

PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN MỚI TRONG ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT LÀM VIỆC CỦA CHÒNG KHOAN BẰNG “NGUYÊN LÝ NĂNG LƯỢNG CƠ HỌC RIÊNG”

TSKH. Trần Xuân Đào¹, ThS. Nguyễn Thái Sơn¹
 TS. Nguyễn Thế Vinh²

¹Liên doanh Việt - Nga “Vietsovpetro”

²Đại học Mở - Địa chất

Email: daotx.rd@vietsov.com.vn

Tóm tắt

Đánh giá hiệu suất làm việc của chòong khoan có vai trò quan trọng trong việc lựa chọn chòong khoan và các chế độ công nghệ phù hợp cho các khoảng khoan tiếp theo và cho các giếng khoan mới. Tốc độ cơ học khoan, vận tốc hiệp khoan, thời gian làm việc của chòong, giá thành mét khoan... là những giá trị kinh tế kỹ thuật được sử dụng trong phương pháp đánh giá hiệu suất làm việc của chòong khoan thông qua phương pháp thống kê đơn thuần. Phương pháp tiếp cận mới trong đánh giá hiệu suất làm việc của chòong khoan bằng “Nguyên lý năng lượng cơ học riêng” cho phép lựa chọn được các thể loại chòong khoan và chế độ công nghệ khoan phù hợp hơn đối với các khoảng khoan khác nhau để đánh giá chính xác và trực tiếp hiệu suất phá hủy đất đá của chòong khoan.

Từ khóa: Chòong khoan, phá hủy đất đá, năng lượng cơ học riêng, PDC, UCS, MSE.

1. Các phương pháp đánh giá chòong khoan truyền thống

Việc lựa chọn chòong khoan và chế độ khoan (tải trọng, vòng quay, thủy lực) được thực hiện theo nhiều phương pháp như: Phân tích giá thành chòong khoan; đánh giá độ mòn chòong khoan; phân tích báo cáo chòong khoan của các giếng khoan lân cận; phân tích LOG của các giếng khoan lân cận; mã chòong IADC; hướng dẫn sản phẩm của nhà sản xuất; phân tích số liệu địa vật lý; xem xét địa chất tổng quát.

Đánh giá và tối ưu hóa việc sử dụng chòong khoan được dựa trên những nguyên tắc như:

- Khoan với tốc độ cơ học cao nhất mà chòong khoan có thể;
- Chọn chế độ khoan sao cho chòong khoan được lâu nhất với tốc độ cơ học hợp lý;
- Xác định các điều kiện làm việc tối ưu sao cho giá thành mét khoan thấp nhất.

Giá thành mét khoan thấp nhất là nguyên tắc đánh giá được ưu tiên nhất cho đến nay.

Giá thành mét khoan [2]:

$$CPF = [C_B + C_R(T_{DR} + T_{TR})]/Ft$$

Trong đó:

C_B : Giá thành chòong khoan;

C_R : Giá thành giàn khoan;

T_{DR} : Thời gian khoan;

T_{TR} : Thời gian kéo thả;

Ft : Số mét khoan.

Đối với các điều kiện thương mại đã cho (giá thành chòong khoan; giá thành giàn khoan...), CPF phụ thuộc rất nhiều vào tốc độ khoan và tuổi thọ chòong khoan. Việc giảm thiểu CPF được thực hiện bằng cách điều chỉnh các thông số khoan. Sử dụng chòong khoan với tải trọng, tốc độ quay, thủy lực và tính chất dung dịch khoan hợp lý sẽ đạt được giá thành mét khoan thấp nhất. Vì tải trọng và tốc độ quay tỷ lệ nghịch với nhau, nghĩa là khi tăng giá trị này thì cần giảm giá trị kia nên hai giá trị này thường xem xét cùng nhau và được tối ưu hóa bằng việc giải tập hợp các phương trình vi phân:

$$\begin{cases} dFt/dt = f_1(WOB, RPM, FR, \theta, D_B) \\ dD_B/dt = f_2(WOB, RPM, FR, \theta, D_B) \\ dD_O/dt = f_3(WOB, RPM, FR, \theta, D_O) \\ C3A = a_4(C_{H\sigma} C_{K\sigma} E_{B\sigma} E_{E\sigma} Ae) \end{cases}$$

Trong đó:

FR: Lưu lượng bơm;

θ : Yếu tố ảnh hưởng bởi đất đá, loại chòong khoan, tính chất dung dịch, bộ khoan cụ...;

D_B : Chiều cao răng chòong đã bị mòn;

D_O : Tuổi thọ của ổ bi.

Phương trình đầu tiên được gọi là “Phương trình đặc

trung khoan". Có rất nhiều tác giả trong ngành khoan đã xây dựng "Phương trình đặc trưng khoan" như Galle-Woods, J.H.Allen, M.A. Simpson, Prestone-Moore, Young-Don Murphy, Bourgoyne-Young, V.S. Fedorov, G.D.Brevdo, A.V.Orlov... [1].

$$\text{Galle-Woods: } \text{ROP} \propto \left(\frac{K}{0,928 \times Dg^2 + 6 \times Dg + 1} \right)^a$$

$$\text{Bourgoyne-Young: } \text{ROP} \propto K(e^{-a \times Dg})$$

Dg: Độ mòn theo IADC;

a, K: Các hệ số thực nghiệm theo từng mỏ.

Các chuyên gia của Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro" bằng nhiều cách khác nhau đã xây dựng được "Phương trình đặc trưng khoan". Ví dụ các tác giả Đặng Cửa, Vũ Thiện Lương, Nguyễn Thành Trường [2] đã xây dựng phương trình dựa trên phương pháp thống kê từ các số liệu thu được trạm đo Geoservice; tác giả Trần Xuân Đào đã xây dựng phương trình bằng việc sử dụng "Phân tích ảnh xạ" và "Lý thuyết tập hợp mờ" [1].

Tuy nhiên, các phương pháp truyền thống chỉ đánh giá một cách tổng thể cho một khoảng khoan, chỉ đưa ra mối tương quan vật lý giữa chế độ khoan và tốc độ cơ học khoan ROP. Ngoài ra, trong các phương trình trên không tính đến sự thay đổi đất đá, yếu tố ảnh hưởng bởi đất đá trong "Phương trình đặc trưng khoan" là không đổi nên ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính toán, không thể hiện được bản chất năng lượng phá vỡ đất đá, không thể giúp nhận biết, đánh giá trực tiếp được các vấn đề gây hạn chế hiệu quả làm việc của chòong khoan như bó chòong, bó đáy giếng khoan, sự mòn của răng, sự rung tại chòong khoan...

2. Nguyên lý năng lượng cơ học riêng (MSE)

Năng lượng cơ học riêng là năng lượng cơ học của hệ thống khoan dùng để phá vỡ một đơn vị thể tích đất đá. Khái niệm năng lượng cơ học riêng được đưa ra bởi

R.Teale [4]. Sử dụng nguyên lý năng lượng cơ học riêng kết hợp giá trị độ bền nén của đất đá UCS có thể đánh giá trực tiếp các vấn đề gây hạn chế hiệu quả làm việc của chòong khoan, đồng thời giúp đưa ra được các đề xuất hợp lý trong việc sử dụng chòong khoan PDC.

Đã có rất nhiều ứng dụng nguyên lý năng lượng cơ học riêng trên thế giới trong việc đánh giá hiệu quả sử dụng chòong khoan [3, 6]. Tại giếng SV-8PI bể Nam Côn Sơn, Công ty Liên doanh Điều hành Cửu Long (Cuu Long JOC) xây dựng đường MSE giúp xác định được khoảng khoan áp dụng cho từng loại chòong khoan PDC. Tại giếng SV-6PST, SV-3P, SV-7P thuộc Cuu Long JOC xây dựng đường MSE cho chòong khoan 16" MLX-1X, T11C, CR1GHMRS giúp xác định khoảng giá trị độ cắm ngập của răng chòong khoan mang lại hiệu quả cao nhất.

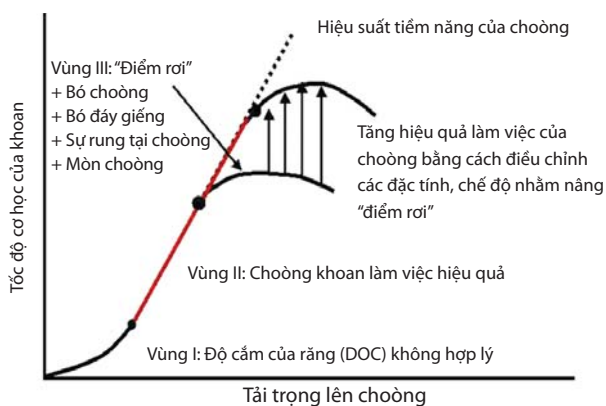
Từ những tính ưu việt của phương pháp MSE cũng như ứng dụng hiệu quả MSE trong việc đánh giá chòong khoan ở Việt Nam cũng như trên thế giới, nhóm tác giả đã ứng dụng cho điều kiện ở Vietsovpetro, mở ra hướng đi mới rất thiết thực.

2.1. Cơ học chòong khoan PDC

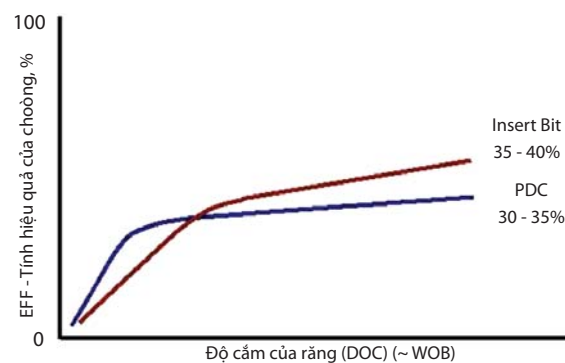
Với mục đích nghiên cứu sử dụng MSE như một công cụ để đánh giá hiệu quả làm việc của chòong khoan trước hết cần thiết lập cái nhìn tổng thể về phương thức sử dụng chòong khoan và các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc.

Xem xét đường cong thể hiện cơ chế làm việc của chòong khoan (Hình 1). Đường cong thể hiện mối liên hệ giữa tải trọng lên chòong khoan (WOB) và tốc độ cơ học khoan (ROP) được chia ra làm 3 vùng:

- Vùng I: Hiệu suất bị hạn chế do độ cắm ngập của răng thấp khi tải trọng lên chòong khoan chưa đủ. Mối liên hệ giữa độ cắm ngập của răng (DOC) và tính hiệu quả của chòong khoan (EFF) được thể hiện ở Hình 2.



Hình 1. Đồ thị thể hiện cơ chế làm việc của chòong



Hình 2. Mối liên hệ giữa độ cắm ngập của răng (DOC) và tính hiệu quả của chòong khoan (EFF)

Khi tải trọng lên chòong khoan tăng thì độ cắm ngập của răng sẽ tăng, đến một giá trị chòong khoan sẽ đạt ngưỡng hiệu quả. Tuy nhiên nếu độ cắm ngập của răng không hợp lý, hiệu quả truyền năng lượng còn thấp hơn.

- Vùng II được bắt đầu khi giá trị độ cắm ngập của răng hợp lý, chòong khoan làm việc hiệu quả. Trong cả vùng II, tải trọng lên chòong khoan tăng tuyến tính với tốc độ cơ học khoan. Khi tải trọng lên chòong khoan tăng đến một giá trị lớn, năng lượng được sử dụng nhưng đồng thời tốc độ cơ học khoan tăng nên tính hiệu quả của chòong khoan khi đó được duy trì ở giá trị không đổi thể hiện ở tính ổn định của độ dốc đường thẳng. Trong vùng II không có sự ảnh hưởng của sự thay đổi môi trường làm việc lên tính hiệu quả của chòong khoan. Ví dụ như thay đổi về dung dịch khoan, thủy lực không làm thay đổi tốc độ cơ học khoan. Muốn tăng tốc độ cơ học khoan phải tăng tải trọng lên chòong khoan hoặc tần số quay, nghĩa là cần tăng năng lượng đầu vào.

- Vùng III: Từ "điểm rơi" tốc độ cơ học khoan bắt đầu không tỷ lệ tuyến tính với tải trọng lên chòong khoan, năng lượng truyền từ chòong khoan tới đất đá bị hạn chế. Tốc độ cơ học khoan tại "điểm rơi" gần với giá trị cao nhất hệ thống có thể đạt được. Do vậy, để tăng tốc độ cơ học khoan cần phải thiết kế lại để nâng "điểm rơi", tăng khả năng truyền năng lượng vào đất đá.

Yếu tố để xác định tốc độ cơ học khoan có thể chia thành các loại như sau:

- Yếu tố làm tăng tính không hiệu quả (gây "điểm rơi") gồm: bó chòong khoan, bó đáy giếng khoan, rung chòong khoan, mòn chòong khoan.

- Yếu tố hạn chế năng lượng đầu vào như moment lắp cần khoan, áp suất máy bơm khoan, chênh áp ở động cơ, quỹ đạo giếng khoan, bộ khoan cụ, công suất động cơ treo...

2.2. Hiệu quả làm việc chòong khoan PDC

Tính hiệu quả (EFF) được tính bằng việc so sánh năng lượng để phá hủy một đơn vị thể tích đất đá với năng lượng sử dụng bởi chòong khoan (năng lượng được truyền đến chòong khoan). Chòong khoan có xu hướng sử dụng 30 - 40% năng lượng đầu vào cho quá trình phá hủy đất đá ngay cả khi đạt hiệu suất làm việc cao nhất.

Năng lượng sử dụng bởi chòong khoan (E_b) \leq 30% - 40% Năng lượng đầu vào (E)

$$E_b = 35\%E$$

Năng lượng sử dụng bởi chòong khoan (E_b) = Năng

lượng phá hủy đất đá (E_r) + Năng lượng tổn hao tại chòong khoan (EI)

Năng lượng phá hủy đất đá (E_r) + Năng lượng tổn hao tại chòong khoan (EI) = 35%E

Năng lượng phá hủy đất đá (E_r) = 35% Năng lượng đầu vào (E) - Năng lượng tổn hao tại chòong khoan (EI)

Năng lượng phá hủy đất đá (E_r) \leq 35% Năng lượng đầu vào

Năng lượng phá hủy đất đá (E_r)/Thể tích đất đá được phá vỡ (V) \leq 35% Năng lượng đầu vào (E)/Thể tích đất đá được phá vỡ (V)

Độ bền nén đất đá (UCS) \leq Năng lượng cơ học riêng tại chòong khoan (MSEb)

EFF = UCS/MSEb \leq 1 - Tính hiệu quả của chòong khoan

Hiệu quả làm việc được đánh giá dựa trên tốc độ cơ học khoan (ROP) và tuổi thọ của chòong khoan.

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc chòong khoan:

Chế độ khoan: Tải trọng lên chòong khoan (WOB), tần số quay (RPM), lưu lượng bơm (Q).

Phức tạp khi khoan: Bó chòong, bó đáy giếng, rung chòong, mòn chòong, đất đá thay đổi, xen kẹt.

Thiết kế của chòong khoan: Hình dạng, mật độ răng, số cánh, độ cắm ngập răng (DOC), tính ổn định chòong, tính xâm nhập của chòong (aggressiveness), độ bền răng, thủy lực chòong khoan.

Xem xét các yếu tố gây "điểm rơi":

Rung chòong (vibration) là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến hư chòong khoan, thiết bị khoan.

Có 3 dạng rung chính:

+ Rung dọc (sự nảy lên): Xảy ra khi khoan vào đất đá cứng, hoặc thay đổi từ mềm sang cứng. Tải trọng lên chòong khoan, độ cắm ngập của răng không hợp lý và chòong khoan không ổn định

+ Rung xoắn (xoắn trượt): Tần số quay tại chòong không ổn định, xảy ra khi tần số quay bề mặt lớn, tải trọng lên chòong khoan lớn, không kiểm soát độ cắm ngập của răng, đất đá thay đổi cứng sang mềm.

+ Rung ngang (xoay tít): Tần số quay lớn, tải trọng lên chòong khoan và độ cắm ngập của răng thấp, khoan đất đá cứng. Răng không cắm sâu vào đất đá, chòong xoay tít trên bề mặt.

Bó chòong: Đất đá bám vào cánh, thân hay bề mặt của răng làm cho tốc độ cơ học khoan giảm. Nguyên nhân do đất đá dẻo, dính, thủy lực không hợp lý, chòong không phù hợp, dung dịch không phù hợp. Chòong khoan có thể bị hoặc không bị phá hủy vật lý.

Mòn chòong: Có rất nhiều dạng mòn chòong như vỡ răng, mẻ răng, rạn do nhiệt, vỡ matrix, mòn răng, tuột răng, tắc vòi phun...

Mòn chòong dẫn đến tốc độ cơ học khoan giảm, hiệu quả khoan kém. Mỗi dạng mòn chòong đều có nguyên nhân và dấu hiệu riêng.

2.3. Độ bền nén đất đá (UCS)

Độ bền nén không bị hạn chế (trên bề mặt) của đất đá. Đây là thông số cơ bản nhất, dùng để dự báo khả năng khoan của đất đá [4].

Độ bền nén được xác định bằng tải trọng lớn nhất tại thời điểm mẫu đá bị phá vỡ trên đơn vị diện tích.

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

σ_c : Độ bền nén UCS (psi);

F: Tải trọng tối đa gây phá vỡ mẫu đá (lbs);

A: Tiết diện ngang của mẫu đá (in²).

Độ bền nén được đo trong phòng thí nghiệm bằng nhiều phương pháp.

Ngoài ra, độ bền nén đất đá được tính bằng cách sử dụng các giá trị vận tốc sóng âm truyền trong đất đá đo được từ tài liệu đo Sonic (DTc) của địa vật lý giếng khoan.

$$UCS = 1,2 \times (1.000/DTs)^4 + 60,5 \times (1.000/DTs)^2 \quad (\text{psi})$$

Giá trị DTs được tính toán và xác định thông qua việc sử dụng các số đo địa vật lý như: Gamma ray (GR), Bulk density (RHOB), Neutron porosity (NPHI) và tài liệu đo Sonic (DTc) để xác định thành phần thạch học, cụ thể đối với Anhydrite có tỷ lệ DTs/DTc bằng 2,4; tương tự với Limestone là 1,9; Dolomite- 1,8; Shale- 1,7; Sandstone- 1,6. Sau khi tính được DTs, đưa vào công thức trên xây dựng được giá trị UCS.

Trong đó:

DTs: Sonic ngang (μs/ft);

DTc: Sonic dọc (μs/ft).

2.4. Năng lượng cơ học riêng

Năng lượng cơ học riêng MSE là năng lượng cơ học của hệ thống khoan dùng để phá vỡ một đơn vị thể tích đất đá [4], được sử dụng để tìm “điểm rơi” của hệ thống và các nguyên nhân gây nên “điểm rơi”. Năng lượng cơ học

riêng MSE là một tỷ lệ thể hiện mối liên hệ giữa năng lượng đầu vào của hệ thống khoan và tốc độ cơ học khoan.

Như đã trình bày ở trên, chòong khoan có xu hướng chỉ sử dụng 30 - 40% năng lượng đầu vào cho quá trình phá hủy đất đá ngay cả khi đạt hiệu suất làm việc cao nhất. Vì vậy, năng lượng cơ học riêng tại chòong MSEb = 30 - 40%MSE.

Công thức năng lượng cơ học riêng tại chòong MSEb [4]:

$$MSEb = 0,35 \times \left(\frac{480 \times Tor \times RPM}{d^2 \times ROP} + \frac{4 \times WOB}{d^2 \times \Pi} \right)$$

Trong đó:

ROP: Tốc độ cơ học khoan (ft/giờ);

RPM: Tốc độ quay (vòng/phút);

Tor: Moment quay (ft*lbs);

WOB: Tải trọng lên chòong khoan (lbs);

d: Đường kính chòong khoan (inch).

Theo công thức trên, năng lượng cơ học riêng tại chòong MSEb chấp nhận sử dụng hệ số 0,35, coi như chòong khoan chỉ sử dụng 35% năng lượng đầu vào của hệ thống. Đây là con số thực nghiệm. Nếu các thông số khoan RPM, TORQ, WOB đo được tại chòong thì trực tiếp thay vào công thức trên, khi đó MSEb tính được không cần hệ số.

2.5. Ứng dụng MSE

Liên kết giá trị MSE với đường cong ở Hình 1, trong vùng II độ dốc của đường cong ổn định thể hiện tỷ lệ năng lượng đầu vào (tải trọng lên chòong khoan) trên tốc độ cơ học khoan là không đổi. Vì năng lượng cơ học riêng bằng tỷ lệ này nên đây cũng là một giá trị không đổi. Khi chòong khoan làm việc trong vùng I và III một giá trị năng lượng không cân đối được sử dụng để tạo ROP. Từ đó cho thấy, nếu năng lượng cơ học riêng là giá trị không đổi chòong khoan làm việc hiệu quả và hoạt động trong vùng II. Nếu năng lượng cơ học riêng tăng hệ thống đạt “điểm rơi”.

Năng lượng cần thiết để phá hủy một thể tích đất đá được xác định bởi độ bền nén của nó. Số liệu từ các thí nghiệm khoan được tiến hành trong phòng thí nghiệm cho thấy giá trị năng lượng cơ học riêng tại chòong khoan (MSEb) bằng với độ bền nén. Điều đó đưa ra một luận điểm về tính hiệu quả của chòong khoan: nếu giá trị thực tế MSEb gần với độ bền nén, chòong khoan làm việc hiệu quả, nếu không hiệu quả thì có sự thất thoát năng lượng. Từ những lập luận trên, ta thấy có thể sử dụng năng lượng cơ học riêng tại chòong khoan như là một công cụ để đánh giá hiệu quả của chòong khoan dựa trên 2 hướng:

- Quan sát xu hướng biến đổi của giá trị MSEb;

- So sánh giá trị MSEb với UCS, tính EFF = UCS/MSEb.

2.6. Hoàn thiện chế độ khoan cho chòong PDC Ø311mm theo từng khoảng trong địa tầng Miocene dưới và Oligocene mở Nam Rồng - Đồi Mồi

Lựa chọn chòong khoan PDC dựa trên nguyên lý Năng lượng cơ học riêng, như đã phân tích ở trên, nếu giá trị năng lượng cơ học riêng thấp thì chòong khoan sẽ làm việc hiệu quả. Vì thế, việc hoàn thiện chế độ khoan cho chòong PDC đồng nghĩa với việc tìm chế độ khoan (tải trọng, vòng quay, lưu lượng) sao cho giá trị năng lượng cơ học riêng thấp nhất. Xây dựng mô hình tính Năng lượng cơ học riêng theo các biến tải trọng lên chòong (WOB) và tốc độ quay (RPM): MSE = f (WOB, RPM). Công thức tính Năng lượng cơ học riêng [4]:

$$MSE = \frac{480 \times Tor \times RPM}{d^2 \times ROP} \text{ (psi)}$$

Trong đó, moment xoắn (Tor) và tốc độ cơ học khoan (ROP) sử dụng các mô hình sau [5]:

Mô hình moment xoắn:

$$Tor = T + \frac{A \times (3 \times RPM - 150) \times WOB}{RPM^{1,5}}$$

Trong đó:

T: Moment xoắn không phụ thuộc tải trọng, sinh ra do ma sát chòong khoan với dung dịch và thành giếng;

A: Hệ số phụ thuộc đường kính chòong khoan.

Mô hình tốc độ cơ học khoan (ROP) [1]:

$$ROP = k \times WOB^x \times RPM^y$$

Thay phương trình ROP và RPM vào công thức Năng lượng cơ học riêng, sau khi chuyển đổi đơn vị ta thu được:

$$MSE = \frac{0,7 \times T}{k} WOB^{-x} \times RPM^{1-y} + \frac{21 \times A}{k} WOB^{1-x} \times RPM^{0,5-y} - \frac{1,050 \times A}{k} WOB^{1-x} \times RPM^{-0,5-y}$$

Đặt $\alpha = \frac{0,7 \times T}{k}$, $\beta = \frac{21 \times A}{k}$, $\gamma = \frac{1,050 \times A}{k}$ thu được:

$$MSE = \alpha \times WOB^{-x} \times RPM^{1-y} + \beta \times WOB^{1-x} \times RPM^{0,5-y} - \gamma \times WOB^{1-x} \times RPM^{-0,5-y}$$

Tìm cực trị của hàm số 2 biến: Min(MSE) = Min f(WOB, RPM) theo điều kiện:

$$\begin{cases} f'(WOB) = 0 \\ f'(RPM) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{-\alpha \times x}{\beta \times (1-x)} \times WOB^{-1} \times RPM^{0,5} + 1 - \frac{\gamma}{\beta} \times RPM^{-1} = 0 \\ \frac{\alpha \times (1-y)}{\beta \times (0,5-y)} \times WOB^{-1} \times RPM^{0,5} + 1 + \frac{\gamma \times (0,5+y)}{\beta \times (0,5-y)} \times RPM^{-1} = 0 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên thu được:

$$RPM = \frac{\gamma}{\beta} \times \left(\frac{1-y-1,5x}{1-y-0,5x} \right); \quad WOB = \frac{\alpha \times x}{\beta \times (1-x)} \times \left(\frac{RPM^{0,5}}{1 - \frac{\gamma}{\beta} \times RPM^{-1}} \right)$$

Xây dựng mô hình tốc độ cơ học khoan ROP = cho từng khoảng khoan dựa trên số liệu thực tế để tìm các giá trị k, x, y.

Cho tập hợp (WOB₁, RPM₁, ROP₁)...(WOB_n, RPM_n, ROP_n)

Đường ROP = k × WOB^x × RPM^y đi qua tập hợp điểm với tổng bình phương khoảng cách nhỏ nhất [2]:

$$y = \frac{[n \times N3 - T2 \times T3] \times [n \times M1 - T1^2] - [n \times N1 - T1 \times T2] \times [n \times N2 - T1 \times T3]}{[n \times M2 - T2^2] \times [n \times M1 - T1^2] - [n \times N1 - T1 \times T2]^2}$$

$$x = \frac{[n \times N2 - T1 \times T3] - y \times [n \times N1 - T1 \times T2]}{n \times M1 - T1^2}$$

$$\ln k = \frac{T3 - x \times T1 - y \times T2}{n}$$

$$M1 = \sum \ln^2(WOB_i) = \ln^2(WOB_1) + \dots + \ln^2(WOB_n);$$

$$M2 = \sum \ln^2(RPM_i) = \ln^2(RPM_1) + \dots + \ln^2(RPM_n);$$

$$M3 = \sum \ln^2(ROP_i) = \ln^2(ROP_1) + \dots + \ln^2(ROP_n);$$

$$T1 = \sum \ln(WOB_i) = \ln(WOB_1) + \dots + \ln(WOB_n);$$

$$T2 = \sum \ln(RPM_i) = \ln(RPM_1) + \dots + \ln(RPM_n);$$

$$T3 = \sum \ln(ROP_i) = \ln(ROP_1) + \dots + \ln(ROP_n);$$

$$N1 = \sum \ln(WOB_i) \times \ln(RPM_i) = \ln(WOB_1) \times \ln(RPM_1) + \dots + \ln(WOB_n) \times \ln(RPM_n);$$

$$N2 = \sum \ln(WOB_i) \times \ln(ROP_i) = \ln(WOB_1) \times \ln(ROP_1) + \dots + \ln(WOB_n) \times \ln(ROP_n);$$

$$N3 = \sum \ln(RPM_i) \times \ln(ROP_i) = \ln(RPM_1) \times \ln(ROP_1) + \dots + \ln(RPM_n) \times \ln(ROP_n).$$

Sau khi thiết lập các công thức tính toán trong Excel cho từng khoảng khoan, nhóm tác giả đã xác định các thông số chế độ khoan tối ưu cho từng khoảng khoan (Bảng 1).

Bảng 1. Kết quả tính toán hệ số thực nghiệm của mô hình tốc độ cơ học khoan và các thông số chế độ công nghệ khoan tối ưu cho từng khoảng khoan

Khoảng khoan Thông số	Từ SH-3 đến SH-5	Từ SH-5 đến SH-8	Từ SH-8 đến nóc móng
k	0,06	0,04	0,02
x	0,78	0,8	0,83
y	0,94	0,97	0,98
T	700	700	700
A	135	135	135
α	8167	12250	24500
β	47250	70875	141750
γ	2362500	3543750	7087500
Mô hình tốc độ cơ học khoan	$0,06 \times WOB^{0,78}$ $\times RPM^{0,94}$	$0,04 \times WOB^{0,8}$ $\times RPM^{0,97}$	$0,02 \times WOB^{0,83}$ $\times RPM^{0,98}$
Tốc độ quay (vòng/phút)	168	158	155
Tải trọng lên chàng khoan (tấn)	11	13	16
Kết quả tính tốc độ cơ học khoan (m/giờ)	49	42	27
MSE _{min} (psi)	7.612	9.325	16.381

3. Kết luận

Từ kết quả phân tích, đánh giá và nghiên cứu các số liệu thực tế tại mỏ Nam Rồng - Đồi Mồi, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận:

Khoảng khoan đường kính 311mm được chia ra làm hai phần:

Từ SH-3 đến SH-8 phù hợp với chàng khoan PDC QD605X, MRS519HBPX, MD519LHBPX. Trong đó, từ SH-3 đến SH-5 chế độ khoan tối ưu với tải trọng 10 - 11 tấn, tốc độ quay 167 - 168 vòng/phút, lưu lượng 60 - 63 lít/giây, từ SH-5 đến SH-8 chế độ khoan: 12 - 13 tấn, 157 - 158 vòng/phút, 60 - 63 lít/giây.

- Từ SH-8 đến nóc móng với các lớp cát và sét kết cứng mềm xen kẽ, phù hợp với chàng PDC MDSi519LHBPXX, QD605X với chế độ khoan: tải trọng 15 - 16 tấn, tốc độ quay 154 - 155 vòng/phút, lưu lượng 54 - 56 lít/giây.

Phương pháp tiếp cận mới trong đánh giá hiệu suất làm việc của chàng khoan bằng "Nguyên lý năng lượng cơ học riêng (MSE)" cho phép phân tích và đánh giá hiệu quả sử dụng chàng khoan PDC, giúp nhận biết được các yếu tố hạn chế hiệu quả làm việc của chàng khoan để có thể điều chỉnh các thông số chế độ khoan và tính chất của dung dịch khoan thích hợp.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Xuân Đào. *Thiết kế công nghệ khoan các giếng dầu khí*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2007.
2. Dinh Huu Khang, Vu Thien Luong, Nguyen Thanh Truong. *Bit selection/optimization in drilling Hard/Abrasive granite Vietsovpetro's fields*. Ha Noi 2002.
3. Fred E.Dupriest, Joseph William Witt, Stephen Matthew Remmert. *Maximizing ROP with real-time analysis of digital data MSE*. International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar. 21 - 23 November, 2005.
4. R.Teale. *The concept of specific energy in rock drilling*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. 1965; 2(1): p. 57 - 73.
5. А.И. Спивак, А.Н. Попов - Разрушение горных пород при бурении скважин.
6. Robert J.Waughman, John V.Kenner, Ross A.Moore. *Real-time specific energy monitoring reveals drilling inefficiency and enhances the understanding of when to pull worn PDC bits*. IADC/SPE Drilling Conference, Dallas, Texas. 26 - 28 February, 2002.

New approach to drill bit performance evaluation with "Mechanical Specific Energy-MSE"

Tran Xuan Dao¹, Nguyen Thai Son¹, Nguyen The Vinh²
¹Vietsovpetro
²University of Mining and Geology

Summary

The evaluation of the drill bit performance is very important in the selection of bit type and drilling practice parameters for the next bit run and coming new wells. The rate of penetration, bit life, and cost per metre, etc... are the technical and economic values which are used to measure the performance of bit through a conventionally statistical method. The new approach to bit performance evaluation with "Mechanical Specific Energy (MSE)" allows the engineer to select the right bit type and drilling parameters for various drilling intervals to get an accurate assessment of the bit performance and direct destruction of rock.

Key words: Rock bit, destruction of rock, PDC, UCS, MSE.