

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ HỆ THỐNG VÒI PHUN CHO MÁY BAY UAV PHUN THUỐC TRỪ SÂU ỨNG DỤNG TRONG NÔNG NGHIỆP

RESEARCH AND DESIGN SYSTEM OF SPRAYING PESTICIDES FOR UAV
APPLICATION IN AGRICULTURE

Hoàng Thị Kim Dung
Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu thiết kế hệ thống vòi phun cho máy bay không người lái ứng dụng phun thuốc trừ sâu trong nông nghiệp. Máy bay có sải cánh 1,5 m, bay với vận tốc 20 m/s phun thuốc cho cánh đồng diện tích 1 hecta. Hệ thống dàn phun có chiều dài 1 m gồm bốn vòi phun. Bơm và bình hóa chất được bố trí tại vị trí trọng tâm của máy bay để tăng tính ổn định khi hoạt động. Kết quả thử nghiệm cho thấy hạt phun ra khá nhỏ, lưu lượng qua mỗi vòi phun khoảng 0,1 lít/phút với thời gian phun là 1,7 phút.

Từ khóa: Máy bay không người lái; Dàn phun; Thuốc trừ sâu.

ABSTRACT

The article researches and designs the spraying pesticide system for an unmanned aerial vehicle (UAV) application in agriculture. The UAV has a wingspan of 1.5 m, flying at speed of 20 m/s, spraying pesticides for an area of 1 hectare. The spray system has a length of 1 m including four nozzles. Pumps and chemical tanks are located at the center of gravity of the aircraft to increase operational stability. The test results show that the sprayed particles are quite small, the flow through each nozzle is about 0.1 l/min with a spraying time of 1.7 minutes.

Keywords: UAV; Spraying System; Pesticides.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nông nghiệp, hiện nay, máy bay không người lái gồm cả dạng cánh quay và cánh bằng được ứng dụng phun thuốc trừ sâu khá rộng rãi. Tuy nhiên, quy trình thiết kế, chế tạo dàn phun thuốc trên máy bay còn ít được nhắc đến.

Để có thể thiết kế hệ thống giàn phun

trên máy bay UAV, trước hết phải tìm hiểu hệ thống giàn phun trên máy bay nông nghiệp thực tế. Hệ thống vòi phun trên máy bay nông nghiệp phải đáp ứng được các yêu cầu về: khả năng phân tán hóa chất tới mục tiêu chính xác; Được hiệu chuẩn chính xác, có hệ thống giám sát để đảm bảo độ chính xác liên tục; Có khả năng xả nhanh trong trường hợp khẩn cấp; Dễ dàng làm sạch; Chống ăn mòn; Chống rò rỉ: Sự rò rỉ có thể gây nguy hiểm cho các thành phần

khác của máy bay, gây ô nhiễm cho môi trường và con người, và đặc biệt có thể gây ra nguy hại cho các khu vực không cần sử dụng thuốc trừ sâu [1].

Các thành phần chính của hệ thống giàn phun bao gồm: Thùng chứa, bơm, van điều khiển, thiết bị đo lưu lượng, áp suất, bộ lọc, hệ thống đường ống, giàn phun, thiết bị chống nhỏ giọt, vòi phun [2].

Giàn phun là bộ phận phân phối chất lỏng tới các vòi phun dọc theo chiều dài sải cánh, được làm từ vật liệu chống ăn mòn tốt như thép không gỉ, đồng thau hoặc nhôm. Giàn phun được lắp đặt ở dưới mép ra của cánh 10 in theo phương thẳng đứng và 6 in theo phương ngang, chiều dài của nó khoảng 70% sải cánh (để tránh sự trôi dạt của hóa chất do hiệu ứng xoáy ở đầu cánh). Các vòi phun được bố trí dọc trên giàn phun với khoảng cách từ 15-35 cm [3].

Vòi phun sử dụng trên máy bay có thiết kế tương tự với các vòi phun được sử dụng trên mặt đất. Dưới áp suất cao, sau khi đi qua miệng vòi phun đường kính nhỏ, bị cắt bởi dòng không khí chuyển động tương đối với máy bay, chất lỏng sẽ bị đánh tan ra thành các hạt nhỏ. Việc lựa chọn loại vòi phun, kích thước, số lượng, phân bố trên giàn phun là rất quan trọng, nó ảnh hưởng đến mật độ phun, kích thước hạt, sự đồng nhất các hạt và sự trôi dạt trong không khí [4]. Có rất nhiều loại vòi phun khác nhau nhưng 5 loại vòi phun hay được sử dụng nhất trên máy bay là: flat-plan, variable-orifice-flood, vòi xoay, full-cone, hollow-cone.

2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN

2.1. Mật độ áp dụng

Các nhà sản xuất thuốc trừ sâu đã chỉ ra

hàng triệu đô la để nghiên cứu cách sử dụng sản phẩm của mình một cách chính xác và hiệu quả. Nghiên cứu này bao gồm việc xác định đúng lượng thuốc trừ sâu để áp dụng kiểm soát sâu bệnh, dịch hại. Việc sử dụng lượng thuốc sâu ít hơn so với qui định nhà sản xuất đưa ra là được phép xong không đủ để kiểm soát sâu bệnh, lãng phí thời gian cũng như tiền bạc. Điều này cũng có thể dẫn tới việc sâu bệnh kháng thuốc và phát triển hơn. Còn việc sử dụng quá lượng thuốc sâu đưa ra là không hợp pháp và có thể gây ra các hậu quả như:

- Hiệu quả kiểm soát sâu bệnh: Có thể làm chết nhiều sinh vật khác có lợi;
- Ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người;
- Môi trường: Gây ô nhiễm không khí, nguồn nước trên mặt đất, nước ngầm, đất. Nó có thể tích tụ lại và ảnh hưởng đến cây trồng các vụ mùa sau;
- Gây lãng phí và tăng giá thành của ứng dụng.

Ultra-low-volume (ULV): Đây là một thuật ngữ được dùng trong lĩnh vực phun thuốc trừ sâu, nó qui định liều lượng thuốc sâu áp dụng cho từng loại cây trồng. Cụ thể là nhỏ hơn 5 l/ha đối với cánh đồng hay dưới 50 l/ha cho cây công nghiệp. Phương pháp này cũng được sử dụng trong các chiến dịch phun trên không lớn chống lại sinh vật gây bệnh như tse tse-bay (một loài ruồi hút máu động vật gây dịch bệnh tại châu Phi). Lợi ích chính của ứng dụng ULV là khối lượng công việc lớn (một diện tích lớn vài hecta có thể được điều trị trong một ngày). Đây là một sự lựa chọn tốt cho phương pháp phun thuốc trừ sâu.

Các điều kiện áp dụng:



- Diện tích đất lớn để điều trị;
- Yêu cầu điều trị nhanh;
- Ít hoặc không có nước để làm hỗn hợp thùng thuốc trừ sâu;
- Các vấn đề về hậu cần đối với vật tư;
- Địa hình khó tiếp cận trực tiếp.

2.2. Mô hình phun

Phương pháp hiệu quả nhất để kiểm tra mô hình phun của giàn phun máy bay là thêm một chất chỉ thị màu như huỳnh quang hoặc thuốc nhuộm vào hóa chất và tiến hành phun thử. Mô hình phun điển hình có thể là: phun hình chữ nhật, phun hình thang hoặc phun hình tam giác. Trong đó, mô hình phun hình chữ nhật là hoàn hảo nhất nếu có khoảng cách giữa các vòi phun là hợp lý. Mô hình phun hình thang hoặc tam giác cũng như vậy nhưng mật độ phun của đường bay đầu tiên và cuối cùng là không đều như các đường bay ở giữa. Khi phun, vào cuối mỗi vật cất phi công nên ngừng phun thuốc và nên bay đủ xa ngoài khu vực áp dụng để cho phép điều chỉnh tốc độ cũng như hướng lái trước khi vào vật cất tiếp theo.

2.3. Các bước tính toán để lựa chọn thiết bị phù hợp

Việc tính toán hệ thống vòi phun được thực hiện lần lượt theo các bước sau:

- Bước 1: Xác định mật độ yêu cầu.

$$AR = \frac{V}{S} \quad (1)$$

Trong đó, AR là mật độ yêu cầu (lít/hecta), V là thể tích hóa chất (lít) và S là diện

tích cần phun (hecta).

Căn cứ vào mức độ sâu bệnh và khuyến cáo đưa ra của nhà sản xuất cho từng loại hóa chất để xác định mật độ phun áp dụng cho diện tích cần phun.

- Bước 2: Xác định chiều dài dàn phun.
- $$l = 0,7L \quad (2)$$

Trong đó, L là sải cánh (m) và l là chiều dài dàn phun (m).

- Bước 3: Xác định số lượng vòi phun (n) sẽ lắp đặt trên giàn phun.

$$n = \frac{l}{\Delta l} + 1 \quad (3)$$

Trong đó, Δl là khoảng cách giữa các vòi phun (m). Khoảng cách lắp các vòi phun trên giàn phun thường là 0,15-0,35 m.

- Bước 4: Xác định lưu lượng tổng của hệ thống.

$$Q = \frac{AR \cdot l \cdot v}{600} \quad (4)$$

Trong đó, Q là lưu lượng tổng (lít/phút), v là tốc độ bay (m/s).

- Bước 5: Xác định lưu lượng yêu cầu với mỗi vòi phun.

$$q = \frac{Q}{n} \quad (5)$$

Từ đó, ta có thể lựa chọn được vòi phun phù hợp.

- Bước 6: Thời gian bay.

$$T = \frac{V}{Q} \quad (6)$$

Chú ý: khi yêu cầu về mật độ thay đổi, với vòi phun đã lựa chọn, ta có thể thay đổi bằng cách thay đổi áp suất của hệ thống theo công thức:

$$p_2 = p_1 \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^2 \quad (7)$$

Với p_1 và q_1 là áp suất và lưu lượng tiêu chuẩn của vòi phun do nhà sản xuất đưa ra, còn q_2 là lưu lượng phun hiệu chỉnh tương ứng với áp suất p_2 .

3. KẾT QUẢ

Máy bay không người lái dạng cánh bằng được thiết kế sử dụng phần mềm XFLR5 [5]. Máy bay có cánh chính hình chữ nhật, biên dạng NACA8414, sải cánh 1,5 m, chiều dài dây cung 0,2 m và góc nhị diện 6°; cánh đuôi ngang hình chữ nhật, biên dạng NACA0010, sải cánh 0,486 m, dây cung cánh 0,14 m; và cánh đuôi đứng hình thang, biên dạng NACA0010, nửa sải cánh 0,23 m, dây cung gốc 0,196 m và dây cung mút cánh 0,1 m.

3.1. Bài toán

Thiết kế, lựa chọn hệ thống phun thuốc trừ sâu cho máy bay UAV có sải cánh $L = 1,5$ m bay ở vận tốc $V = 50$ km/h phun thuốc cho cánh đồng diện tích 1 hecta với mật độ là $AR = 5$ lít/hecta.

3.2. Tính toán thiết kế

Với bài toán đặt ra, ta tìm được: $L = 1,5$ m, $V = 2$ lít, $v = 50$ km/h, $AR = 5$ lít/ha.

Việc tính toán thiết kế hệ thống dàn phun được thực hiện như sau:

- Bước 1: Mật độ phun yêu cầu đã biết 5 lít/hecta.

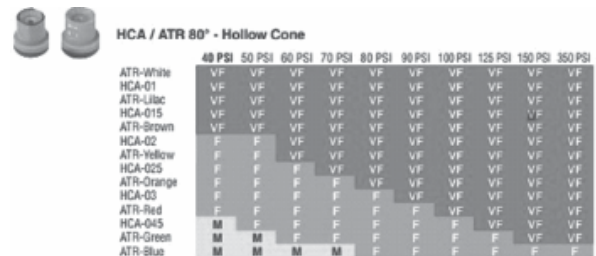
- Bước 2: Chiều dài của giàn phun theo công thức (2) là: $l = 1,05$ m.

- Bước 3: Chọn khoảng cách giữa các vòi phun $\Delta l = 0,32$ m. Số lượng vòi phun theo công thức (3) là: $n = 4$ vòi phun.

- Bước 4: Lưu lượng tổng của hệ thống theo công thức (4) là $Q = 0,6$ lít/phút.

- Bước 5: Lưu lượng qua mỗi vòi tính theo công thức (5) là $q = 0,15$ lít/phút.

Với lưu lượng 0,15 lít/phút, ta chọn vòi phun ATR80 white (Hình 1). Vòi phun ATR80 tạo ra hạt kích thước rất tốt (mã màu đỏ – kí hiệu là VF) ở áp suất 40 PSI. Đây là dạng vòi phun hollow cone, có thông số lưu lượng $q_1 = 0,2$ lít/phút tại áp suất $p_1 = 5$ bar, với lưu lượng là 0,15 lít/phút thì áp suất hoạt động được tính theo công thức (7) là 39,4 PSI.

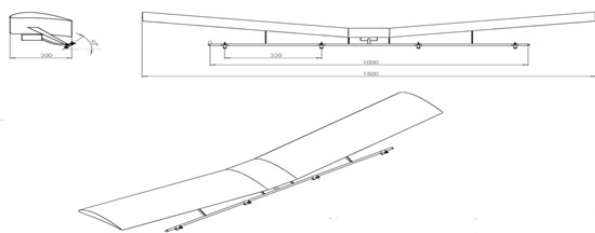


The image shows a small nozzle and a performance chart for HCA / ATR 80° - Hollow Cone nozzles. The chart lists various nozzle models (ATR-White, HCA-01, ATR-Liacc, HCA-015, ATR-Brown, HCA-02, ATR-Yellow, HCA-025, ATR-Orange, HCA-03, ATR-Red, HCA-045, ATR-Green, ATR-Blue) and their performance at different pressures (40 PSI to 350 PSI). The performance is indicated by codes: VF (Very Fine), F (Fine), M (Medium), and S (Spray).

Hình 1. Đánh giá chất lượng hạt phun của các vòi loại HCA/ATR80

- Bước 6: Thời gian phun tính theo công thức (6) là $T = 3,6$ phút.

Như vậy, giàn phun có chiều dài 1 m, trên đó có lắp 4 vòi phun, mỗi vòi cách nhau 32 cm, góc của vòi phun là 45°. Bơm và bình hóa chất sẽ nằm tại vị trí trọng tâm của máy bay để tăng tính ổn định khi hoạt động (Hình 2). 



Hình 2. Hình ảnh giàn phun thiết kế

3.3. Lắp đặt và thử nghiệm

- Thùng chứa: Thùng chứa hóa chất được làm từ nhựa, có thể tích 0,65 lít. Trên thân bình có đục 3 lỗ tương ứng với đường hóa chất vào bơm, đường về của dòng hóa chất sau bơm (có tác dụng khuấy trộn hóa chất liên tục) và lỗ còn lại được dùng như ống thông hơi (tránh tạo thành chân không trong bình trong suốt quá trình hoạt động của hệ thống);

- Bơm: Bơm là loại bơm bánh răng có công suất 50W/60W (12V/5A). Điện áp mà bơm có thể hoạt động bình thường là từ 9 đến 14VDC. Áp lực tối đa tạo ra lên tới 120 psi và cung cấp từ 5-6 lít/phút. Kích thước của bơm là 16x12x8 cm;

- Pin: Pin Lipo điện áp 11,1V, dung lượng 2200 mAh, dòng xả 30C;

- Công tắc và servo: Một công tắc kết hợp với 1 servo qua 1 tay link bằng thép. Có thể điều khiển đóng ngắt công tắc thông qua servo bằng tay điều khiển từ xa;

- Vòi phun: Qua tính toán ở phần trước, vòi phun được lựa chọn sẽ có lưu lượng vào khoảng 0,15 lít/phút, nhưng ở thị trường Việt Nam, chỉ có loại vòi phun với lưu lượng 0,1 lít/phút. Vòi phun này có kết hợp thiết bị chống nhỏ giọt bên trong. Cơ cấu đó bao gồm một lò xo và một trụ tròn có gắn đĩa ở một đầu. Khi bơm không hoạt động, lò xo sẽ đẩy đĩa tròn bịt

miệng ra của vòi phun, ngăn chặn sự nhỏ giọt xảy ra;

- Đường ống và phụ kiện: Đường ống chính sử dụng cho giàn phun có đường kính là 8 mm. Ngoài để dẫn hóa chất từ bơm tới giàn phun, từ thùng chứa tới bơm, còn có đường ống phụ sau bơm, dùng để dẫn ngược dòng quay trở lại thùng chứa để thực hiện chức năng khuấy trộn hóa chất.



Hình 3. Hệ thống giàn phun chế tạo

Hình 3 là hệ thống giàn phun được chế tạo, lắp đặt trước khi được tích hợp trên máy bay. Sau khi chế tạo, thử nghiệm cho kết quả hạt phun ra khá nhỏ, lưu lượng qua mỗi vòi phun là khoảng 0,1 lít/phút. Thời gian để phun hết 0,65 lít thuốc trừ sâu là 1,7 phút.

4. KẾT LUẬN

Hệ thống vòi phun thuốc trừ sâu được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo cho máy bay không người lái dạng cánh bằng sải cánh 1,5 m nhằm phun thuốc trừ sâu cánh đồng 1,5 ha. Kết quả thử nghiệm cho thấy, hạt phun ra khá nhỏ với lưu lượng 0,1 lít/phút cho mỗi vòi phun và thời gian phun 1,7 phút. ♦

Ngày nhận bài: 12/5/2023

Ngày phản biện: 02/6/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Health Canada, *Pest Management Regulatory Agency*, National Aerial Pesticide Application Manual.
- [2]. Monte P. Johnson and Larry D. Swetnam, *Sprayer: Selection and Calibration*, University of Kentucky, College of Agriculture.
- [3]. Patrick J. O'Connor-Marer, *Aerial Applicator's Manual- A national pesticide applicator certification study guide*, Published by the National Association of State Departments of Agriculture Research Foundation.
- [4]. Robert E. Wolf, *Spray Droplet Size and Drift*, 2000.
- [5]. XFLR5: *Analysis of foils and wings operating at low Reynolds numbers*, 2009.