

Tính toán hệ số skin bằng phương pháp thử vỉa và phân tích số liệu khai thác

Phạm Sơn Tùng^{1,*}, Võ Hoàng Thọ¹, Trương Lê Hiếu Nghĩa²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Hệ số skin (s) là một thông số quan trọng trong khai thác dầu khí, hệ số skin dùng để tối ưu hóa khai thác, phân tích dự báo khai thác, và giúp xác định chính xác hơn đường dòng vào (Inflow Performance Relationship-IPR). Thông số này giúp quyết định có nên thực hiện cải thiện giếng hay không, nếu cần cải thiện giếng thì cải thiện giếng bằng cách nào để tối ưu hóa khai thác. Thông thường hệ số skin được ước tính cùng với độ thấm và áp suất vỉa bằng cách phân tích số liệu thử vỉa, tuy nhiên do chi phí cao và thời gian thử vỉa trong quá trình khai thác khá dài, điều đó làm ảnh hưởng tới chi phí khai thác, nên bài báo đề xuất một phương pháp khác để xác định hệ số skin một cách liên tục hơn đó là thông qua phân tích số liệu khai thác. Bài báo đưa ra quy trình tính toán hệ số skin bằng hai phương pháp là phân tích số liệu khai thác và phân tích áp suất chuyển tiếp (Pressure Transient Analysis - PTA). Để có thể ước tính hệ số skin bằng phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp, quy trình phân tích được khảo sát. Quy trình này có thể áp dụng cho tất cả các bộ số liệu thu được từ thử vỉa trong giếng. Quy trình phân tích bao gồm 6 bước chính: thu thập số liệu, hiệu chỉnh số liệu, phân tích sơ bộ các chế độ dòng, chọn mô hình phù hợp, xác định mô hình và phân tích độ nhạy. Để có thể ước tính hệ số skin bằng phương pháp phân tích số liệu khai thác, quy trình phân tích được khảo sát. Quy trình gồm 3 bước: Chuẩn bị số liệu đầu vào, lựa chọn chế độ dòng chảy phù hợp, phân tích độ nhạy. Đồng thời cũng chỉ ra những yếu tố không chắc chắn của 2 phương pháp này. Sau đó áp dụng với các số liệu thực tế để tính toán và so sánh kết quả để phân tích tính khả thi cũng như những yếu tố không chắc chắn ảnh hưởng tới kết quả dự báo.

Từ khoá: Hệ số skin, Phân tích áp suất chuyển tiếp, Phân tích số liệu khai thác

¹Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM, Việt Nam

²Công ty TNHH một thành viên điều hành thăm dò khai thác dầu khí trong nước – PVEP POC, Việt Nam

Liên hệ

Phạm Sơn Tùng, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM, Việt Nam

Email: phamsontung@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 22-5-2021
- Ngày chấp nhận: 6-9-2021
- Ngày đăng: 04-11-2021

DOI : 10.32508/stdjet.v4iS13.849



Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



GIỚI THIỆU

Hiện nay có rất nhiều phương pháp thử vỉa (thử vỉa giảm áp, thử vỉa hồi áp, thử vỉa bằng cần khoan...), phương pháp minh giải tài liệu thử vỉa (đồ thị Horner, đồ thị semilog, đồ thị log-log, type curve...) và nhiều phần mềm minh giải tài liệu thử vỉa (Saphir, Fekete...) được sử dụng vào các mục đích khác nhau như thẩm định, đánh giá hiệu quả sau khi xử lý axit hay nút vỉa. Tuy nhiên việc phân tích tích số liệu thác nhằm ước tính hệ số skin chưa được nghiên cứu nhiều cả trong nước và trên thế giới. Bài báo “A method for production data analysis considering significant discontinuities in unconventional reservoirs (2018)” của Qingyu Li¹ và cộng sự đã trình bày sự gián đoạn dữ liệu trong quá trình khai thác và đề xuất phương pháp Production Data Analysis (PDA) để giải quyết vấn đề này dựa trên tương đương thời gian ảo, được tính bằng cách sử dụng áp suất hình thành trung bình. Bài báo “Challenges of Pressure Transient Analysis PTA: Uncertainty Assessment and Pitfalls in Well Test Analysis-How Much Confidence Does a PTA Interpretation Has? (2020)” của Mustafa

Cobanoglu² đã trình bày các yếu tố không chắc chắn và quy trình phân tích trong phương pháp phân tích số liệu thử vỉa Pressure Transient Analysis (PTA). Bài báo “Well Test Analysis in Practice (2012)” của tác giả Alain Gringarten³ đã trình bày về tầm quan trọng và vai trò của thử vỉa. Nêu ra các phương pháp thử vỉa cũng như các phương pháp minh giải tài liệu thử vỉa. Xây dựng mô hình, quy trình thử vỉa và chỉ ra sự khác nhau giữa các phương pháp minh giải tài liệu thử vỉa. Nghiên cứu cũng giới thiệu phương pháp minh giải tài liệu thử vỉa bằng phương pháp giải chấp. Bài báo “Integrating Pressure Transient Analysis in Hydraulic Fracturing (2006)” của tác giả Zillur Rahim và Ismail Buhidma⁴ đã trình bày các phương pháp để đánh giá hiệu quả của hoạt động cải thiện giếng như: phương pháp Pressure Transient Analysis (PTA), đo địa vật lý, so sánh lịch sử áp suất các phương pháp trên kết hợp với nhau để đánh giá chiều dài, độ dẫn khe nứt. Bài báo “Transient model analysis of gas flow behavior for a multi-fractured horizontal well incorporating stress-sensitive permeability (2018)” của tác giả Li-Na Cao⁵ và các cộng sự đã trình bày về giả thuyết độ thấm được xem như là không đổi thì không đúng với một số

Trích dẫn bài báo này: Tùng P S, Thọ V H, Nghĩa T L H. Tính toán hệ số skin bằng phương pháp thử vỉa và phân tích số liệu khai thác. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 4(S13):SI132-SI145.

via nhạy cảm với áp suất và phát triển mô hình thấm với giếng ngang để ước tính độ thấm cho một số via nhạy cảm với áp suất góp phần thiết lập cơ sở lý thuyết cho phương pháp phân tích số liệu thử vỉa Pressure Transient Analysis (PTA) một cách hiệu quả. Bài báo “Cơ sở lý thuyết và phân tích xử lý số liệu thử vỉa bằng cần khoan trong giếng dầu (2007)” của tác giả Nguyễn Hữu Thế Hào⁶ đã trình bày tổng quan các khái niệm, lý thuyết cơ bản về thử vỉa. Giới thiệu một cách chi tiết các mô hình vỉa và các phương pháp để thực hiện thử vỉa nhưng đi sâu về phương pháp thử vỉa bằng cần khoan (DST). Bài báo trình bày khái quát về quy trình thực hiện DST, hệ thống thiết bị bề mặt, thiết bị lòng giếng phục vụ công tác thử vỉa. Từ những lý thuyết trên tác giả đi sâu để minh giải bài toán thực hiện thử vỉa DST bằng phương pháp truyền thống rồi so sánh với kết quả trên phần mềm Ecrin 4.10.02. Bài báo “Hướng tiếp cận mới trong phân tích thử vỉa giếng khí có hàm lượng CO₂ cao (2018)” của tác giả Lê Đình Thành⁷ và các cộng sự đã làm rõ vai trò, đặc tính của CO₂ trong quá trình minh giải thử vỉa DST, đánh giá ưu nhược điểm của phương pháp đang áp dụng, phân tích và đề xuất hướng tiếp cận mới để có thể thu được nhiều thông số vỉa chứa, phục vụ công tác lập chính xác phương án phát triển mỏ. Luận văn tốt nghiệp “Phân tích thử vỉa và đánh giá hiệu quả cho giếng nứt vỉa (2014)” của tác giả Nguyễn Văn Phước đã nghiên cứu trình bày tổng quan quy trình minh giải tài liệu thử vỉa từ những cơ sở lý thuyết. Giới thiệu giếng, thu thập số liệu, hiệu chỉnh số liệu, phân tích chế độ dòng, xây dựng mô hình phù hợp với chế độ dòng, nhận xét và đánh giá hiệu quả công tác thử vỉa. Như vậy việc nghiên cứu vỉa chứa rất được quan tâm và cần thiết trong vòng đời của vỉa.

Để giải quyết vấn đề ước tính hệ số skin bài báo này đưa ra 2 phương pháp ước tính hệ số skin, đồng thời đánh giá mức độ tin cậy của phương pháp phân tích dữ liệu khai thác thông qua việc so sánh kết quả với phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA), phương pháp có độ tin cậy cao và đang được sử dụng phổ biến.

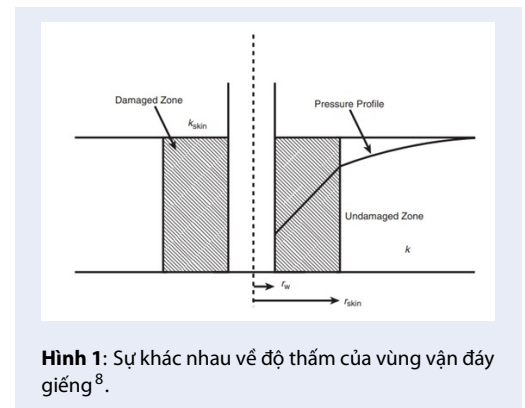
PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo sẽ đồng thời thực hiện 2 phương pháp ước tính hệ số skin là phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA) và phương pháp phân tích dữ liệu khai thác. Sau đó so sánh kết quả phân tích dữ liệu khai thác với phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA), phương pháp này có độ tin cậy cao và đang được sử dụng phổ biến. Từ đó đánh giá độ tin cậy của phương pháp phân tích dữ liệu khai thác. Đồng thời đưa ra các yếu tố không chắc chắn của 2 phương pháp để lưu ý nhằm tránh xảy ra sai lệch đáng kể trong việc ước tính hệ số skin.

Hệ số skin

Hệ số skin (S) là một giá trị không thứ nguyên, được dùng để định lượng ảnh hưởng của vùng cận đáy giếng gây ra giảm áp và có độ lớn trong khoảng từ -6 đến 100.

Không có gì bất thường nếu trong lúc khoan, hoàn thiện giếng và khai thác các vật liệu như mùn khoan, cát, sét... xâm nhập vào thành giếng khoan làm giảm tính thấm xung quanh giếng khoan. Vùng này có thể kéo dài từ vài inch tới vài feet từ thành giếng. Nhiều giếng được xử lý axit hoặc nứt vỉa thủy lực làm tăng độ thấm. Do đó, độ thấm xung quanh thành giếng luôn khác độ thấm khu vực xa thành giếng, nơi mà chưa bị kích thích hoặc ảnh hưởng của dung dịch khoan. Không những vậy trong quá trình bắn mở vỉa hay khai thác làm vùng cận đáy giếng bị ảnh hưởng và hệ số skin có xu hướng tăng theo thời gian nếu không xảy ra can thiệp giếng⁸.



Hình 1: Sự khác nhau về độ thấm của vùng vận đáy giếng⁸.

Theo đường cong suy giảm áp suất trong vỉa (Hình 1), khi dòng chảy đi qua vùng cận đáy giếng bị nhiễm bẩn thì áp suất giảm cục bộ, làm giảm lưu lượng khai thác. Như vậy vùng cận đáy giếng xảy ra 3 trường hợp.

Trường hợp 1: $\Delta P_{skin} > 0$ giúp ta biết được vùng cận đáy giếng đang bị nhiễm bẩn, làm cho độ thấm vùng cận đáy giếng giảm, $k_{skin} < k$. S có giá trị dương.

Trường hợp 2: $\Delta P_{skin} < 0$ giúp ta biết được vùng cận đáy giếng được cải thiện, làm cho độ thấm vùng cận đáy giếng tăng, $k_{skin} > k$. S có giá trị âm.

Trường hợp 3: $\Delta P_{skin} = 0$ giúp ta biết được độ thấm vùng cận đáy giếng không thay đổi, $k_{skin} = k$. S = 0

Sự sụt giảm áp suất qua vùng cận đáy giếng ΔP_{skin} là sự khác nhau giữa áp suất giảm thực trong vùng cận đáy giếng và áp suất giảm trong vỉa.

Phân tích áp suất chuyển tiếp

Phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA) là một trong những công cụ tốt nhất để ước tính các

thông số quan trọng của giếng cũng như vỉa dầu khí. Một trong số đó là các đặc tính vỉa chứa, kích thước và hình dạng (độ thấm, mô hình vỉa chứa, đứt gãy, khoảng cách đến biên...), hiệu quả của công tác hoàn thiện giếng (hệ số skin, độ thấm), hiệu suất của ống khai thác (thiết kế của đường ống và nâng nhân tạo nếu cần thiết). Để có thể ước tính hệ số skin bằng phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA), quy trình phân tích được khảo sát. Quy trình này có thể áp dụng cho tất cả các bộ số liệu thu được từ thử vỉa trong giếng. Quy trình phân tích bao gồm 6 bước chính².

- Chuẩn bị các dữ liệu cơ bản (ct, μ , Φ , Bo...).
- Nhập dữ liệu và hiệu chỉnh dữ liệu.
- Trích xuất dữ liệu.
- Lựa chọn mô hình phù hợp.
- Xác định mô hình.
- Phân tích độ nhạy.

Chuẩn bị các dữ liệu cơ bản

Các số liệu cần thiết cho việc phân tích: Dữ liệu áp suất và lưu lượng theo thời gian, thông số chất lưu, thông số giếng, đặc tính vỉa.

Dữ liệu áp suất theo thời gian được thu thập từ đồng hồ đo thường trực đáy giếng PDG (Permanent Down - Hole Gauge). Giá trị áp suất được thu thập liên tục theo thời gian trong suốt quá trình khai thác. Trong một giếng có thể lắp đặt nhiều đồng hồ đo thường trực ở cùng độ sâu hoặc khác độ sâu. Trong khi dữ liệu lưu lượng theo thời gian được ghi nhận trên bề mặt và được báo cáo lại sau vài ngày.

Đặc tính vỉa như: Độ rỗng, độ nén của đá, bề dày tầng sản phẩm và bán kính vỉa được xác định từ thí nghiệm phân tích mẫu lõi trong phòng thí nghiệm hoặc thông qua công tác đo địa vật lý.

Thông số Áp suất-Thể tích-Nhiệt độ (PVT) của chất lưu vỉa như: Độ nén tổng, hệ số thể tích thành hệ, độ nhớt, độ bão hòa, áp suất điểm bọt. Các số liệu này được thu thập được từ kết quả phân tích PVT của mẫu chất lưu trong phòng thí nghiệm.

Thông số giếng như: Bán kính giếng, hình dạng của giếng thu được từ công tác hoàn thiện giếng.

Mặt dù áp suất vỉa chứa là kết quả của việc minh giải, nhưng cần có ước tính ban đầu về áp suất vỉa để chạy mô hình. Ngoài dữ liệu yêu cầu tối thiểu ở trên, những dữ liệu cũng cần thiết cho các mô hình khác nhau như: Chiều dài đoạn đục lỗ so với tổng chiều dày đối với giếng đục lỗ một phần, Chiều dài giếng và góc nghiêng đối với giếng nằm ngang và giếng nghiêng².

Nhập dữ liệu và hiệu chỉnh dữ liệu

Sau khi đã thu thập dữ liệu cần thiết cho quá trình phân tích. Ta tiến hành nhập dữ liệu như:

- Thông số chất lưu.
- Thông số giếng.
- Dữ liệu áp suất theo thời gian.
- Dữ liệu lưu lượng theo thời gian.
- Sau đó ta tiến hành hiệu chỉnh dữ liệu nhằm:
- Đồng bộ hóa giữa lưu lượng khai thác và áp suất theo thời gian
- Xác định xem dữ liệu thu thập được có lỗi nào không.
- Để xác định mô hình vỉa dễ hơn và chính xác hơn.
- Lọc những dữ liệu không chính xác.

Hiệu chỉnh dữ liệu áp suất.

Những giá trị áp suất bất thường có thể nhận thấy dễ dàng (Hình 2) như:

- Khi ngừng khai thác mà áp suất lại giảm
- Khi mở giếng áp suất lại tăng
- Trong quá trình khai thác mà áp suất tại đó cao hơn áp suất vỉa ban đầu.

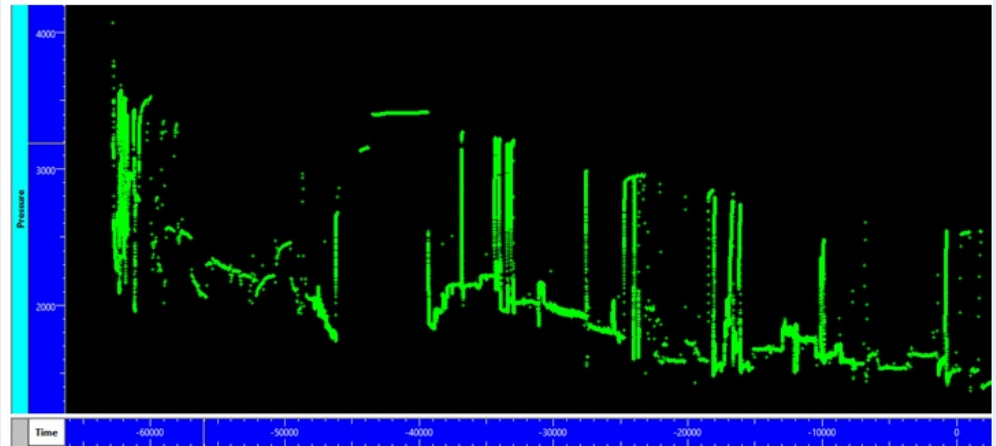
Những điểm áp suất bất thường đó cần được loại bỏ để tăng độ tin cậy trong quá trình phân tích tài liệu thử vỉa và dễ dàng hơn khi thực hiện các bước tiếp theo.

Sau khi đã loại bỏ những điểm áp suất nhiễu (Hình 3) ta có thể thấy phản hồi của áp suất rõ ràng hơn và những điểm mà tại đó giá trị bị sai hầu như đã được loại bỏ.

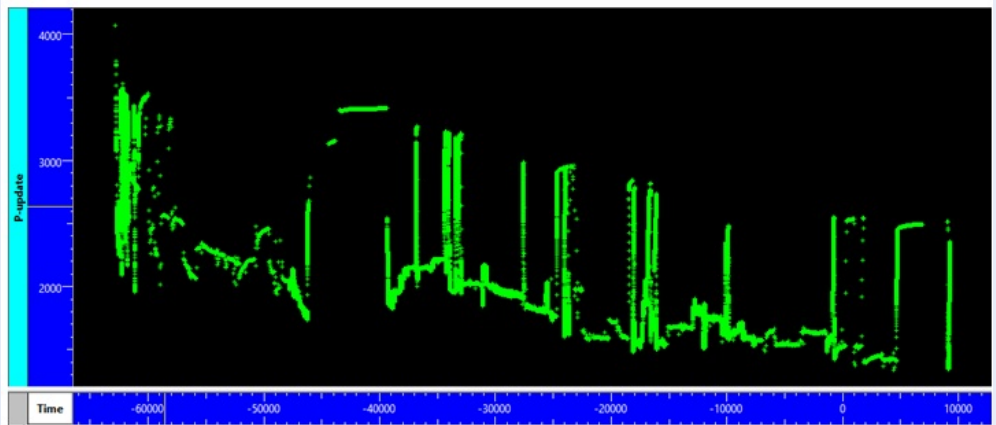
Hiệu chỉnh dữ liệu lưu lượng

Thông thường dữ liệu để phân tích tài liệu thử vỉa được lấy từ các nguồn khác nhau và độ tin cậy cũng khác nhau. Trong khi áp suất được ghi nhận trực tiếp bằng đồng hồ tại đáy giếng còn lưu lượng thì được ghi nhận trên bề mặt và được báo cáo lại sau vài ngày. Nên việc không đồng bộ áp suất và lưu lượng theo thời gian là hoàn toàn có thể xảy ra (Hình 4).

Sau khi hiệu chỉnh dữ liệu lưu lượng và áp suất đã đồng bộ (Hình 5). Việc hiệu chỉnh này là vô cùng quan trọng để phân tích tài liệu thử vỉa có được kết quả có độ tin cậy cao mà cũng dễ dàng trong việc xác định mô hình.



Hình 2: Dữ liệu áp suất theo thời gian chưa được hiệu chỉnh (trích từ phần mềm Ecrin).



Hình 3: Dữ liệu áp suất theo thời gian đã được hiệu chỉnh (trích từ phần mềm Ecrin).

Trích xuất dữ liệu

Quá trình trích xuất dữ liệu được thực hiện bằng sự định vị tự động, một đường thẳng nằm ngang cho dòng chảy hướng tâm vô hạn (Infinite Acting Radial Flow-IARF) và một đường thẳng nằm nghiêng cho hiệu ứng tích chứa trên đồ thị đạo hàm Bourdet (Hình 6). Các đường này được thiết lập bởi một bộ lọc tương đối đơn giản. Đáng ngạc nhiên, kiểu xử lý này hoạt động khá tốt trong trường hợp đơn giản, đưa ra ước tính tức thời hệ số tích chứa, bề dày vỉa và hệ số skin. Trong trường hợp phức tạp, phần mềm có thể chọn sai vị trí ta sẽ phải di chuyển hai đường thẳng đến vị trí đúng để trích xuất dữ liệu⁹.

Lựa chọn mô hình phù hợp

Ta dựa vào đồ thị đạo hàm Bourdet để xác định mô hình vỉa phù hợp. Để chẩn đoán được mô hình vỉa

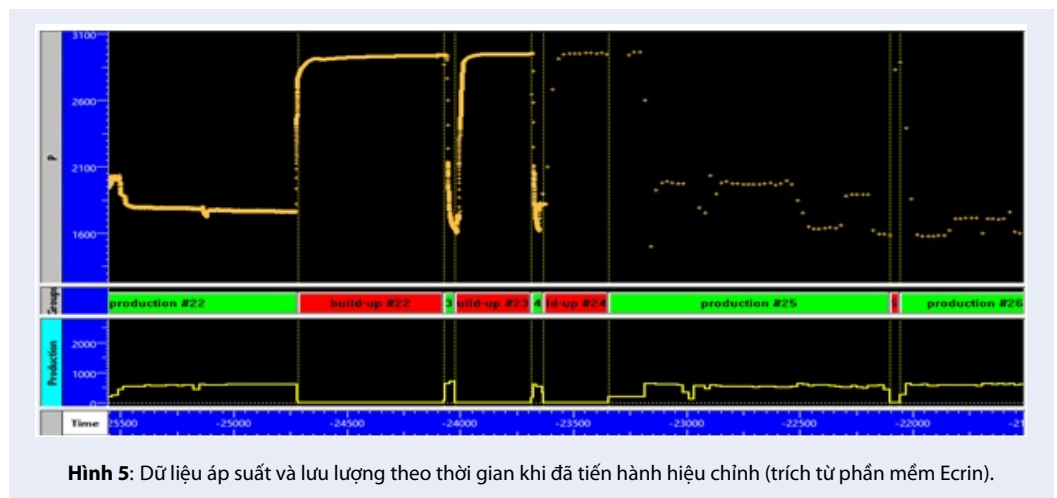
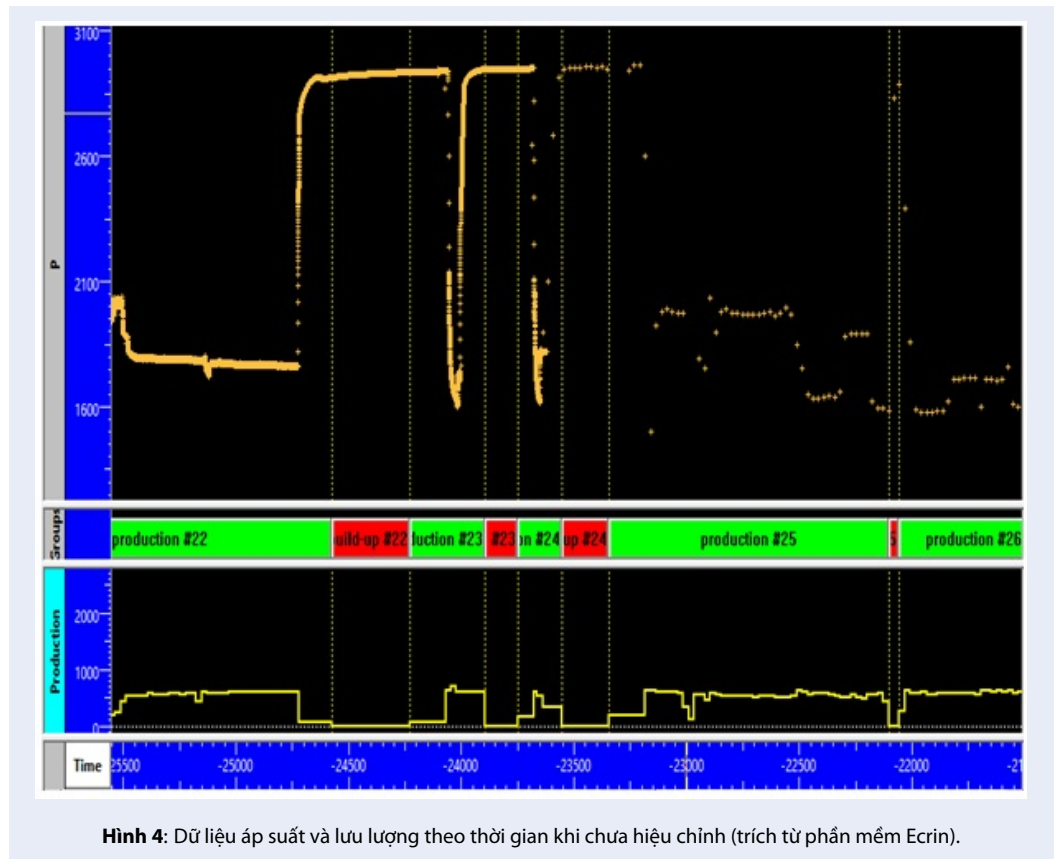
phù hợp ta tiến hành phân tích chế độ dòng (Hình 7) và phân tích mô hình (Hình 8). Vì là bài toán ngược nên từ một bộ số liệu có thể có một hay nhiều mô hình phù hợp.

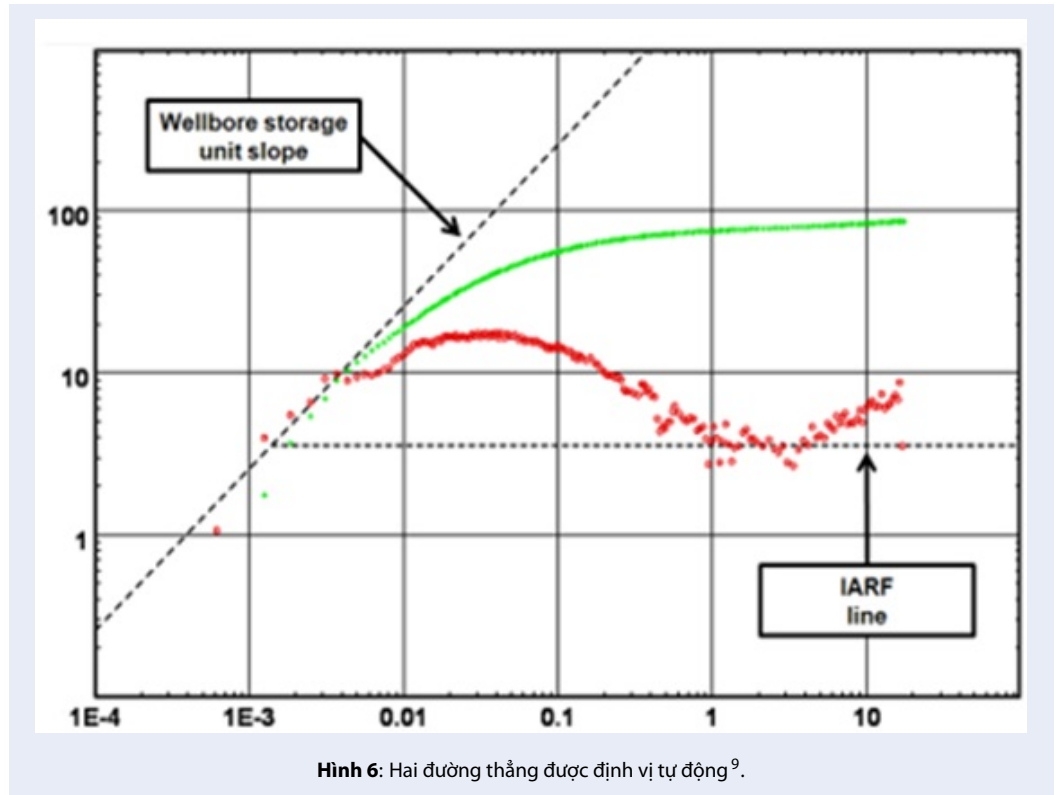
Xác định mô hình

Sau khi chẩn đoán mô hình từ việc phân tích chế độ dòng (Hình 7) và phân tích mô hình (Hình 8) ta tiến hành xác định mô hình vỉa chứa theo quy trình đang được sử dụng phổ biến hiện nay (Hình 9).

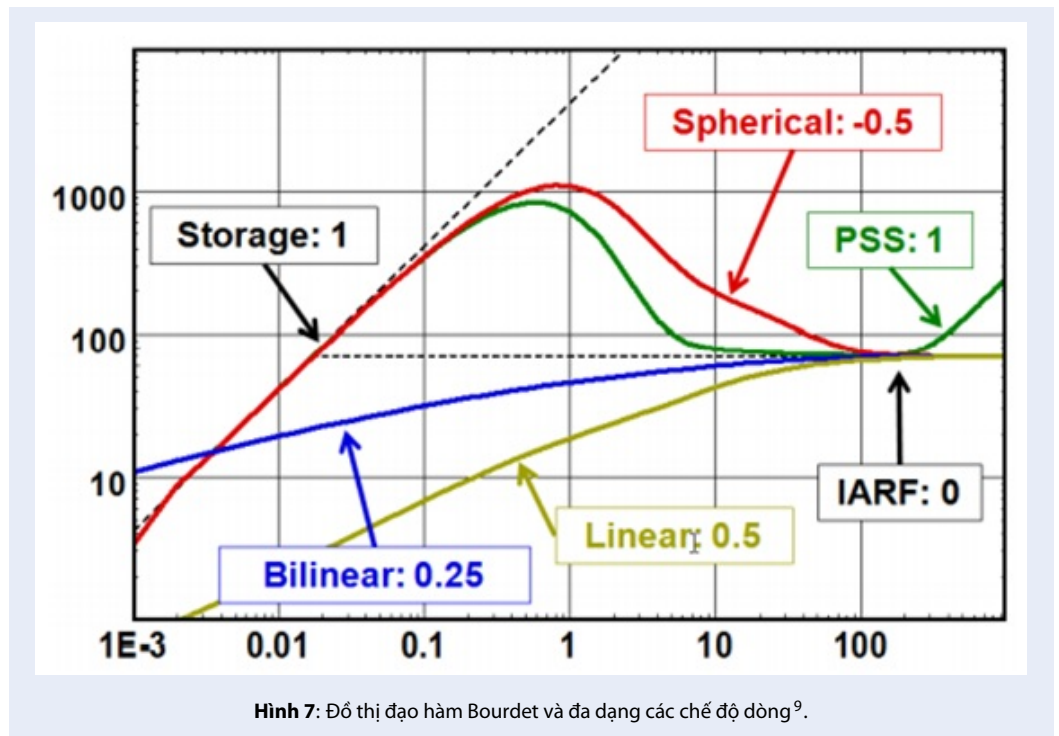
Việc xác định mô hình vỉa phù hợp sẽ cần sự kết hợp giữa 3 đồ thị sau.

- Đồ thị log-log
- Đồ thị semilog
- Đồ thị history

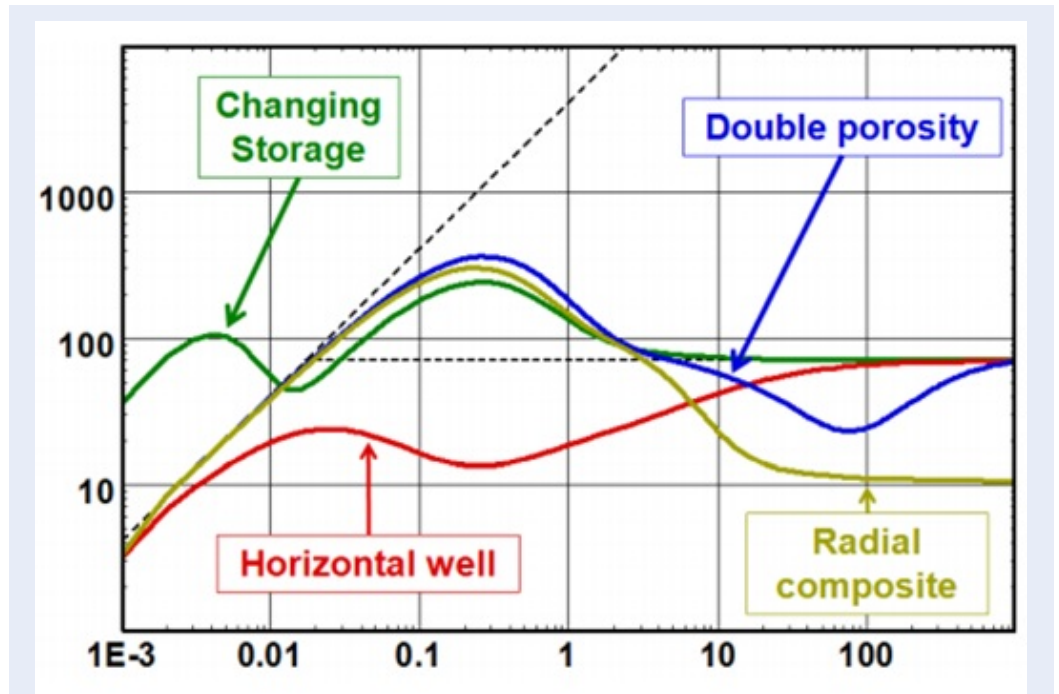




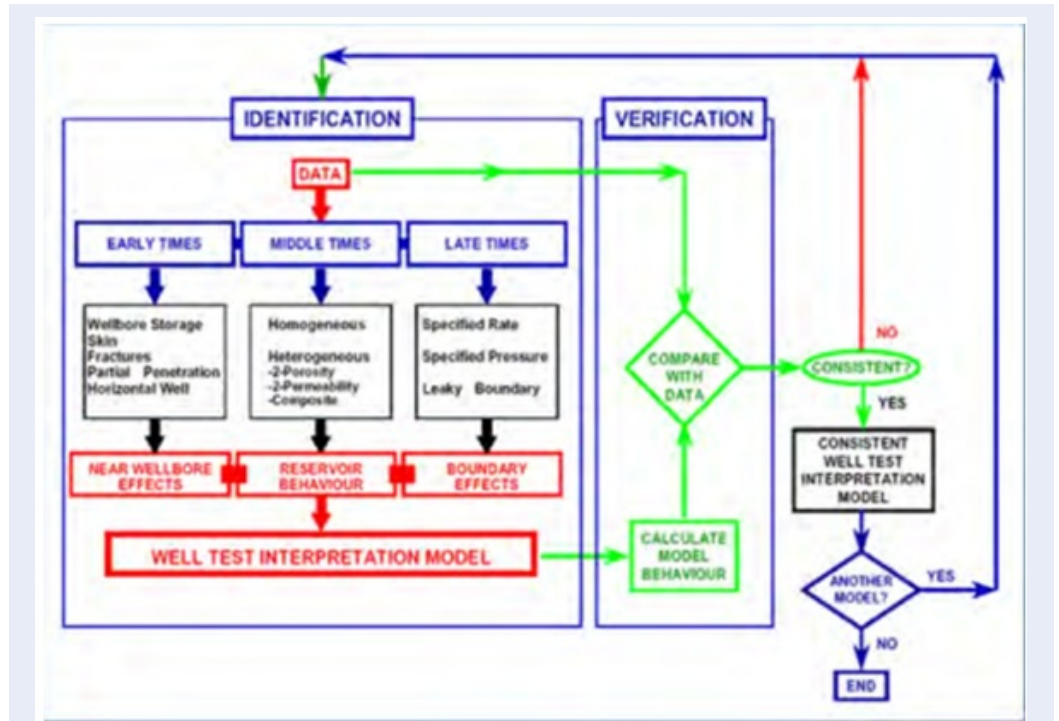
Hình 6: Hai đường thẳng được định vị tự động⁹.



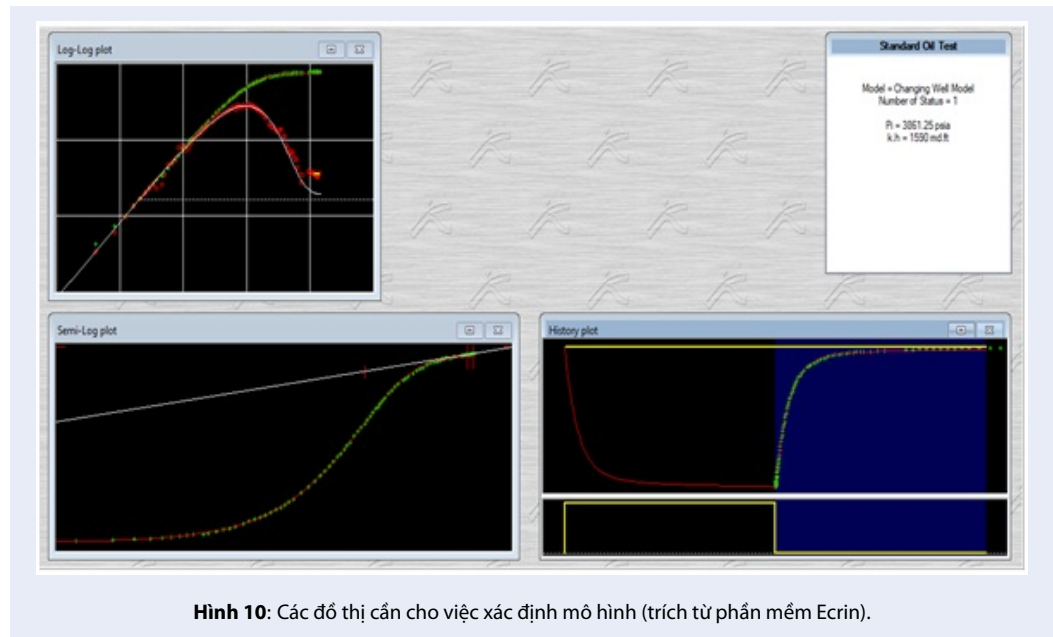
Hình 7: Đồ thị đạo hàm Bourdet và đa dạng các chế độ dòng⁹.



Hình 8: Đồ thị đạo hàm Bourdet và các mô hình khác nhau⁹.



Hình 9: Các bước xác định mô hình³.



Hình 10: Các đồ thị cần cho việc xác định mô hình (trích từ phần mềm Ecrin).

Về lý thuyết một đồ thị hoàn hảo cũng có thể xác định được mô hình và phù hợp cũng như ước tính được các giá trị cần thiết. Nhưng trong thực tế dấu hiệu nhận biết thường không rõ ràng và cũng có thể có nhiều hơn một mô hình phù hợp. Vì vậy việc kết hợp thể mạnh giữa các đồ thị là cần thiết (Hình 10). 3 đồ thị trong Hình 10 là 3 đồ thị cần thiết để xác định mô hình phù hợp cũng như ước tính các giá trị cần thiết.

- Đồ thị semilog rất nhạy với hệ số skin và áp suất ban đầu.
- Đồ thị đạo hàm áp suất rất nhạy với các đặc tính vỉa và chất lưu.
- Đồ thị history rất nhạy với kích thước vỉa và áp suất ban đầu.

Phân tích độ nhạy (Sensitivity Study)

Bước cuối cùng của phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA) là phân tích độ nhạy của mô hình. Phân tích độ nhạy giúp xem xét thông số nào ảnh hưởng nhiều đến mô hình. Giúp tăng sự hiểu biết về mối quan hệ giữa thông số đầu vào và đầu ra¹⁰. Khi thực hiện hiệu chỉnh lại mô hình, ta chỉ cần tập trung vào những thông số ảnh hưởng nhiều đến mô hình mà không cần quá tập trung vào các thông số có ảnh hưởng thấp đối với mô hình.

Kết quả thu được từ phương pháp PTA.

Theo như kết quả (Bảng 1) ta thấy rằng hệ số skin thay đổi trong quá trình khai thác. Nhưng vì quá trình thử vỉa diễn ra trong thời gian rất ngắn so với toàn bộ quá

trình khai thác, và trong quá trình ngừng khai thác để thử vỉa hệ số skin gần không đổi nếu như không xảy ra can thiệp giếng. Do đó phương pháp này chỉ ước tính được giá trị của hệ số skin mà không phản ánh được sự thay đổi của hệ số skin trong quá trình khai thác. Mặc khác độ thấm được xem là hằng số nhưng trong quá trình khai thác các đặc tính vỉa thay đổi làm cho độ thấm cũng thay đổi, nhưng thay đổi là không lớn. Dù vậy ta vẫn tiến hành phân tích độ nhạy của độ thấm với phương pháp phân tích số liệu khai thác, để xem việc thay đổi độ thấm ảnh hưởng thế nào đến kết quả (Hình 11, 12 và 13).

Ngoài ra theo như kết quả (Bảng 1) thì áp suất vỉa giảm theo thời gian khai thác, điều này cũng phù hợp với thực tế vì thông thường nếu không xảy ra quá trình can thiệp như bơm ép thì áp suất sẽ giảm sau khoảng thời gian khai thác. Từ việc phân tích áp suất vỉa ta có thể lựa chọn được chế độ dòng chảy thích hợp nhất trong vỉa.

Phương pháp phân tích số liệu khai thác

Hawkins (1956) cho rằng độ thấm trong vùng cận đáy giếng, tức là k_{skin} , là đồng nhất và áp suất giảm trên vùng cận đáy giếng có thể là xấp xỉ bằng phương trình Darcy¹⁰. Để phân tích số liệu khai thác ta cũng tiến hành khảo sát quy trình phân tích gồm 3 bước sau:

- Chuẩn bị số liệu đầu vào.
- Lựa chọn chế độ dòng chảy phù hợp.
- Phân tích độ nhạy.

Bảng 1: Kết quả minh giải cho giếng X.

Ngày	Độ thấm (mD)	Skin	Áp suất vỉa (psi)
9/9/15	1.34	11.7	3374
12/20/15	1.3	28.9	3312
1/27/16	1.24	15	3290
9/27/16	1.28	32.9	3070
2/24/17	1.32	17.1	3032

Chuẩn bị số liệu đầu vào.

Cũng giống như phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp, phương pháp phân tích số liệu khai thác cũng cần số liệu đầu vào cho việc phân tích như: Dữ liệu áp suất và lưu lượng theo thời gian, thông số chất lưu, thông số giếng, đặc tính vỉa.

Ngoài ra còn cần thêm áp suất vỉa được xác định từ phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (Bảng 1). Vì thời gian khảo sát từ ngày 7/9/2015 đến 7/3/2017 có 4 giai đoạn khai thác và 5 lần thực hiện đóng giếng. Nên ta chỉ cần 4 giá trị độ thấm và 4 giá trị áp suất vỉa từ kết quả phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA) để phân tích số liệu khai thác trong giai đoạn này. Việc thực hiện độc lập từng giai đoạn khai thác với nhau giúp hạn chế sai lệch và kết quả có độ tin cậy cao hơn. Đồng thời ta cũng thực hiện thay đổi giá trị độ thấm để phân tích ảnh hưởng của độ thấm với phương pháp phân tích số liệu khai thác (Bảng 2).

Lựa chọn chế độ dòng chảy phù hợp.

Việc phân tích chế độ dòng chảy phù hợp là cần thiết, xong cũng rất khó khăn vì có thể thiếu dữ liệu áp suất theo thời gian trong giai đoạn đầu khai thác. Ngay khi có dữ liệu áp suất theo thời gian việc xác định chính xác chế độ dòng trong vỉa cũng khó khăn. Vì vậy bài báo sẽ phân tích số liệu khai thác với 3 chế độ dòng chảy, để đánh giá xem mô hình dòng chảy ảnh hưởng thế nào đến hệ số skin.

Phương trình Darcy cho chế độ dòng chảy chuyển tiếp¹⁰:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = f(x, y, z, t)$$

$$p_{wf} = p_i - \frac{162.6B_0\mu_0Q_0}{kh} \times \left[\log t + \log \left(\frac{k}{\phi\mu_0c_v r_w^2} \right) - 3.23 + 0.87s \right]$$

Phương trình Darcy cho chế độ dòng chảy giả ổn định¹⁰:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = constant$$

$$p_{wf} = p_e - \frac{141.2B_0\mu_0Q_0}{kh} \times \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - \frac{1}{2} + s \right]$$

Phương trình Darcy cho chế độ dòng chảy ổn định¹⁰:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = 0$$

$$p_{wf} = p_e - \left(\frac{Q_0B_0\mu_0}{0.00708hk} \right) \ln \left(\frac{r_e}{r_w} + s \right)$$

Phân tích độ nhạy

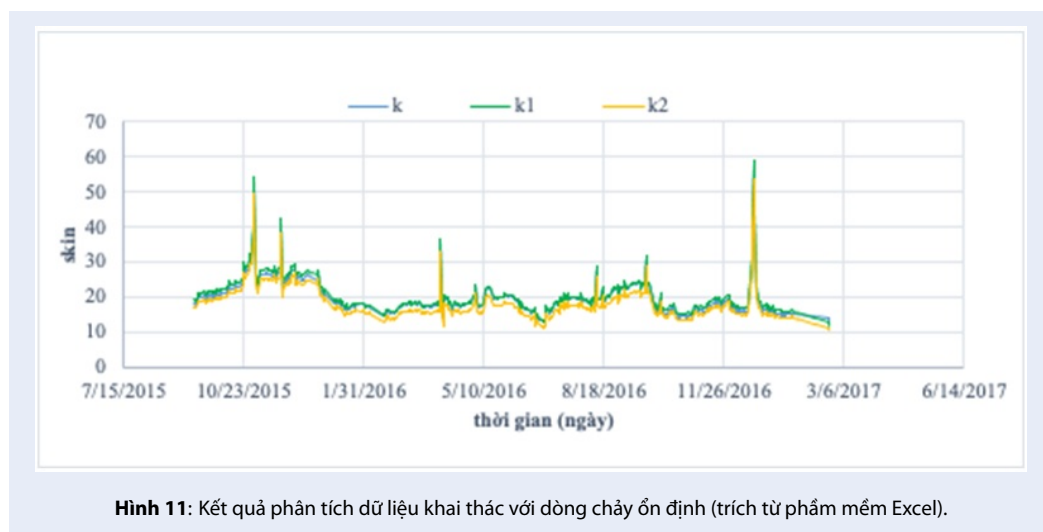
Từ kết quả phân tích số liệu thử vỉa (Bảng 1) ta thấy độ thấm (k) thay đổi theo thời gian, nhưng khi sử dụng phương trình Darcy phân tích số liệu khai thác ta không có giá trị độ thấm tại mỗi thời điểm trong suốt quá trình khai thác mà chỉ có giá trị độ thấm ban đầu khi thử vỉa. Vì vậy tác giả giả sử độ thấm là hằng số theo thời gian. Do đó cần phân tích độ nhạy của độ thấm để xem việc giả sử độ thấm là hằng số ảnh hưởng như thế nào đến kết quả phân tích.

Kết quả thu được từ phân tích số liệu khai thác

Theo như kết quả (Hình 11, 12 và 13) ta thấy rằng hệ số skin từ 3 mô hình có giá trị xấp xỉ nhau, do đó có thể thấy chế độ dòng chảy không ảnh hưởng lớn đến hệ số skin. Hay khi độ thấm thay đổi thì giá trị của hệ số skin cũng có giá trị xấp xỉ nhau và không ảnh hưởng lớn đến kết quả phân tích. Như vậy có thể giả sử độ thấm là hằng số trong quá trình khai thác. Xong, việc xác định chính xác chế độ dòng chảy trong vỉa và độ thấm giúp kết quả phân tích sẽ chính xác và có độ tin cậy cao hơn. Đồng thời phương pháp này có thể phản ánh được thay đổi của hệ số skin theo thời gian, dựa vào kết quả trên Hình 11, 12 và 13 có thể thấy hệ số skin có xu hướng tăng trong quá trình khai thác. Dù vậy cũng có những giai đoạn giảm và những điểm cho kết quả bất thường. Xong những mà hệ số skin giảm đột ngột thường rơi vào thời gian đóng giếng và xảy ra công tác can thiệp giếng, điều này hoàn toàn phù hợp. Đôi lúc hệ số skin cũng giảm trong trong quá trình khai thác, điều này không có gì bất hợp lý nhưng cần theo dõi để tránh những sai sót trong quá trình tính toán. Như vậy có thể thấy hệ số skin có xu hướng tăng trong quá trình khai thác.

Bảng 2: Dữ liệu đầu vào cho phương pháp phân tích số liệu khai thác.

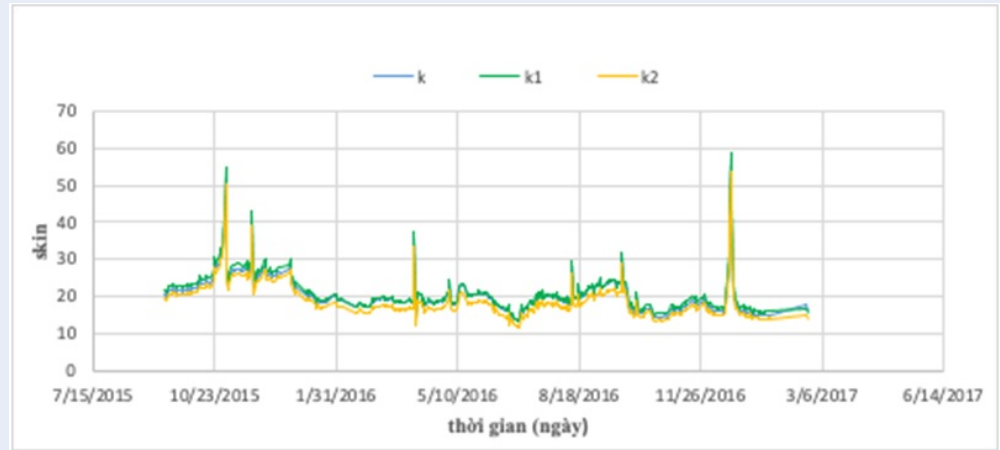
Ngày	Độ thấm k (mD)	Áp suất vỉa (psi)	Độ thấm k1 (mD)	Độ thấm k2 (mD)
9/9/15	1.34	3374	1.39	1.29
12/20/15	1.3	3312	1.35	1.25
1/27/16	1.24	3290	1.29	1.19
9/27/16	1.28	3070	1.33	1.23



Hình 11: Kết quả phân tích dữ liệu khai thác với dòng chảy ổn định (trích từ phẩm mềm Excel).



Hình 12: Kết quả phân tích dữ liệu khai thác với dòng chảy giả ổn định (trích từ phẩm mềm Excel).



Hình 13: Kết quả phân tích dữ liệu khai thác với dòng chảy chuyển tiếp (trích từ phẩm mềm Excel).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sau khi có kết quả từ 2 phương pháp phân tích số liệu khai thác và phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA) ta thực hiện so sánh kết quả giữa 2 phương pháp này (Hình 14, 15 và 16). Để nhận xét về độ lệch giữa phương pháp phân tích dữ liệu khai thác và phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA).

Qua Hình 14 ta nhận thấy rằng phương pháp phân tích dữ liệu khai thác với dòng chảy ổn định có sai lệch tương đối nhỏ so với phương pháp phân áp suất chuyển tiếp (PTA). Xong cũng có những điểm có sai lệch tương đối lớn. Dù vậy số điểm sai lệch lớn khá ít và có thể dễ dàng nhận thấy.

Qua Hình 15 ta nhận thấy rằng phương pháp phân tích dữ liệu khai thác với dòng chảy giả ổn định có sai lệch tương đối nhỏ so với phương pháp phân áp suất chuyển tiếp (PTA). Xong cũng có những điểm có sai lệch lớn như với dòng chảy ổn định. Dù vậy sai lệch với phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp có nhỏ hơn so với chế độ dòng chảy ổn định.

Qua Hình 16 ta nhận thấy rằng phương pháp phân tích dữ liệu khai thác với dòng chảy chuyển tiếp có sai lệch tương đối nhỏ so với phương pháp phân áp suất chuyển tiếp (PTA). Xong cũng có những điểm có sai lệch lớn như 2 chế độ dòng chảy trên. Nhưng sai lệch với phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp nhỏ hơn 2 chế độ dòng chảy trên. Qua đó có thể thấy dòng chảy chuyển tiếp là phù hợp nhất đối với dòng chảy trong vỉa này.

Như vậy có thể thấy rằng chế độ dòng chảy không ảnh hưởng lớn đến hệ số skin. Nếu trong quá trình thu thập số liệu, phân tích tài liệu thử vỉa có hệ số bị sai hoặc bị thiếu không dùng được chế độ dòng chảy này thì ta có thể cân nhắc lựa chọn chế độ dòng chảy khác.

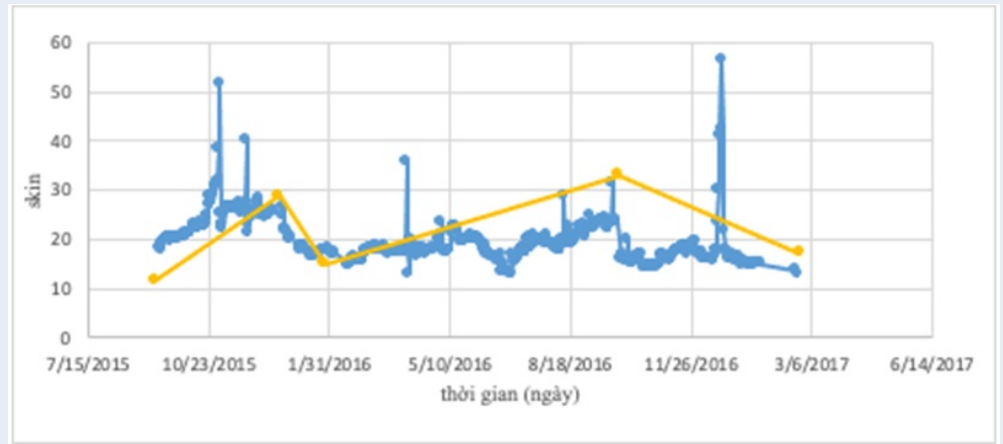
Hay ngay khi có đủ số liệu nhưng trong thực tế khó để xác định chính xác 1 chế độ dòng nào phù hợp thì ta có thể thực hiện cả 3 chế độ dòng để có thể xác hệ số skin. Hoặc chỉ cần sử dụng 1 chế độ dòng chảy để xác định hệ số skin mà không cần xác định chế độ dòng vì sai lệch giữa các chế độ dòng là khá nhỏ.

Như vậy kết quả từ việc phân tích số liệu khai thác có thể ước tính được hệ số skin nhưng vẫn còn nhiều yếu tố không chắc chắn làm cho kết quả giữa các phương pháp có phần sai lệch. Vậy nếu mục đích xác định hệ số skin để dự báo hoặc can thiệp giếng trong quá trình khai thác thì có thể sử dụng phương pháp phân tích số liệu khai thác. Xong cần phải lưu ý những yếu tố không chắc chắn để có thể tối thiểu sai lệch như¹¹:

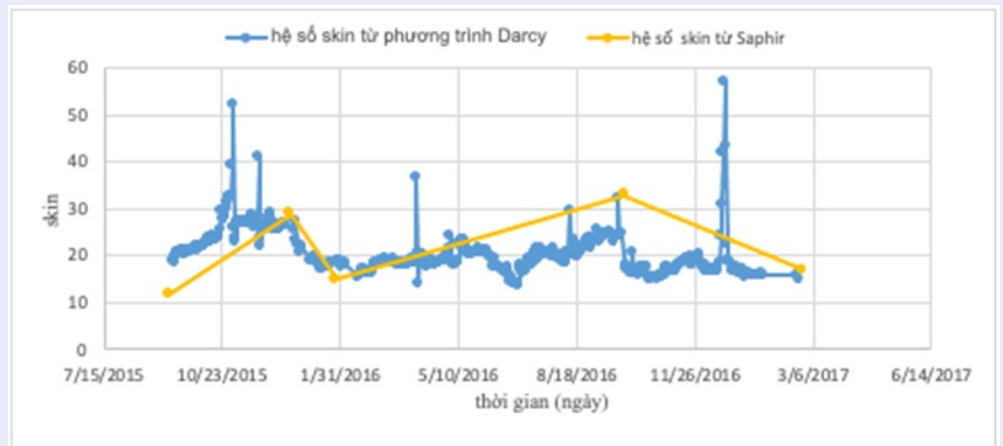
- Khi sử dụng phương trình Darcy ta coi độ thấm là hằng số nhưng thực tế độ thấm không là hằng số.
- Trong thực tế vỉa cũng không là hình trụ như mô hình nên việc xác định bề dày vỉa và bán kính vỉa có thể không chính xác.
- Thông số chất lưu có thể bị sai lệch so với trong phòng thí nghiệm.

Không chỉ phương pháp phân tích số liệu khai thác có những yếu tố không chắc chắn mà phân tích áp suất chuyển tiếp cũng có những yếu tố không chắc chắn⁸.

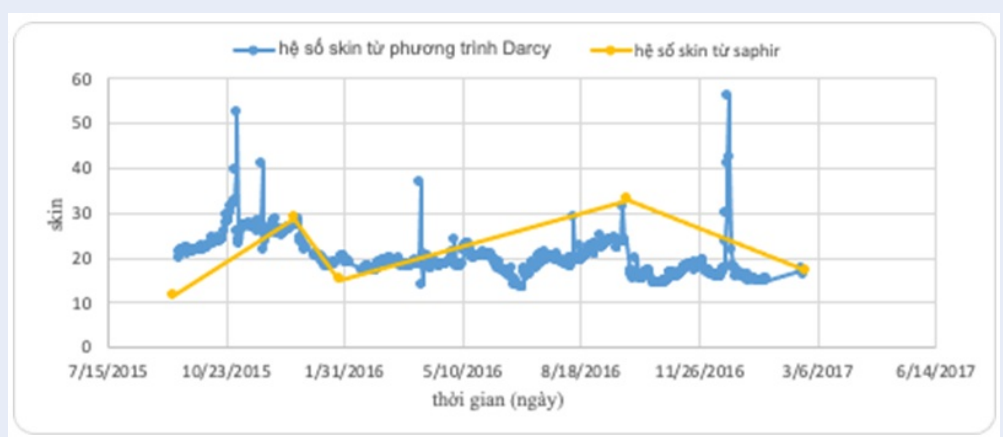
- Sự không chắc chắn trong đặc tính vỉa.
- Một bộ số liệu có thể có nhiều hơn một mô hình phù hợp.
- Hạn chế của tập dữ liệu.
- Các lỗi khi thu thập dữ liệu áp suất, lưu lượng.
- Hiệu ứng tích chứa.



Hình 14: So sánh hệ số skin từ 2 phương pháp với dòng chảy ổn định (trích từ phẩm mềm Excel).



Hình 15: So sánh hệ số skin từ 2 phương pháp với dòng chảy giả ổn định (trích từ phẩm mềm Excel).



Hình 16: So sánh hệ số skin từ 2 phương pháp với dòng chảy chuyển tiếp (trích từ phẩm mềm Excel).

KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy kết quả từ phương pháp phân tích dữ liệu khai thác để xác định hệ số skin có sai lệch nhỏ so với phương pháp phân tích áp suất chuyển tiếp (PTA). Do đó kết luận rằng có thể ước tính hệ số skin bằng phương pháp phân tích dữ liệu khai thác. Dù cả 2 phương pháp đều có những yếu tố không chắc chắn, nhưng hiện tại các phương pháp phân tích số liệu thử vỉa vẫn cho kết quả có độ tin cậy cao hơn, đang được sử dụng phổ biến để ước tính hệ số skin và các thông số khác như: độ thấm, bán kính ảnh hưởng và hệ số tích chứa. Như vậy nếu chưa có số liệu khai thác hoặc là cần xác định các hệ số khác ngoài hệ số skin thì phương pháp phân tích áp suất áp suất chuyển tiếp vẫn phải được lựa chọn dù chi phí là khá lớn cho một lần thử vỉa. Nhưng nếu ta chỉ quan tâm đến hệ số skin thì có thể cân nhắc giữa 2 phương pháp này. Cần lưu ý rằng khi xác định hệ số skin bằng phương pháp phân tích số liệu khai thác ta cần thực hiện hàng loạt để nhận ra những điểm bất thường trong kết quả và loại bỏ chúng nhằm tăng độ chính xác trong kết quả ước tính hệ số skin.

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU

B_o : Hệ số thể tích thành hệ dầu, B/STB
 h : Chiều cao thành hệ, ft
 k_o : Độ thấm hiệu dụng của dầu, md
 P_i : Áp suất vỉa ban đầu, psi
 P_e : Áp suất vỉa, psi
 P_{wf} : Áp suất đáy giếng khi mở giếng, psi
 P_{ws} : Áp suất đáy giếng khi đóng giếng, psi
 q_o : Lưu lượng dầu, STB/D
 Re : Bán kính biên ngoài vỉa hỗn hợp, ft
 r_w : Bán kính giếng, ft
 S : Hệ số nhiễm bẩn thành hệ
 μ_o : Độ nhớt của dầu, cp
 Φ : Độ rỗng, %

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả không có bất cứ xung đột lợi ích với bất kỳ một cá nhân hay cơ quan, tổ chức nào.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Các tác giả đều tham gia vào công việc thu thập và xử lý dữ liệu, xây dựng mô hình và xử lý kết quả, phân tích kết quả, viết bài nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Li Q. A method for production data analysis considering significant discontinuities in unconventional reservoirs," *Journal of Geophysics and Engineering*. 2018;15(5):1835–1842. Available from: <https://academic.oup.com/jge/article/15/5/1835/5205077>.
2. Cobanoglu M, Shukr I. Challenges of Pressure Transient Analysis PTA: Uncertainty Assessment and Pitfalls in Well Test Analysis-How Much Confidence Does a PTA Interpretation Has? *OnePetro*. 2020; Available from: <https://onepetro.org/IPTCONF/proceedings-abstract/20IPTC/2-20IPTC/D022S139R002/155348>.
3. Gringarten A. Well Test Analysis in Practice. *OnePetro*. 2012; Available from: <https://doi.org/10.2118/0212-010-TWA>.
4. Rahim Z, Buhidma I. Integrating Pressure Transient Analysis in Hydraulic Fracturing. *OnePetro*. 2006; Available from: <https://onepetro.org/SPESATS/proceedings-abstract/06TSSA/All-06TSSA/SPE-106359-MS/140646>.
5. Cao LN. Transient model analysis of gas flow behavior for a multi-fractured horizontal well incorporating stress-sensitive permeability. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. 2018; Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13202-018-0555-z>.
6. Hào NHT. Cơ sở lý thuyết và phân tích xử lý số liệu thử vỉa bằng cần khoan trong giếng dầu. *Tạp chí Dầu Khí*. 2007;
7. Đình Thành L, An NH, Đức NH. Hướng tiếp cận mới trong phân tích thử vỉa giếng khí có hàm lượng CO2 cao. *Tạp chí Dầu Khí*. 2018; Available from: http://www.tapchidaukhi.vn/BookDetail/huong-tiep-can-moi-trong-phan-tich-thu-via-gieng-khi-co-ham-luong-co2-cao-2_ZulqE59keh3WFyMOcdEg.html.
8. Ahmed T, McKinney P. *Advanced Reservoir Engineering*, Gulf Professional Publishing. 2005;
9. Fjaere OS, Houzé O, Viturat D. *Dynamic Data analysis*. 2011; Available from: <https://www.kappaeng.com/documents/flip/dda540/>.
10. Lee J, Rollins JB. *Pressure Transient Testing*, Spe Textbook Series. 2003;9.
11. Kamal M, Pan Y. Pressure Transient testing Multi-phase Flow Condition. *OnePetro*. 2011; Available from: <https://onepetro.org/SPEMEOS/proceedings-abstract/11MEOS/All-11MEOS/SPE-141572-MS/148161>.

Determination of skin factor using two different methods: pressure transient analysis and production data analysis

Pham Son Tung^{1,*}, Vo Hoang Tho¹, Truong Le Hieu Nghia²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Skin factor is an important parameter in petroleum production engineering. Skin factor is used to optimize production, petroleum production analyzing and forecast, and help determine the Inflow Performance Relationship curve. Skin factor are usually determined by Pressure Transient Analysis which certainly causes the temporary close of the production, hence it also leads to the financial loss because of non-productive time of the well. In order to avoid this unwanted situation, this paper presented another method to determine skin factor using production data analysis. A workflow to calculate the skin factor is proposed for two different methods. The first method is based on production data analysis and the second one is based of the Pressure Transient Analysis. A process to estimate the skin factor by the Pressure Transient Analysis method was proposed which consisted of 6 main steps: collection of input data, data pre-processing, running model, model matching, selection of model, and sensitivity analysis. Another workflow using production data analysis was also proposed in this research to estimate the skin factor as well. The workflow consisted of three main steps: preparation of input data, selection of suitable flow regimes, and sensitivity analysis. The paper also pointed out the uncertainties of these two methods and how to deal with them in order to have highly reliable results. These proposed workflows for the two methods were then applied for a real case study with actual data and results were compared to analyze the feasibility of the proposed workflow. The factors affecting the accuracy of skin factor estimation were discussed also based on the obtained results. This research showed that it was possible to estimate skin factor daily based on production data because the difference between results obtained by the two methods were small and acceptable.

Key words: Skin, Pressure Transient Analysis, Production Data Analysis

¹Faculty of Geology & Petroleum Engineering, Hochiminh City University of Technology-VNU-HCM, Vietnam

²PetroVietnam Exploration Production Corporation – PVEP POC, Vietnam

Correspondence

Pham Son Tung, Faculty of Geology & Petroleum Engineering, Hochiminh City University of Technology-VNU-HCM, Vietnam

Email: phamsontung@hcmut.edu.vn

History

- Received: 22-5-2021
- Accepted: 06-9-2021
- Published: 04-11-2021

DOI : 10.32508/stdjet.v4iS13.849



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Tung P S, Tho V H, Nghia T L H. **Determination of skin factor using two different methods: pressure transient analysis and production data analysis.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 4(S13):SI132-SI145.