuật của thiết bị đo trực tiếp: Phụ lục 6 Yêu cầu kỹ thuật và quy trình đo các chất ô nhiễm dạng khí trong khí thải bằng thiết bị đo trực tiếp, cụ thể theo thông tư 10/2021/TT-BTNMT:
 - Khí CO: Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 1ppm; Thời gian đáp ứng < 40 giây;
 - Khí NO: Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 1ppm; Thời gian đáp ứng < 30 giây;
 - Khí NO₂: Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 0,1ppm; Thời gian đáp ứng < 40 giây;
 - Khí SO₂: Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 1ppm; Thời gian đáp ứng < 30 giây;

2.2. Phương pháp tính toán hệ số phát thải máy móc thiết bị xây dựng

Tùy theo điều kiện thực tế và cách tiến hành, có thể tính toán hệ số phát thải khí CO, NO_x, SO₂ theo hai cách sau:

2.2.1. Tính toán hệ số theo phương pháp US EPA

Trong hướng dẫn này sử dụng phương pháp tính toán của US EPA, đây là tài liệu được nhiều quốc gia áp dụng để tính toán. Trong EPA, số liệu ước tính hoạt động của thiết bị từ cơ sở dữ liệu năm 1998 do Power Systems Research, Inc. (PSR), một công ty nghiên cứu độc lập, xây dựng làm giá trị đầu vào mặc định trong tính toán của US EPA. Dữ liệu của PSR thể hiện sự đánh giá toàn diện nhất về hoạt động dành riêng cho ứng dụng của US EPA. US EPA đã công bố hệ số phát thải cho máy móc hoạt động trong các dự án (máy móc phi đường bộ-nonroad) và máy móc hoạt động trên đường (máy móc di động-onroad).

Các hệ số phát thải này có tính đến tất cả các trạng thái máy móc hoạt động để tính toán lượng khí thải của máy móc thiết bị xây dựng. US EPA đã

công bố hệ số phát thải tiêu chuẩn ở trạng thái hoạt động ổn định của thiết bị và tính đến các hệ số điều chỉnh thực tế. Số liệu này được US EPA công bố và cập nhật liên tục, mức yêu cầu được cập nhật liên tục và ngày càng khắt khe từ EPA 2018. Tuy nhiên một số máy móc thiết bị không có định nghĩa rõ ràng trong US EPA, do đó phải lấy máy móc tương tự dẫn đến có thể có những sai số nhất định.

❖ **Tính hệ số phát thải thực tế các khí CO, NO_x:**

Đối với các khí thải HC, CO, NO_x hệ số phát thải đối với một loại thiết bị diesel nhất định được tính như sau:

$$EF_{tt(HC,CO,NO_x)} = EF_{ss} \cdot TAF \cdot DF \left(\frac{g}{kw.h} \right) \quad (2.1)$$

Trong đó:

- EF_{ss} – Hệ số phát thải ở trạng thái động cơ ổn định, g/kwh (tra theo Bảng A4-phụ lục A, MOVES2014b, EPA-420-R-18-009, 2018)[6];
- TAF – Hệ số điều chỉnh theo loại máy móc (tra theo Bảng A5-phụ lục A, MOVES2014b, EPA-420-R-18-009, 2018)[6];
- DF – Hệ số suy giảm chất lượng tính đến loại công nghệ và tuổi thọ của thiết bị (không đơn vị), được tính như sau:

$$DF = 1 + A \cdot k_i \cdot \frac{T_i}{T} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- A: Hệ số suy giảm tương đối của động cơ đối với từng loại khí thải và mỗi loại công nghệ nhất định (tra Bảng A6-phụ lục A- MOVES2014b, EPA-420-R-18-009, 2018)[6];
- k_i: Hệ số tải (theo số liệu khảo sát thực tế);
- T_i: Số giờ tích lũy của máy móc, h (theo số liệu khảo sát thực tế);

- T: Tuổi thọ trung bình của máy móc hoạt động đầy tải, h (tra theo MOVES2014a, EPA-420-R-18-009, 2018)[6].

❖ **Tính hệ số phát thải khí SO₂:**

Hệ số phát thải SO₂ được tính toán dựa trên mức tiêu thụ nhiên liệu khi thay đổi chế độ vận hành trong quá trình sử dụng. Hệ số phát thải SO₂ được tính thông qua HC, theo công thức sau:

$$EF_{tt(SO_2)} = (BSFC.453,6(1 - soxcnv) - HC).0,01.soxdsl.2 \quad (2.3)$$

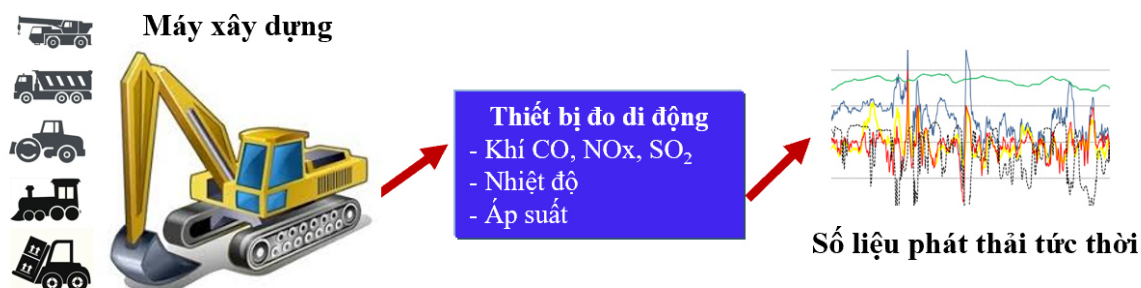
Trong đó:

- EF_{tt(SO₂)}: Hệ số phát thải, g/kWh;
- BSFC: mức tiêu thụ nhiên liệu khi thay đổi chế độ vận hành trong quá trình sử dụng, lb/kWh;
- Hệ số 453,6: hệ số chuyển đổi từ pound sang gam
- Soxcnv: phần lưu huỳnh trong nhiên liệu được chuyển trực tiếp thành muội/ bụi (PM), (soxcnv = 0,02247);
- HC: lượng phát thải HC, g/kW-h;
- Hệ số 0,01: chuyển đổi từ % trọng lượng sang phần trọng lượng;
- Soxdsl: % trọng lượng từng phần của S trong nhiên liệu diesel phi đường bộ (Soxdsl = 0,2284).
- Hệ số 2: số gam SO₂ tạo thành từ 1g lưu huỳnh.

2.2.2. Phương pháp tính toán theo đo thực tế

Đây là phương pháp tính toán từ cơ sở dữ liệu điều tra thực tế, đo đặc thực tế tại ống xả của động cơ, tính toán lượng phát thải, các điều kiện biên ảnh hưởng tới quá trình phát thải của loại máy móc xây dựng cần đo. Trong phương pháp này, các yếu tố quyết định tính chính xác của hệ số phát thải là các dữ liệu về hoạt động của phương tiện và các yếu tố ảnh hưởng đến các thông số này như chu trình hoạt động của thiết bị, vận tốc của phương tiện,

các điều kiện thời tiết,...) và các dữ liệu liên quan về phát thải (loại khí phát sinh, loại nhiên liệu).



Hình 2.2. Sơ đồ đo khí thải cho máy xây dựng

Mỗi thiết bị xây dựng sẽ có chế độ vận hành khác nhau. Để thiết lập mối liên hệ giữa mức độ phát thải và chế độ vận hành thì cần ghi chép lại một cách rõ ràng như đề độ chạy không tải, di chuyển, chế độ chạy có tải (có thể tham khảo Bảng 2.1) [7-10].

Tất cả các thao tác trước khi tiến hành đo đạc tại công trường được thực hiện trong nghiên cứu này đều yêu cầu hoàn thành theo quy trình: Dừng hoạt động thi công của máy xây dựng, lắp đặt thiết bị đo, hiệu chỉnh thiết bị đo, khởi động lại máy thi công, thu thập dữ liệu và xử lý dữ liệu. Trong quá trình thu thập số liệu thực nghiệm, các mẫu khí thải được thu thập đối với từng máy thi công. Thiết bị đo lắp đặt ở những không gian an toàn và ổn định mà không làm gián đoạn hoạt động bình thường của thiết bị.

Bảng 2.1. Các giai đoạn làm việc của máy xây dựng

Chế độ làm việc	Hoạt động thiết bị	Phân bố các loại hoạt động
Chạy không tải	Động cơ tiếp tục chạy ở tốc độ thấp, không di chuyển hoặc không làm việc	5%-10%

Di chuyển	Thiết bị di chuyển tiến và lùi liên tục ở tốc độ thấp (thường dưới 5 km/h) tại nơi làm việc, nhưng hoạt động không tải.	25÷30%
Làm việc	Thiết bị làm việc xúc đất, nâng vật liệu, ...	50÷60%

❖ **Tính hệ số tải (LF) của máy móc xây dựng:**

Công suất định mức là mức công suất tối đa mà động cơ được thiết kế để hoạt động ở chế độ đầy tải. Công suất này được tính theo công thức [5]:

$$P = \frac{C.FC.Fe}{1000} \text{ (kW)} \quad (2.4)$$

Trong đó:

- P (kW) là công suất định mức của động cơ;
- C là nhiệt trị của nhiên liệu (nhiệt trị của dầu diesel 43.000 kJ/kg);
- FC (g/s) là mức tiêu hao nhiên liệu;
- Fe là hiệu suất chuyển đổi nhiệt cháy của động cơ chuyển thành động năng (mặc định là 40%)

Từ công thức (2.4) và công suất định mức của thiết bị có thể tính toán được lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ đầy tải:

$$FC = \frac{1000.P}{C.Fe} \text{ (kg/s)} \quad (2.5)$$

Trong thực tế, động cơ thường hoạt động ở nhiều tốc độ và công suất khác nhau, hiếm khi hoạt động ở công suất định mức trong thời gian dài. Để tính đến ảnh hưởng của hoạt động ở điều kiện không tải và tải một phần, cũng như hoạt động nhất thời, hệ số tải được tính toán để biểu thị tỷ lệ trung bình của công suất định mức được sử dụng. Ví dụ: ở hệ số tải 0,3 (hoặc 30%), một động cơ có công suất 100 mã lực sẽ tạo ra trung bình 30 mã lực trong quá

trình hoạt động bình thường. Hệ số tải có thể rất khác nhau đối với máy móc xây dựng và tùy thuộc vào cách vận hành của chúng. Như vậy có thể tính được công suất trung bình của động cơ (3.1) theo lượng nhiên liệu tiêu thụ thực tế [5, 11, 12], từ đó có thể tính được hệ số tải của thiết bị theo công thức (2.6).

Hệ số tải tính theo công thức:

$$LF = \frac{P_a}{P} \quad (2.6)$$

Trong đó:

- LF là hệ số tải của động cơ;
- P_a (kW) là công suất trung bình của động cơ ở chế độ vận hành dựa theo lượng nhiên liệu tiêu thụ theo thực tế;
- P (kW) là công suất định mức của động cơ.

❖ ***Tính hệ số phát thải của máy móc xây dựng:***

Hệ số phát thải tải tính theo công thức:

$$EF = \frac{EF_{i(x)}}{LF} \cdot \left(\frac{g}{kW.h} \right) \quad (2.7)$$

Trong đó:

- EF: hệ số phát thải của khí (x);
- $EF_{i(x)}$ là hệ số phát thải của khí (x), được tính toán thông qua đo đạc thực nghiệm;

CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN HỆ SỐ PHÁT THẢI ĐỐI VỚI MÁY ĐÀO

3.1. Phương pháp tính toán theo hướng dẫn của US EPA

+ Các số liệu khảo sát thực tế

Đối với máy đào (máy xúc), đây là loại máy thi công đất, các số liệu khảo sát như: năm sản xuất, lượng dầu tiêu thụ trong một giờ thực tế, thời gian hoạt động trong một năm, số giờ hoạt động trong ngày,...được thể hiện như trong Bảng 3.1, trong trường hợp này số lượng khảo sát là 2 chiếc, công suất định mức của động cơ 94kW và 110kW.

Trong Bảng 3.1 các giá trị được tính như sau:

- Năm sản xuất (N_{sx}): năm
- Số giờ làm việc trong một ca (T_1): 8 giờ
- Số ngày trung bình trong một tháng: (T_2): 30 ngày
- Số tháng hoạt động trong một năm (T_3): 3,5 tháng
- Số giờ hoạt động trong một năm (T_4): $T_4 = T_3 \times T_2 \times T_1$ (giờ)
- Số giờ tích lũy (T_5): $T_5 = (2022 - N_{sx}) \times T_4$ (giờ)
- Hệ số tải tính toán theo công thức (2.6)

+ Tính toán

Mục tiêu tính toán theo hướng dẫn của US EPA sẽ cho được kết quả tính toán các hệ số phát thải của các khí CO, NO_x, SO₂. Công thức tính toán theo biểu thức (2.1).

Đối với máy đào các thông số EF_{ss}; TAF, DF, A và T được tra theo loại máy “Construction Equipment Excavators”, theo các bảng như sau:

- EF_{ss} – Hệ số phát thải ở trạng thái ổn định, g/kwh (tra theo Bảng A4-phụ lục A, MOVES2014b, EPA-420-R-18-009, 2018)[6]; thể hiện tại Bảng 3.2

- TAF – Hệ số điều chỉnh theo loại máy móc (tra theo Bảng A5-phụ lục A, MOVES2014b, EPA-420-R-18-009, 2018)[6]; thể hiện tại Bảng 3.3
- DF : Hệ số suy giảm chất lượng tính đến loại công nghệ và tuổi thọ của thiết bị
- A : Hệ số suy giảm tương đối cho động cơ đối với từng loại khí thải và mỗi loại công nghệ nhất định; thể hiện tại Bảng 3.4
- T : Tuổi thọ trung bình của máy móc hoạt động đầy tải, h (tra theo MOVES2014a, EPA-420-R-18-009, 2018)[6]; thể hiện tại Bảng 3.5

Bảng 3.1. Bảng khảo sát đối với máy đào thực tế

Tên máy móc	Năm sản xuất	Ký hiệu	Công suất máy (Kw)	Số giờ hoạt động/năm	Số giờ tích lũy	Lượng Dầu tiêu thụ theo công suất định mức (l/h)	Lượng dầu tiêu thụ thực tế (khảo sát)	Hệ số tải (L_{Fi})	Hệ số tải trung bình (LF)
			P	T₄	T₅	FC_{đm}	FC_{tt}	FC_{tt} / FC_{đm}	ΣL_{Fi} / 2
Máy đào bánh xích	2000	HY1.1(*)	110	840	18480	28	16	0,57	0,58
Máy đào bánh lốp	1999	HCM1.1(*)	94	840	19320	24	14	0,58	

Bảng 3.2. Hệ số phát thải ở trạng thái ổn định, g/kwh

Tên máy móc	Mã hóa máy	Năm sản xuất	Công suất máy (Kw)	Mức (Tier)	Hệ số phát thải ở trạng thái ổn định (EFss) - (g/kW.h)			
					EFss(HC)	EFss(CO)	EFss(NO _x)	EFss(PM)
Máy đào bánh xích	HY1.1	2000	110	Tier 1	0,453	1,163	7,579	0,375
Máy đào bánh lốp	HCM1.1	1999	94	Tier 1	0,453	1,163	7,579	0,375

Bảng 3.3. Hệ số điều chỉnh theo loại máy móc

Tên máy móc	Mã hóa máy	Năm sản xuất	Công suất máy (Kw)	Mức (Tier)	Hệ số điều chỉnh nhất thời theo máy móc (TAF)			
					TAF(HC)	TAF(CO)	TAF(NO _x)	TAF(PM)
Máy đào bánh xích	HY1.1	2000	110	Tier 1	1,05	1,53	0,95	1,23
Máy đào bánh lốp	HCM1.1	1999	94	Tier 1	1,05	1,53	0,95	1,23

Bảng 3.4. Hệ số suy giảm tương đối

Tên máy móc	Mã hóa máy	Năm sản xuất	Công suất máy (Kw)	Mức (Tier)	Hệ số suy giảm tương đối (A)			
					A(HC)	A(CO)	A(NO _x)	A(PM)
Máy đào bánh xích	HY1.1	2000	110	Tier 1	0,036	0,101	0,024	0,473
Máy đào bánh lốp	HCM1.1	1999	94	Tier 1	0,036	0,101	0,024	0,473

Bảng 3.5. Tuổi thọ trung bình của máy móc hoạt động đầy tải, h

Năm cơ sở	Phân loại		Dải công suất (hp)			Đầy tải
	Mã số	Mô tả	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	
2000	2270002051	Diesel-Xe tải chuyên dụng	100	175	160,5	4667
2000	2270002051	Diesel-Xe tải chuyên dụng	175	300	244,3	4667
2000	2270002051	Diesel-Xe tải chuyên dụng	300	600	419,9	7000
2000	2270002081	Diesel-Thiết bị xây dựng khác	50	75	59,85	4667
2000	2270002081	Diesel-Thiết bị xây dựng khác	75	100	84,28	4667
2000	2270002081	Diesel-Thiết bị xây dựng khác	100	175	137,7	4667
2000	2270002081	Diesel-Thiết bị xây dựng khác	175	300	233,7	4667

Kết quả tính toán Hệ số phát thải của các khí CO, NO_x và SO₂ của nhóm máy làm đất (máy đào bánh xích, máy đào bánh lốp) được thể hiện trong Bảng 3.6 đến bảng 3.8 dưới đây. Các kết quả này được so sánh với với các tiêu chuẩn của Mỹ (EPA), châu Âu (EU) và Trung Quốc (TQ).

Bảng 3.6. Hệ số phát thải CO tính theo EPA đối với máy đào

Máy xây dựng	Mã hiệu	Năm sản xuất	Công suất máy, kW	EF _{tt} (g/kW.h)	EF _{EPA} (g/kW.h)	EF _{EU} (g/kW.h)	EF _{TQ} (g/kW.h)
Máy đào	HY1.1(*)	2000	110	3,24	0,00	5	5
	HCM1.1(*)	1999	94	3,31	0,00	5	5

Bảng 3.7. Hệ số phát thải NO_x tính theo EPA đối với máy đào

Máy xây dựng	Mã hiệu	Năm sản xuất	Công suất máy, kW	EF _{tt} (g/kW.h)	EF _{EPA} (g/kW.h)	EF _{EU} (g/kW.h)	EF _{TQ} (g/kW.h)
Máy đào	HY1.1(*)	2000	110	8,61	9,25	0,4	9,2
	HCM1.1(*)	1999	94	8,67	9,25	0,4	9,2

Bảng 3.8. Hệ số phát thải của SO₂ tính theo EPA đối với máy đào

Máy xây dựng	Mã hiệu	Công suất máy, kW	Năm sản xuất	EF _{tt} (g/kW.h)	EF _{EPA} (g/kW.h)	EF _{EU} (g/kW.h)	EF _{TQ} (g/kW.h)
Máy đào	HY1.1(*)	110	2000	0,748	-	-	-
	HCM1.1(*)	94	1999	0,748	-	-	-

Các kết quả cho thấy hệ số phát thải tính toán CO (EF_{CO}) và NO_x (EF_{NO_x}) đều nhỏ hơn tiêu chuẩn US EPA và Trung Quốc. Riêng đối với hệ số phát thải SO₂ (EF_{SO₂}) trong các tiêu chuẩn không có giá trị để so sánh, trong hướng dẫn của US EPA tính toán thông qua lượng phát thải HC, bụi và các tiêu chuẩn tham chiếu không đề xuất nên không so sánh, đánh giá.

3.2. Phương pháp tính toán theo số liệu đo thực tế

Máy đào thực hiện nhiệm vụ đào, san hay chuyển dời đất, thường được phân loại theo những cách như sau:

- Máy đào, chuyển đất: Máy gầu thuận bánh xích, máy gầu nghịch bánh xích, máy san đất lốp, máy xúc lật bánh lốp...
- Máy xúc đất: máy xúc một gầu, máy xúc nhiều gầu...



Hình 2.3. Hình ảnh máy đào tiến hành đo

Đối với vận hành máy đào một gầu, thời gian cho một chu kỳ làm việc của máy đào 1 gầu, phụ thuộc vào dung tích của gầu, tốc độ làm việc của các cơ cấu, loại đất thi công, trình độ tay nghề của công nhân lái máy, thông thường thời gian của một chu kỳ làm việc có thể được xác định theo công thức sau:

$$T = t_d + t_n + t'_q + t_x + t''_q + t_h \quad ,$$

Trong đó: t_d – thời gian đào/múc (s);

t_n – thời gian nâng gầu (s);

t'_q - thời gian quay gầu có tải (s);

t_x – thời gian dỡ tải (xả đất) (s);

t''_q - thời gian quay gầu không tải (s);

t_h – thời gian hạ gầu đến bề mặt làm việc (s).

Trong trường hợp nghiên cứu này, tiến hành khảo sát, đo đạc và thống kê quy trình hoạt động của máy đào một gầu loại bánh xích và bánh lốp. Quy trình vận hành thực tế cho thấy từ lúc mức đất cho đến thời gian đổ lên xe trung

bình khoảng từ 3-5 phút tùy vào công việc của máy là đào đất hay mức đất. Trong đó các chế độ hoạt động được phân bổ trong một chu trình như sau:

- Chạy không tải : 5% - 10%
- Di chuyển : 25% - 30%
- Làm việc : 70%-85%

Căn cứ vào khảo sát thực tế cho thấy quy trình “Làm việc” chiếm tỷ trọng lớn nhất trong cả quy trình hoạt động cho một công việc, không ảnh hưởng quá nhiều cho toàn thời gian hoạt động trong một ca máy. Mặt khác, thời gian làm việc thực tế của người lái trung bình là 40-45 phút sau đó nghỉ giải lao từ 10-15 phút, lại tiếp tục công việc. Vì vậy, tiến hành đo đạc theo thời gian làm việc thực tế của người vận hành thiết bị. Theo khảo sát này, một ca máy trung bình là 8 tiếng, do đó mỗi máy đào đo được 4 lần/1 ca máy, mỗi lần 1 tiếng sau đó tính toán trung bình trong khoảng thời gian 60 phút cho mỗi lần đo.

Thiết bị đo sử dụng trong nghiên cứu này là máy Testo 350, đáp ứng theo thông tư 10/2021/TT-BTNMT và được chấp nhận bởi các tổ chức TUV (Đức), MCERTS (Anh), EPA (Mỹ) để đo khí thải (Hình 2.4).



Hình 2.4. Thiết bị đo nhanh Testo 350

Thông số kỹ thuật thiết bị phân tích khí thải testo 350

- Khí CO: 0 đến 10.000ppm; Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 1ppm; Thời gian đáp ứng < 40 giây;
- Khí NO: 0 đến 4.000ppm; Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 1ppm; Thời gian đáp ứng < 30 giây;
- Khí NO₂: 0 đến 500ppm; Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 0,1ppm; Thời gian đáp ứng < 40 giây;
- Khí SO₂: 0 đến 5.000ppm; Sai số $\pm 5\%$ giá trị đo; Độ phân giải 1ppm; Thời gian đáp ứng < 30 giây;
- Nhiệt độ: tối đa 1200⁰C, độ phân giải 0,1⁰C; Cáp dài 4m, đường kính trực đầu đo 12mm
- Áp suất chênh lệch: -200 đến + 200hPa; độ chính xác $\pm 1,5\%$ giá trị đo; độ phân giải 0,01hPa.

Sau khi khảo sát, đo đạc tại hiện trường kết hợp phỏng vấn, nhóm nghiên cứu tiến hành xử lý số liệu và tính toán.



Hình 2.5. Hình ảnh lắp đặt thiết bị đo cho máy đào

Bảng 3.9. Kết quả tính toán hệ số phát thải máy đào đo thực tế so sánh với các nghiên cứu khác

Ký hiệu	Dải công suất (kW)					Hệ số phát thải khí CO (g/kW.h)			Hệ số phát thải khí NO _x (g/kW.h)			Hệ số phát thải khí SO ₂ (g/kg.h)
						Hou (2019) [13]	Rantu (2021) [14]	Nghiên cứu này	Hou (2019) [13]	Rantu (2021) [14]	Nghiên cứu này	Nghiên cứu này
	74	<	P	<	130	5,18	7,88	5,8	5,92	84,95	11,5	0,29
HCM1.1			94					5,29			10,38	0,02
HY1.1			110					6,33			12,60	0,58

Bảng 3.10. Bảng kết quả tính toán theo US EPA và thực nghiệm nhóm máy đào

Ký hiệu	Năm SX	Mức	Dải công suất (kW)				Hệ số phát thải khí CO (g/kW.h)		Tiêu chuẩn Trung Quốc	Hệ số phát thải khí NOx (g/kW.h)		Tiêu chuẩn Trung Quốc	Hệ số phát thải khí SO2 (g/kW.h)		
							Thực nghiệm	Tính theo US EPA		Thực nghiệm	Tính theo US EPA		Thực nghiệm	Tính theo US EPA	
			74	<	P	<	130	5,8	3,28	6,5	11,5	6,68	9,2	0,3	0,75
HCM1.1	1999	Tier 1			94			5,29	3,31			10,38	8,67		0,748
HY1.1	2000	Tier 1			110			6,33	3,24			12,60	8,61		0,748

Kết quả tính toán theo số liệu đo đạc được thể hiện trong Bảng 3.9. Khi so sánh hệ số phát thải của CO trong nghiên cứu này với kết quả của các nghiên cứu khác cho thấy cao hơn 1,41 lần so với nghiên cứu của Hou (2019) [13] và thấp hơn so với nghiên cứu của Rantu (2021) [14]. Còn đối với hệ số phát thải của NO_x trong nghiên cứu này của hai loại máy đào đều lớn hơn nghiên cứu của Hou (2019) nhưng trong nghiên cứu của Rantu (2021) cao hơn nhiều (hơn 7 lần) so với nghiên cứu này, cao hơn khoảng 14 lần so với nghiên cứu của Hou (2019), điều này có thể là do sự hoạt động quá tải của máy móc, do tay nghề vận hành của thợ trong nghiên cứu của Rantu so với hai nghiên cứu so sánh.

Trong Bảng 3.10, khi so sánh với tiêu chuẩn của Trung Quốc đối với hai hệ số phát thải của CO và NO_x cho thấy:

- + Hệ số phát thải của khí CO: Khi so sánh máy làm đất với tiêu chuẩn Trung Quốc cho thấy với nhóm công suất từ 74 đến 130kW thấp hơn tiêu chuẩn của Trung Quốc.

- + Hệ số phát thải của khí NO_x: Khi so sánh với dải công suất từ 74 đến 130kW hệ số phát thải giá trị này cao hơn của Trung Quốc khoảng 1,25 lần.

- + Hệ số phát thải của khí SO₂: Trong tiêu chuẩn Trung Quốc không đề xuất hệ số này, có thể nhiên liệu sử dụng tại Trung Quốc đã được kiểm soát chặt chẽ hơn về hàm lượng lưu huỳnh có trong nhiên liệu hoặc có hàm lượng lưu huỳnh siêu thấp.

3.3. Kết luận

Trong hướng dẫn tính toán này, hệ số phát thải ô nhiễm khí CO, NO_x, SO₂ đã được tính toán theo hướng dẫn của US EPA và đo đạc thực nghiệm, có so sánh với các tiêu chuẩn của EPA, EU và Trung Quốc. Các kết quả cho thấy các hệ số phát thải có sự chênh lệch giữa lý thuyết và thực nghiệm. Sự so sánh cũng cho thấy cần phải có đo đạc trực tiếp để đánh giá đúng thông số hoạt động, cũng như chế độ hoạt động của máy móc, thiết bị. Ngoài ra, cần xem xét thêm

các điều kiện làm việc tại công trường, loại máy móc, loại nhiên liệu của máy xây dựng khi xây dựng hệ số phát thải, để đảm bảo sự chính xác của từng thời điểm nghiên cứu.

Các hệ số phát thải (EF) tính toán theo Hướng dẫn của US EPA được phân loại theo dải công suất, theo năm sản xuất và theo bậc (Tier) rất rõ ràng. Tuy nhiên khi áp dụng tính toán tại Việt nam thì khá khó khăn và tra cứu rất phức tạp do máy móc được nhập từ nhiều nước và không rõ tính tương đồng về mức phân loại theo US EPA. Kết quả tính toán này phụ thuộc vào hệ số phát thải ở trạng thái ổn định (zero hour steady-state) của động cơ, hệ số điều chỉnh theo công nghệ và theo mức áp dụng.

Kết quả tính toán theo đo đạc thực tế phụ thuộc thiết bị đo, tải theo thực tế và phản ánh đúng thực trạng máy móc khi hoạt động và chế độ vận hành của người sử dụng. Các yếu tố, điều kiện bên ngoài như đặc điểm công trình, nền đường, đào đất, mức đất, điều kiện khí hậu... đều có tác động đến hệ số phát thải của thiết bị.

Như đã phân tích ở trên, đồng thời so sánh với tiêu chuẩn của Trung Quốc, hệ số phát thải các khí CO, NO_x, SO₂ đối với máy đào trong tính toán này được đề xuất theo nhóm công suất từ 74kW ÷ 130kW như sau:

Dải công suất (kW)	Hệ số phát thải khí CO (g/kW.h)	Hệ số phát thải khí NO _x (g/kW.h)	Hệ số phát thải khí SO ₂ (g/kW.h)
74 < P < 130	5,8 - 6,5*	9,2* - 11,5	0,3 - 0,5
Trung bình	6,15**	10,35**	0,4**

Ghi chú:

- Các giá trị có ký hiệu (*) là các giới hạn đề xuất theo tiêu chuẩn của Trung Quốc
- Các giá trị có ký hiệu (**) là các giá trị trung bình áp dụng trong tính toán

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kwon, S., et al., *Data evaluation methods for real driving emissions using portable emissions measurement system (PEMS)*. Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers B, 2015. **39**(12): p. 965-973.
2. Varella, R.A., et al., *Comparison of portable emissions measurement systems (PEMS) with laboratory grade equipment*. Applied Sciences, 2018. **8**(9): p. 1633.
3. Prati, M.V., et al., *Emissions and energy consumption of a plug-in hybrid passenger car in Real Driving Emission (RDE) test*. Transportation Engineering, 2021. **4**: p. 100069.
4. Pang, K., et al., *Characterization of pollutant emissions from typical material handling equipment using a portable emission measurement system*. Atmosphere, 2021. **12**(5): p. 598.
5. Tan, D., et al., *Study on real-world power-based emission factors from typical construction machinery*. Science of The Total Environment, 2021. **799**: p. 149436.
6. Agency, E.P. *Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Compression-Ignition Engines in MOVES2014b*. 2018.
7. Fu, M., et al., *Characteristics of typical non-road machinery emissions in China by using portable emission measurement system*. Science of the Total Environment, 2012. **437**: p. 255-261.

8. Abolhasani, S., et al., *Real-world in-use activity, fuel use, and emissions for nonroad construction vehicles: a case study for excavators*. Journal of the Air & Waste Management Association, 2008. **58**(8): p. 1033-1046.
9. Lewis, P., H.C. Frey, and W. Rasdorf, *Development and use of emissions inventories for construction vehicles*. Transportation research record, 2009. **2123**(1): p. 46-53.
10. Rasdorf, W., et al., *Field procedures for real-world measurements of emissions from diesel construction vehicles*. Journal of Infrastructure Systems, 2010. **16**(3): p. 216-225.
11. Lindhjem, C.E., M. Beardsley, and N. Team, *Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling: Report No. NR-005A*. 1998: Citeseer.
12. Klanfar, M., T. Korman, and T. Kujundžić, *Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone*. Tehnički vjesnik, 2016. **23**(1): p. 163-169.
13. Hou, X., et al., *Emission inventory research of typical agricultural machinery in Beijing, China*. Atmospheric Environment, 2019. **216**: p. 116903.
14. Tu, R., et al., *Real-world emissions of construction mobile machines and comparison to a non-road emission model*. Science of The Total Environment, 2021. **771**: p. 145365.