

ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ HALL ĐỂ THEO DÕI VÀ DỰ BÁO HIỆU QUẢ GIẾNG BƠM ÉP NƯỚC

Nguyễn Văn Đô

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: donv@vpi.pvn.vn

Tóm tắt

Các mỏ dầu ở Việt Nam và trên thế giới chủ yếu sử dụng phương pháp bơm ép nước nhằm duy trì áp suất vỉa khi áp suất vỉa dưới áp suất bão hòa. Do vậy, việc theo dõi và dự báo nhanh hiệu quả bơm ép nước rất quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác dầu. Phương pháp hiệu quả và đơn giản có thể áp dụng trong theo dõi, dự báo hiệu quả bơm ép nước là đồ thị Hall (được xây dựng từ năm 1963 và phát triển vào năm 2009). Đồ thị Hall giúp phân tích hiệu quả giếng bơm ép dựa trên đồ thị giữa lưu lượng bơm ép nước với áp suất. Bài báo phân tích ưu, nhược điểm của phương pháp sử dụng đồ thị Hall và từ đó xây dựng chương trình tự động phân tích hiệu quả 1 giếng bơm ép nước.

Từ khóa: Đồ thị Hall, bơm ép nước, áp suất, lưu lượng bơm ép, độ nhớt, độ bão hòa.

1. Giới thiệu

Đồ thị Hall được Howard Hall xây dựng từ năm 1963. Khó khăn trong quá trình phân tích hiệu quả của giếng bơm ép là sự thay đổi áp suất và lưu lượng bơm ép theo thời gian. Phương pháp đồ thị Hall có thể khắc phục được khó khăn đó, dựa trên phương trình Darcy cho dòng chảy xuyên tâm được thể hiện ở công thức (1).

$$q_i = \frac{K_w h (P_{wf} - P_e)}{141,2 \mu_w B_w \left(\ln \frac{r_e}{r_w} + S \right)} \quad (1)$$

Trong đó: q_i : Lưu lượng bơm ép (thùng/ngày);

K_w : Độ thấm xung quanh giếng bơm ép (Md);

h : Chiều dày hiệu dụng (ft);

P_{wf} : Áp suất đáy giếng (psi);

P_e : Áp suất vỉa;

μ_w : Độ nhớt của nước;

B_w : Hệ số thể tích của nước (thông thường giả định bằng 1);

r_e : Bán kính vùng ảnh hưởng;

r_w : Bán kính giếng;

S : Hệ số skin.

Đồ thị Hall được tích hợp cả 2 vế với thời gian được thể hiện ở công thức sau:

$$\int q_i \times dt = W_i = \frac{K_w h}{141,2 \mu_w B_w \left(\ln \frac{r_e}{r_w} + S \right)} \times \int (P_{wf} - P_e) \times dt \dots (2)$$

Tại đó:

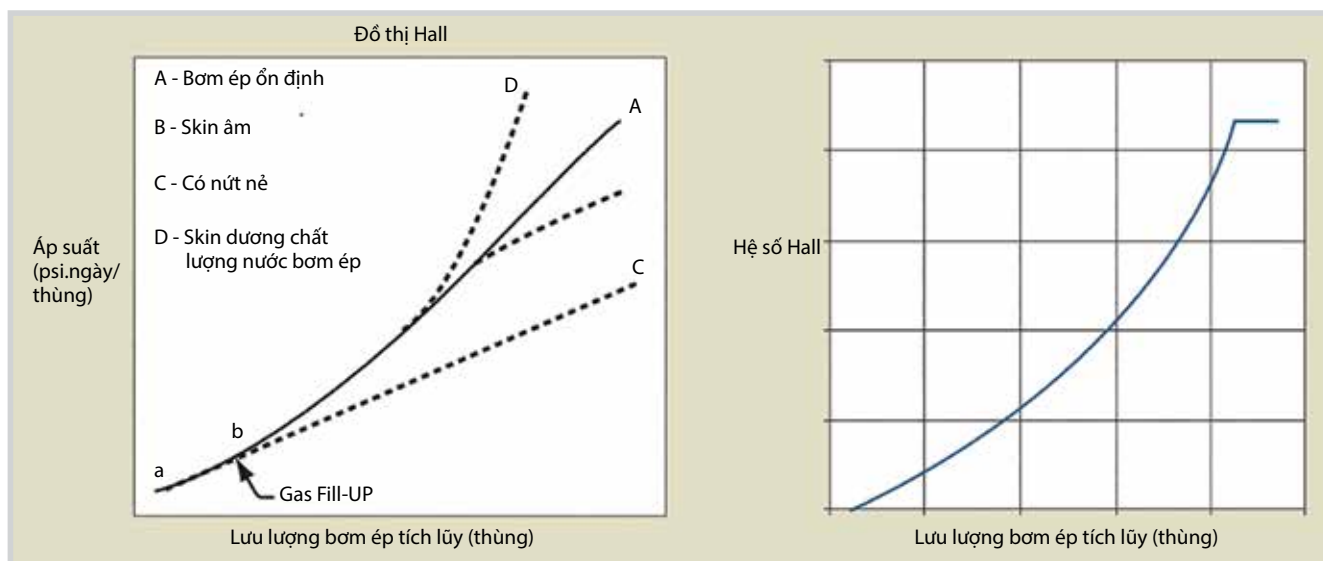
$$P_{wf} = P_{wh} - \Delta P_f + (\rho g \times TVD)$$

Sau đó phương trình được biến đổi thành:

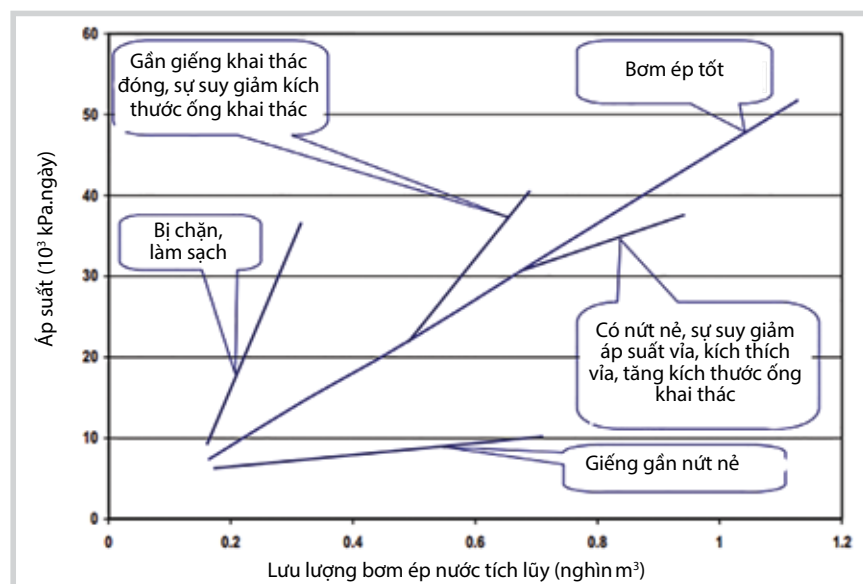
$$\sum_t (P_{wf} - P_e) \times dt = \frac{141,2 \mu_w B_w \left(\ln \frac{r_e}{r_w} + S \right)}{K_w h} W_i$$

Đây là một phương trình tuyến tính. Một biểu đồ tích lũy giữa khối lượng nước được bơm (W_i) so với áp suất (phía bên trái) đưa ra được hiểu là đồ thị Hall.

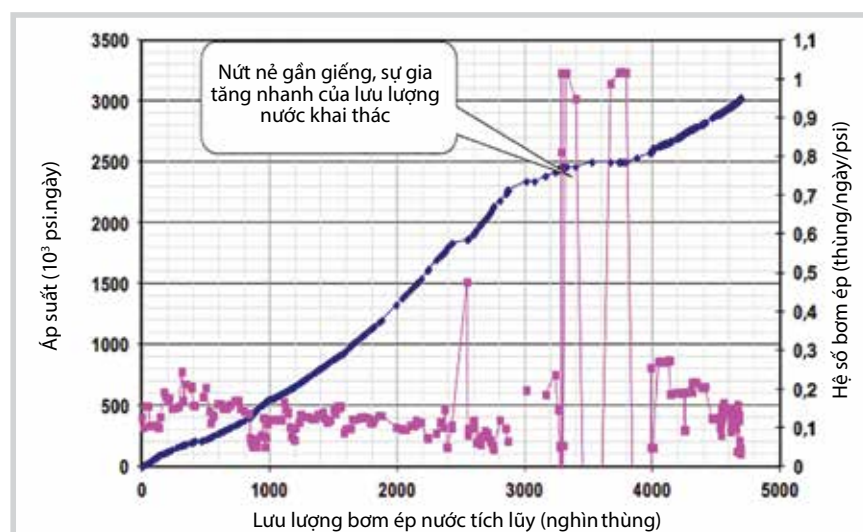
Số liệu được yêu cầu trong đồ thị Hall là áp suất miệng giếng hàng ngày và lưu lượng bơm. Đó là một đồ thị giữa lưu lượng bơm ép tích lũy với sự giảm áp suất tích lũy trong ngày. Theo Hall, nếu một giếng bơm ép bị kích thích hoặc có nứt nẻ thì độ dốc giảm (đường C), ngược lại một giếng bị nhiễm bẩn thành hệ (skin dương) có độ dốc được tăng lên (đường D), còn bơm ép ổn định và hiệu quả (đường A) (Hình 1 và 2).



Hình 1. Đồ thị Hall



Hình 2. Đồ thị Hall



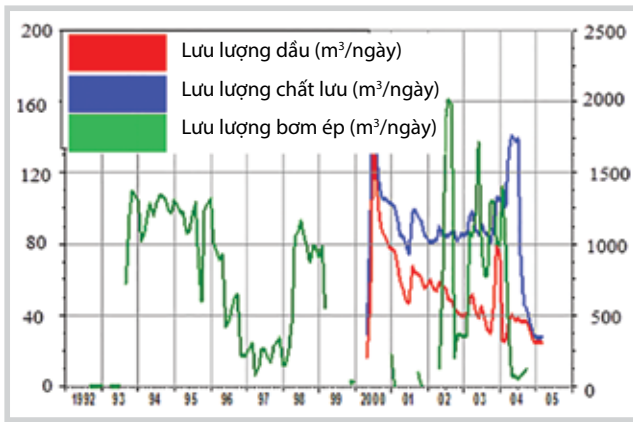
Hình 3. Đồ thị Hall cho giếng bơm ép W-3

2. Ưu, nhược điểm của phương pháp phân tích hiệu quả giếng bơm ép bằng đồ thị Hall

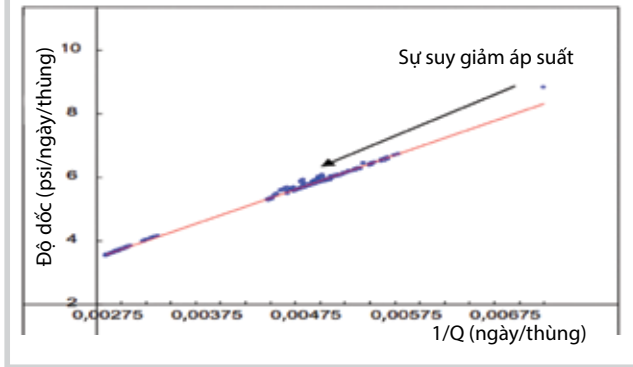
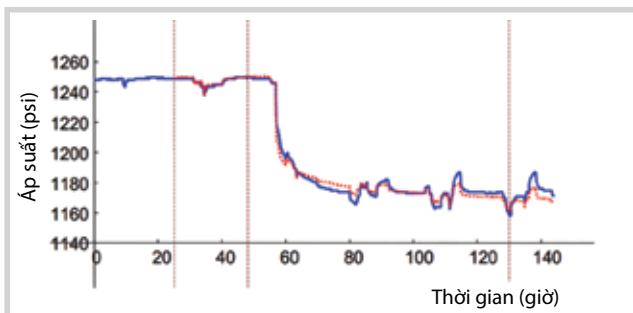
Đồ thị Hall có ưu điểm là: (1) Công cụ giám sát hiệu quả giếng và vừa như: xác định được vấn đề trong bơm ép, xác định vấn đề của hệ thống làm sạch nước trước khi bơm ép và khả năng tương thích với vỉa chứa; (2) Đánh giá hiệu quả khả năng xử lý giếng; (3) So sánh hiệu quả và thời gian sử dụng các phương pháp xử lý giếng (như phương pháp xử lý giếng bằng acid, phương pháp nứt vỉa và phương pháp sử dụng dung môi); (4) Xác định chế độ bơm phù hợp, xác định có nút nê, biên chặn; (5) Đơn giản dễ sử dụng.

Tuy nhiên, đồ thị Hall cũng có nhược điểm là cần phải biết chính xác số liệu đo cũng như khoảng thời gian tiến hành sửa chữa giếng; sự thay đổi trong quá trình khai thác và bơm ép; số liệu phải đủ dài; không dễ phát hiện thời gian thực tế bị ảnh hưởng.

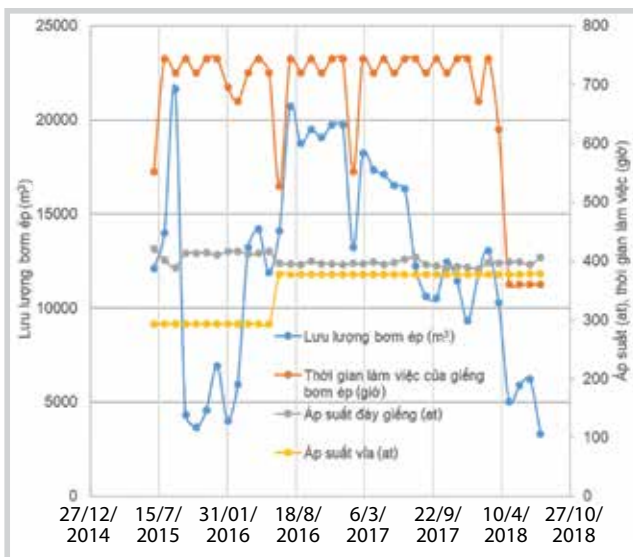
Ví dụ giếng 1 cho thấy ảnh hưởng của nút nê khi tiến hành bơm ép ở giếng W-3 (Hình 3 và 4). Sau 3 năm lưu lượng nước khai thác ổn định, sau đó đột ngột gia tăng lưu lượng khai thác nước vào năm 2003 được thể hiện trên đồ thị Hall.



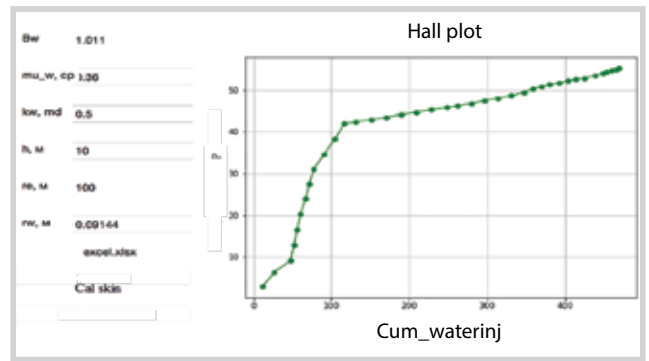
Hình 4. Hiện trạng khai thác giếng 1



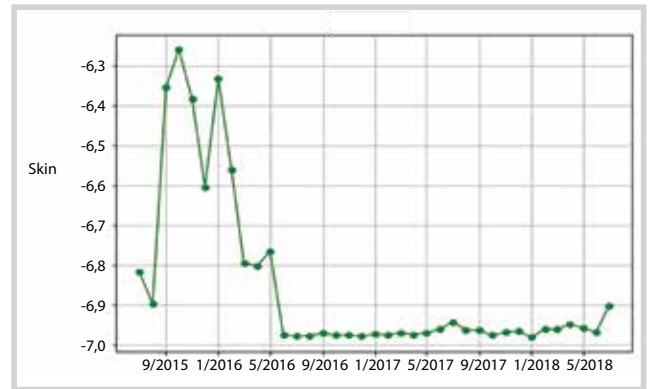
Hình 5. Kết quả khớp lịch sử và dự báo cho giếng bơm ép bằng đồ thị Hall



Hình 6. Số liệu đầu vào



Hình 7. Đồ thị Hall cho 1 giếng bơm ép trên chương trình



Hình 8. Hệ số skin trên chương trình

```

Hall plot
sub Hallplot(x)
  max_x = 400;
  max_y = 50;
  max_x_per = 1;
  max_y_per = 1;
  max_ax = 400;
  max_ay = 50;
  for j = range(1:max_x, 1, 1);
    if (max_x_per <= 1) || (max_y_per <= 1) || (max_ax <= 1) || (max_ay <= 1);
      max_x_per = max_x_per * (max_x - j) / (max_x - 1);
      max_y_per = max_y_per * (max_y - j) / (max_y - 1);
      max_ax = max_ax * (max_x - j) / (max_x - 1);
      max_ay = max_ay * (max_y - j) / (max_y - 1);
    end
  end
  data = get_data('Hallplot', 'Hallplot', 'Hall');
  max_x = 400;
  max_y = 50;
  max_x_per = 1;
  max_y_per = 1;
  max_ax = 400;
  max_ay = 50;
  hold on;
  max_x = 400;
  max_y = 50;
  max_x_per = 1;
  max_y_per = 1;
  max_ax = 400;
  max_ay = 50;
end

```

Hình 9. Một phần code của chương trình

3. Xây dựng chương trình phân tích hiệu quả giếng bơm ép

Từ công thức thực nghiệm trên, tác giả xây dựng chương trình tự động phân tích hiệu quả giếng bơm ép với số liệu đầu vào được thể hiện trong Hình 6. Các giá trị độ nhớt, độ bão hòa được đưa vào để làm thông số đầu vào cho tính toán. Kết quả được thể hiện ở Hình 7 và 8.

Hình 7 và 8 cho thấy kết quả giếng được làm sạch nên hiệu quả bơm ép tốt. Trên cơ sở sơ bộ chương trình ban đầu cho đồ thị Hall, tác giả sẽ tiếp tục tiến hành việc tối ưu khớp lịch sử và dự báo hiệu quả của giếng bơm ép bằng phương pháp này.

4. Kết luận

Đồ thị Hall cho thấy hiệu quả trong việc đánh giá và theo dõi giếng bơm ép. Đây là phương pháp đơn giản và là công cụ hữu ích giúp nhà điều hành tham khảo trong quá trình theo dõi và đánh giá hiệu quả của giếng bơm ép. Tuy nhiên, để nâng cao hiệu quả trong quá trình theo dõi và đánh giá hiệu quả của giếng bơm ép cần kết hợp sử dụng các đồ thị khác như: VRR, ABC plot hoặc mô hình điện dung.

Tác giả đã bước đầu phát triển xây dựng 1 chương trình đánh giá riêng cho giếng bơm ép, tạo tiền đề phát triển tổ hợp gồm các phương pháp đánh giá sau này.

Tài liệu tham khảo

[1]. D.R.Ratnaningsih and I.L.Danny, "Waterflooding surveillance: Real time injector performance analysis using

Hall plot method & derivative", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, International Conference on Earth Science, Mineral, and Energy, Yogyakarta, Indonesia, 11 - 12 October, 2018.*

[2]. Jonah Amedu and Christopher Nwokolo, "Improved well and reservoir production performance in waterflood reservoir-revolutionizing the Hall plot", *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Lagos, Nigeria, 5 - 7 August, 2013.*

[3]. Saud Mohammed Al-Fattah, Mohammed Dallag, Rami Ahmed Abdulmohsin, Wael Ateeq Al-Harbi, and Mohammed Ben Issaka, "Intelligent integrated surveillance tool improves field management practices", *International Energy Conference and Exhibition, Amsterdam, the Netherlands, 11 - 13 April, 2008.*

APPLICATION OF HALL PLOT METHOD TO MONITOR AND FORECAST THE EFFICIENCY OF WATER INJECTION

Nguyen Van Do

Vietnam Petroleum Institute

Email: donv@vpi.pvn.vn

Summary

Water injection is the most commonly used method to maintain reservoir pressure when reservoir pressure is under saturated pressure in most oil fields in Vietnam and in the world. Therefore, monitoring and rapid prediction of the efficiency of water injection are a very important task to improve oil recovery. An effective and simple method that can be applied to monitor and predict the efficiency of water injection is the Hall graph. The methods which are presented in this paper are Hall Plot (1963) and Derivative Hall Plot (2009). Hall proposed a qualitative method to analyse injector well performance based on plot between cumulative drawdown pressure against cumulative water injected. This paper analyses the advantages and disadvantages of the Hall method, and thereby builds a programme to analyse the performance of a water injection well.

Key words: Hall plot, water injection, pressure, cumulative water injected, viscosity, saturation.