

NGHIÊN CỨU CƠ SỞ XÁC ĐỊNH PHẢN ÁP BỀ MẶT TRONG CÔNG NGHỆ KHOAN KIỂM SOÁT ÁP SUẤT

NGUYỄN KHẮC LONG, NGUYỄN VĂN THÀNH, TRƯƠNG VĂN TỬ,
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
NGUYỄN VĂN KHƯƠNG, *Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam*

Tóm tắt: *Khoan kiểm soát áp suất là một công nghệ khoan có khả năng thích ứng được sử dụng để kiểm soát chính xác áp suất ở khoảng không vành xuyên dọc theo thành giếng khoan, tránh các phức tạp liên quan tới áp suất có thể xảy ra trong quá trình khoan như mất dung dịch, kẹt cần do chênh áp, sập lở thành giếng khoan, xuất hiện chất lưu vỉa xâm nhập vào giếng,.. Quá trình kiểm soát được thực hiện bởi việc điều chỉnh phản áp bề mặt từ miệng giếng, thông qua sử dụng hệ thống tuần hoàn dung dịch kín. Trong phạm vi bài báo, các tác giả trình bày cơ sở xác định phản áp bề mặt từ đó đưa ra phương pháp điều chỉnh thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả công nghệ khoan kiểm soát áp suất.*

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình khoan phải duy trì giá trị áp suất đáy giếng lớn hơn áp suất vỉa và nhỏ hơn áp suất vỡ vỉa. Ở các vỉa có giá trị áp suất vỉa và áp suất vỡ vỉa gần nhau thường xảy ra các hiện tượng phức tạp như mất dung dịch, kẹt cần khoan, sập lở. Với công nghệ khoan thông thường, giá trị áp suất đáy giếng do cột dung dịch trong giếng khoan tạo nên. Với công nghệ khoan kiểm soát áp suất (MPD-Managed Pressure Drilling), giá trị áp suất đáy giếng do cột dung dịch trong giếng và phản áp bề mặt (SBP-Surface Back Pressure) tạo ra.

Việc điều chỉnh phản áp bề mặt trong công nghệ MPD giúp kiểm soát chính xác áp suất ở khoảng không vành xuyên để áp suất tuần hoàn tại đáy luôn luôn cân bằng với áp suất vỉa thông qua hệ thống tuần hoàn kín. Điều này cho phép hạn chế sự thay đổi trọng lượng riêng tuần hoàn tương đương khắc phục các phức tạp có liên quan như mất dung dịch khoan, khí xâm nhập, kẹt cần do chênh áp, sập lở thành giếng khoan, cho phép khoan an toàn qua các địa tầng phức tạp như tầng có dị thường cao về nhiệt độ, áp suất, vùng có giới hạn an toàn khoan nhỏ, vùng mất dung dịch trầm trọng.

Vì vậy việc xác định chính xác giá trị phản áp bề mặt cần thiết từ đó đưa ra phương pháp điều chỉnh thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả

công nghệ khoan kiểm soát áp suất là rất cần thiết.

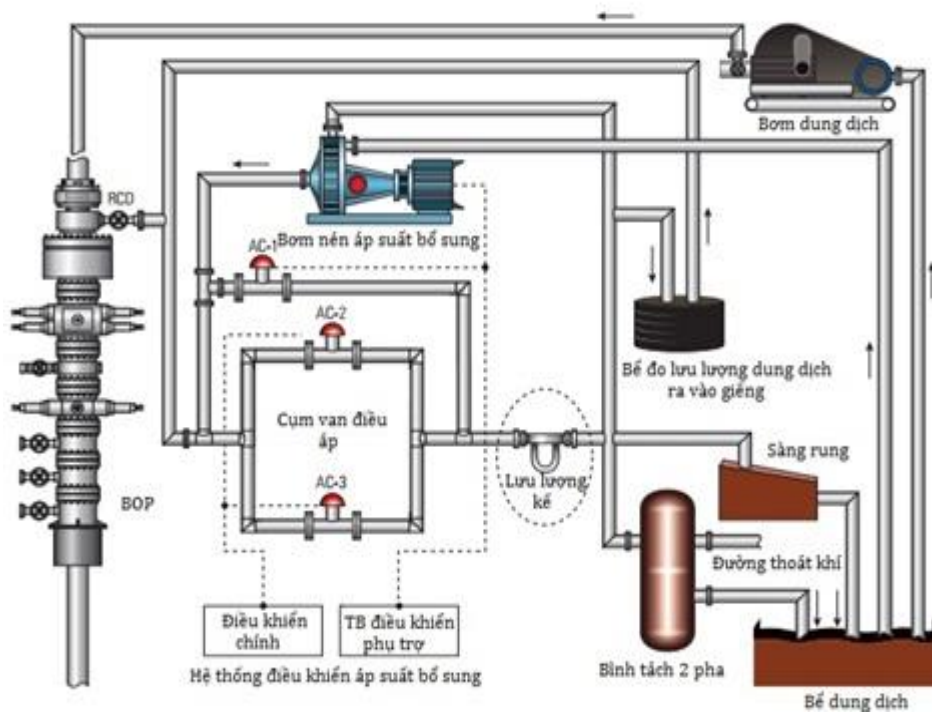
2. Giới thiệu về công nghệ MPD

Theo hiệp hội các nhà thầu khoan quốc tế, công nghệ khoan kiểm soát áp suất được định nghĩa là “công nghệ khoan có khả năng thích ứng được sử dụng để kiểm soát chính xác áp suất ở khoảng không vành xuyên dọc theo thành giếng khoan, đảm bảo áp suất đáy giếng luôn phù hợp với áp suất vỉa, tránh các sự cố liên quan tới áp suất có thể xảy ra trong quá trình khoan”. Quá trình kiểm soát được thực hiện bởi việc điều chỉnh phản áp bề mặt (áp suất bổ sung) từ miệng giếng, thông qua sử dụng hệ thống tuần hoàn dung dịch kín [1,2].

Nguyên tắc cơ bản của MPD là sử dụng cụm van điều áp và máy bơm nén áp suất bổ sung để kiểm soát áp suất đáy giếng và bù lại sự tổn thất áp suất trong khoảng không vành xuyên (KKVX) (hình 1).

Công nghệ khoan kiểm soát áp suất gồm 3 phương pháp chính:

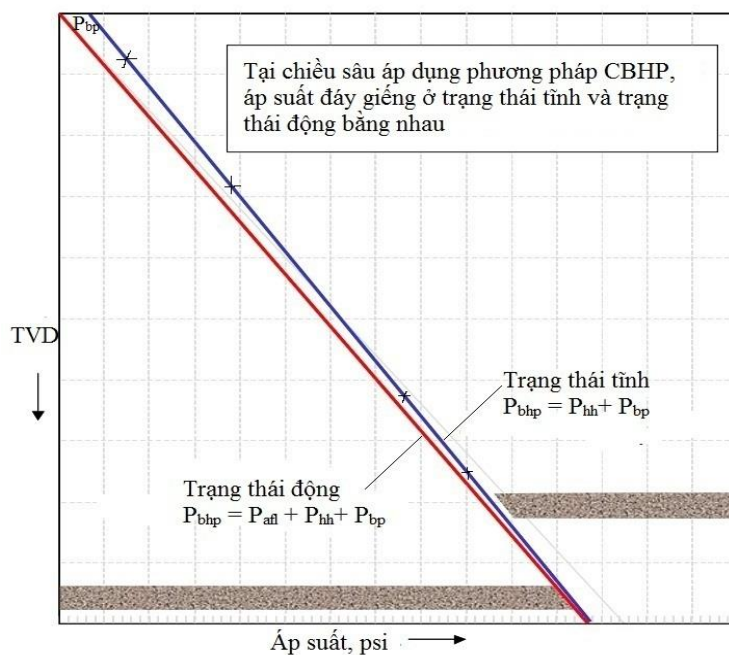
- Duy trì áp suất đáy giếng không đổi (CBHP- Constant Bottom-hole Pressure);
- Khoan mũ dung dịch (PMCD-Pressurize Mud Cap Drilling);
- Khoan trọng lượng riêng dung dịch kép (DGD- Dual Gradient Drilling)



Hình 1. Quá trình khoan kiểm soát áp suất

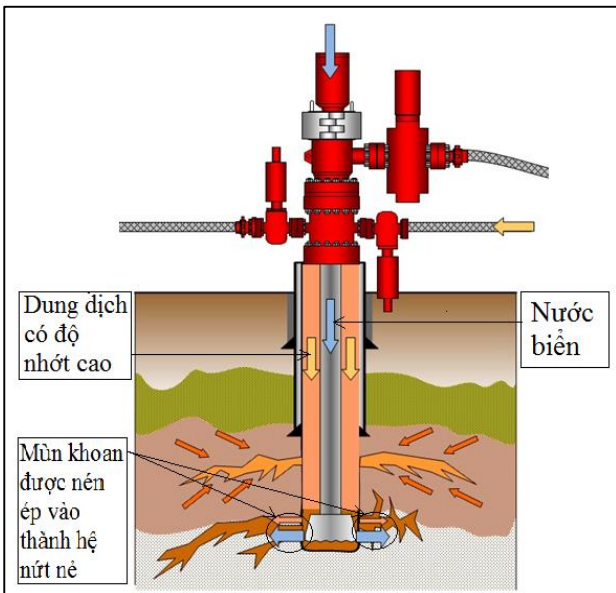
CBHP sử dụng hệ thống tuần hoàn kín, dung dịch khoan khi đi lên bề mặt được dẫn hướng đến một hệ thống van tiết lưu tự động hoặc bán tự động, hệ thống van này tạo ra phản áp bề mặt (P_{bp}) lên dòng dung dịch thông qua việc điều chỉnh đóng mở van. Áp suất này tác động vào khoảng không vành xuyên nhằm bù lại lượng tổn

hao áp suất bị giảm đi khi giảm lưu lượng bơm, do đó áp suất đáy giếng được giữ cố định trong suốt quá trình khoan. Hình 2 minh họa quá trình cố định áp suất đáy giếng tại một điểm trong trạng thái tĩnh và trạng thái động. Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu cơ sở xác định P_{bp} cho phương pháp này.



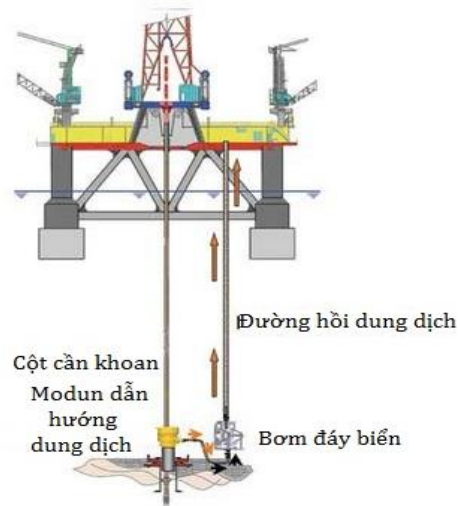
Hình 2. Phương pháp duy trì áp suất đáy không đổi

PMCD là phương pháp khoan không tuần hoàn dung dịch và mùn khoan lên bề mặt, được sử dụng để khoan qua các địa tầng mất dung dịch trầm trọng như cacbonat và đá móng nứt nẻ thường thấy ở Việt Nam. Phương pháp này sử dụng đồng thời hai hệ dung dịch có tính chất riêng biệt. Hệ dung dịch nặng có độ nhớt cao được bơm vào KKVX và duy trì phản áp bề mặt trên miệng giếng để ngăn ngừa sự giảm áp và dòng xâm nhập vào đáy giếng. Hệ dung dịch nhẹ sẵn có, không tốn kém sẽ được bơm vào giếng qua cột cần khoan, khi đi qua chèo khoan nó mang theo các hạt mùn khoan bít nhét, lấp đầy vào những khe nứt, lỗ rỗng hay hang hốc trong vỉa (hình 3).



Hình 3. Phương pháp khoan mũ dung dịch

Với phương pháp DGD, dòng hồi dung dịch được bơm tràn ra đáy biển hoặc quay trở lại bể chứa dung dịch trên giàn khoan thông qua sử dụng đường hồi dung dịch có đường kính nhỏ đặt riêng biệt và máy bơm chìm (hình 4). Phương pháp này được ứng dụng ở các môi trường khoan nước sâu, giếng có giới hạn khoan nhỏ. Mục đích của phương pháp DGD là điều chỉnh đường gradient áp suất của dung dịch khoan vào trong giới hạn khoan nhằm kéo dài khoảng cách giữa các lần chống ống, cho phép giảm số lượng ống chống kỹ thuật sử dụng trong giếng, nâng cao mức độ an toàn khi khoan.



Hình 4. Phương pháp khoan trọng lượng riêng dung dịch kép

3. Xác định phản áp bề mặt

Trong công nghệ MPD, giá trị áp suất đáy giếng được xác định theo công thức [3]:

$$P_{bhp} = P_{afi} + P_{hh} + P_{bp} \quad , \quad (1)$$

trong đó:

P_{bhp} - áp suất tại đáy giếng khoan, Psi;

P_{afi} - tổn thất áp suất do ma sát trong KKVX, Psi;

P_{hh} - áp suất thủy tĩnh do cột dung dịch trong giếng khoan tạo nên, Psi;

P_{bp} - phản áp bề mặt, Psi;

Áp suất thủy tĩnh không những phụ thuộc vào khối lượng riêng của dung dịch khoan và chiều sâu giếng khoan mà còn phụ thuộc vào hàm lượng của mùn khoan (C) và khối lượng riêng của mùn khoan (ρ_c). Theo Erdem Tercan, áp suất thủy tĩnh được xác định theo công thức sau [3]:

$$P_{hh} = 0,052 \cdot [(1-C) \cdot \rho + 8,345 \cdot C \cdot \rho_c] \cdot h \quad , \quad (2)$$

trong đó:

C- hàm lượng của mùn khoan, %;

ρ - khối lượng riêng của dung dịch khoan, ppg;

ρ_c - khối lượng riêng của mùn khoan, g/cm³;

h- chiều sâu giếng khoan, ft.

Giá trị của tổn thất áp suất do ma sát trong KKVX khi giếng khoan tuần hoàn (P_{afi}) phụ thuộc vào lưu lượng tuần hoàn, chế độ dòng chảy, đường kính thủy lực và tính chất lưu biến của dung dịch khoan.

Lưu lượng tuần hoàn của dung dịch khoan được xác định dựa vào tốc độ đi lên trung bình của dòng dung dịch khoan trong KKVX, v_a :

$$v_a = \frac{24,51 \cdot Q}{d_h^2 - d_0^2} \quad , \quad (3)$$

trong đó: v_a – tốc độ của dung dịch khoan trong KKVX, ft/m;

Q – lưu lượng tuần hoàn của dòng dung dịch, gpm;

d_h – đường kính trong của ống chống (với đoạn đã chống ống) hoặc giếng khoan (với đoạn thân trần), in;

d_o – đường kính ngoài của cần khoan, in

Chế độ dòng chảy của dung dịch khoan được xác định dựa vào mối quan hệ giữa hệ số Reynold chuẩn (N_{rec}) và hệ số Reynold tính toán (N_{reg})

$$N_{rec} = 3470 - 1370n, \quad (4)$$

$$N_{reg} = \frac{P_{hh} \cdot v_a^2}{19,36\tau_w}, \quad (5)$$

trong đó: τ_w - ứng suất trượt giữa hai lớp chất lỏng tại thành giếng, psi;

n - hệ số chảy của dung dịch khoan

Dung dịch khoan có lẫn hạt mùn sau khi được gia công hóa học tuần hoàn trong giếng được tính toán theo mô hình của chất lỏng Herschel – Bulkley. Khi đó hệ số chảy được xác định theo công thức:

$$n = 3,32 \lg \left(\frac{2v_{pv} + \tau_{yp} - \tau_y}{v_{pv} + \tau_{yp} - \tau_y} \right), \quad (6)$$

trong đó: v_{pv} – độ nhớt dẻo của chất lỏng, lb.s/ft²;

τ_{yp} – ứng suất trượt động, psi;

τ_y – ứng suất trượt giữa hai lớp chất lỏng trong KKVX, psi.

Hệ số ma sát của chất lỏng (f) thay đổi theo chế độ chảy. Hệ số ma sát ở chế độ chảy tầng, chảy chuyển tiếp, chảy rối lần lượt được xác định theo các công thức:

$$f_{lam} = \frac{16}{N_{reg}}, \quad f_{trans} = \frac{16N_{reg}}{N_{reg}^2}, \quad f_{turb} = \frac{a}{N_{reg}^b}, \quad (7)$$

trong đó: f_{lam} - hệ số ma sát của chất lỏng ở trạng thái chảy tầng;

f_{trans} - hệ số ma sát của chất lỏng ở trạng thái chuyển tiếp;

f_{turb} - hệ số ma sát của chất lỏng ở trạng thái chảy rối;

$$a, b - \text{hệ số: } a = \frac{\lg(n) + 3,93}{50} \text{ và } b = \frac{1,75 - \lg(n)}{7}$$

Như vậy, ta thu được công thức xác định tổn thất áp suất do ma sát trong KKVX:

$$P_a = \sum \frac{1,076 \cdot P_{hh} \cdot v_a^2 \cdot f \cdot l_i}{10^5 d_i}, \quad (8)$$

trong đó: l_i – chiều dài từng thành phần bộ khoan cụ trong giếng khoan, ft;

d_i - đường kính thủy lực tương ứng với từng thành phần bộ khoan cụ trong giếng khoan, ft;

$$d_i = d_h - d_b,$$

d_b - đường kính ngoài của từng bộ phận trong bộ khoan cụ, ft.

Giá trị áp suất tại đáy giếng (P_{bhp}) thu được từ thiết bị đo áp suất (PWD) được lắp đặt trong thiết bị đo trong khi khoan (MWD).

Như vậy giá trị phản áp bề mặt trong phương trình (1) được xác định sau khi ta thu được các thông số áp suất tại đáy giếng khoan, tổn thất áp suất do ma sát trong KKVX và áp suất thủy tĩnh do cột dung dịch trong giếng khoan tạo nên. Mặt khác, để ngăn ngừa hiện tượng mất ổn định thành giếng, giá trị phản áp bề mặt được bổ sung từ trên bề mặt phải tạo ra áp suất đáy giếng lớn hơn áp suất vỉa.

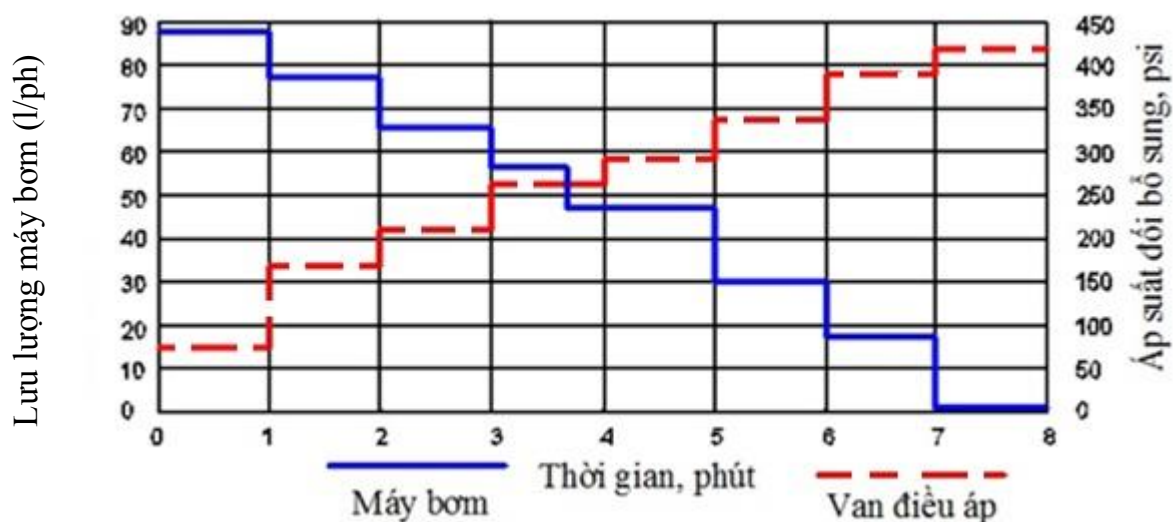
4. Phương pháp điều chỉnh phản áp bề mặt

Khi áp dụng công nghệ MPD, ta có thể điều chỉnh áp suất đáy giếng và áp suất tổn hao trong KKVX bằng cách sử dụng hệ thống tuần hoàn dung dịch kín. Giá trị phản áp bề mặt được duy trì sao cho áp suất đáy giếng không đổi khi các thông số như lưu lượng tuần hoàn của dịch khoan, khối lượng riêng của dung dịch khoan thay đổi.

Trong quá trình khoan phản áp bề mặt được điều chỉnh thông qua việc đóng mở cụm van điều áp một cách tự động. Khi lưu lượng máy bơm dung dịch khoan giảm dần cụm van điều áp từ từ đóng lại để bù lại sự tổn thất áp suất trong KKVX. Khi lưu lượng máy bơm dung dịch khoan tăng dần, áp suất tại đáy giếng tăng, cụm van điều áp được mở từ từ nhằm giảm phản áp bề mặt. Quá trình được thực hiện theo hình 5.

Trong quá trình tiếp cần, máy bơm dung dịch ngừng hoạt động, tổn hao áp suất ma sát trong KKVX mất đi đồng thời áp suất tại đáy giếng cũng giảm. Lúc đó, việc bổ sung phản áp bề mặt để bù lại tổn thất áp suất trong KKVX nhằm duy trì áp suất đáy giếng được thực hiện bằng cách khởi động bơm nén áp suất bổ sung trên bề mặt.

Việc điều chỉnh cụm van điều áp và bơm nén áp suất bổ sung giữ cho áp suất đáy giếng không đổi khi chuyển từ trạng thái động sang trạng thái tĩnh (hoặc ngược lại) được thực hiện dựa vào mô hình thủy lực [1,3].



Hình 5. Mối liên hệ giữa áp suất van điều áp và lưu lượng máy bơm

5. Kết luận

Như vậy giá trị phản áp bề mặt (P_{bp}) phụ thuộc vào áp suất tại đáy giếng khoan, tổn thất áp suất do ma sát trong KKVX, áp suất thủy tĩnh do cột dung dịch trong giếng khoan tạo nên.

Khi áp dụng công nghệ khoan kiểm soát áp suất để khoan qua các tầng dễ xảy ra phức tạp liên quan đến áp suất trong quá trình khoan phải xác định chính xác giá trị phản áp bề mặt cần thiết để có phương pháp điều chỉnh thích hợp, nhằm phát huy tối đa tính ưu việt của công nghệ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Billl Rehm, Jerome Schubert, Arash Haghshenas, Amir Saman Paknejad, Jim Hughes, 2008. Managed Pressure Drilling. Houston, Texas.
- [2]. Donald G. Reitsma, Yawan Couturier, 2012. New Choke Controller for Managed Pressure Drilling. Proceedings of the 2012 IFAC Workshop on Automatic Control in Offshore Oil and Gas Production, University of Science and Technology, Trondheim, Norwegian.
- [3]. Erdem Tercan, May 2010, Managed Pressure Drilling Techniques, Equipment & Application, Thesis of Middle East Technical University.

SUMMARY

Research on the basis of surface back pressure determination in managed pressure drilling technology

Nguyen Khac Long, Nguyen Van Thanh, Truong Van Tu

Hanoi University of Mining and Geology

Nguyen Van Khuong, Vietnam National Oil and Gas Group

Managed Pressure Drilling is an adaptive drilling process used to precisely control the annular pressure profile throughout the wellbore, to prevent the well from the pressure-related drilling problems, including lost circulation, differential pipe sticking, wellbore instability, kick, etc.... The control is proceeded by adjusting the surface back pressure, through the use of closed-loop circulation system. In this paper, the authors present the basis for determining the surface back pressure from which the appropriate adjustment methods are given to improve the efficiency of managed pressure drilling technology.