

## ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC BỐ TRÍ VÒI PHUN ĐỊNH HƯỚNG ĐỐI VỚI LƯU TRƯỜNG DÒNG CHẢY ĐÁY GIẾNG CỦA CHÒNG KHOAN PDC

HOÀNG ANH DŨNG, TRIỆU HÙNG TRƯỜNG, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

**Tóm tắt:** Để phân tích ảnh hưởng của việc bố trí vòi phun định hướng (directional nozzle) đến lưu trường dòng chảy đáy giếng, ta sử dụng phần mềm CAD kết hợp với phần mềm Gambit để thiết kế mô hình chông khoan PDC có vòi phun định hướng, sau đó sử dụng phần mềm Mô hình hóa dòng chảy Fluent tiến hành mô phỏng đặc tính lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc bố trí vòi phun định hướng một cách hợp lý sẽ phát huy tối đa khả năng rửa sạch đáy giếng và hạn chế sự hình thành lớp bùn bao bề mặt chông khoan PDC nhằm nâng cao hiệu quả của quá trình khoan.

### Mở đầu

Chông khoan PDC (Polycrystalline Diamond Compact Bit) được sử dụng để khoan trong các tầng đất đá từ trung bình đến cứng cho hiệu quả tương đối tốt. Sử dụng chông khoan PDC một cách hợp lý sẽ tạo được tốc độ khoan cao, khả năng phá hủy đất đá nhanh và đặc biệt là tuổi thọ của chông khoan cao nên được sử dụng rộng rãi trong công tác khoan dầu khí [3, 5]. Để nâng cao hiệu quả làm việc của chông khoan PDC thì việc bố trí các vòi phun trên chông khoan đóng vai trò rất quan trọng, lưu trường dòng chảy ở đáy giếng do các vòi phun tạo ra sẽ quyết định đến hiệu quả của quá trình rửa sạch đáy giếng, làm mát chông khoan và hạn chế sự hình thành lớp bùn bao bề mặt chông khoan. Đã có nhiều nghiên cứu từ phân tích lý thuyết, sử dụng phương pháp mô phỏng trị số, nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đến các nghiên cứu ở ngoài thực địa đã cho thấy lưu trường dòng chảy ở đáy giếng phụ thuộc chủ yếu vào kết cấu và sự phân bố của các vòi phun trên chông khoan PDC [6, 7].

Để nghiên cứu ảnh hưởng của việc bố trí các vòi phun định hướng trên chông khoan PDC, bài báo trình bày ứng dụng phần mềm Mô hình hóa dòng chảy Fluent để tiến hành mô phỏng trị số lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng của chông khoan PDC khi thay đổi số lượng và cách bố trí các vòi phun định hướng [2]. Kết quả phân tích cho thấy, việc bố trí các vòi phun định hướng trên chông khoan sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến tính năng thủy lực của

chông khoan PDC, có thể cải thiện được lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng, hạn chế sự hình thành lớp bùn bao chông khoan, nâng cao hiệu quả làm việc của chông khoan PDC.

### 1. Hiện trạng lớp bùn bao chông khoan ở đáy giếng

Trong quá trình thi công khoan các giếng dầu khí, phần lớn lượng mùn khoan sẽ được quét sạch khỏi đáy giếng rồi vận chuyển lên trên mặt nhờ dòng dung dịch khoan. Tuy nhiên, vẫn còn một lượng mùn khoan nhất định đọng lại ở dưới đáy giếng sẽ cản trở quá trình tiếp xúc của răng chông với tầng đất đá mới. Nghiêm trọng hơn các hạt mùn khoan này bị nghiền nát lại nhiều lần sẽ có khả năng kết dính lại với nhau hình thành lên lớp bùn bao bề mặt chông khoan dẫn đến tốc độ khoan bị suy giảm đáng kể (đặc biệt là đối với chông khoan PDC). Chính vì vậy, việc giải phóng lượng mùn khoan khỏi đáy giếng, làm mát chông khoan và hạn chế sự hình thành lớp bùn bao chông khoan là yêu cầu cấp thiết trong quá trình tính toán thiết kế hệ thống thủy lực trên chông khoan PDC nhằm nâng cao tốc độ cơ học khoan, hạ giá thành giếng khoan.

### 2. Ảnh hưởng của việc bố trí vòi phun định hướng trên chông khoan PDC

Việc bố trí các vòi phun trên chông khoan PDC sẽ linh hoạt hơn nhiều so với chông khoan chớp xoay. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng khi thay đổi vị trí các vòi phun sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến tính năng thủy lực của chông khoan PDC[8]. Vị trí các vòi phun trên chông

khoan phải tính toán sao cho năng lượng thủy lực của vòi phun này không ảnh hưởng triệt tiêu đến năng lượng thủy lực của vòi phun khác mà phải có sự cộng hưởng hỗ trợ cho nhau, đồng thời phải đảm bảo toàn bộ khu vực đáy giếng sẽ được che phủ bởi năng lượng thủy lực của các dòng phun nhằm nâng cao hiệu quả quét sạch mùn khoan ở đáy giếng, làm mát chòong khoan và ngăn ngừa sự hình thành lớp bùn bao bề mặt chòong khoan PDC.

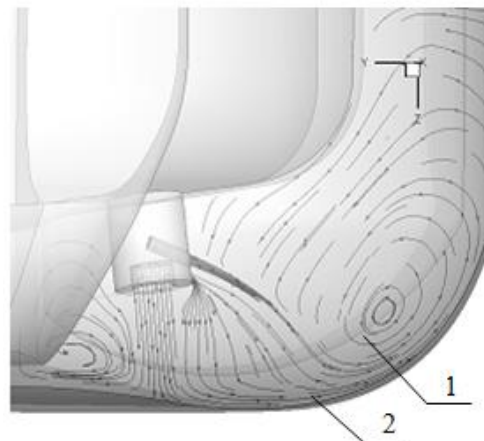
Trong quá trình tính toán thiết kế chòong khoan PDC thì việc lựa chọn số lượng vòi phun đóng vai trò quyết định đến lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng. Nếu sử dụng số lượng vòi phun là chẵn thì khả năng phân chia dòng chảy giữa các vòi phun trong thân chòong khoan thuận lợi hơn nhưng khả năng tạo dòng phun che phủ đều toàn bộ khu vực đáy giếng sẽ khó khăn hơn, có khu vực thì năng lượng dòng phun tác động tương đối mạnh nhưng có khu vực thì năng lượng dòng phun tác động tương đối yếu dẫn đến khả năng đẩy mùn khoan ở những khu vực này gặp nhiều khó khăn [4]. Chính vì vậy, nội dung của bài báo này chỉ giới hạn nghiên cứu về ảnh hưởng của việc bố trí số lượng các vòi phun là lẻ trên chòong khoan PDC đến lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng.

Để tiến hành quá trình mô phỏng cần giả định các thông số đầu vào như sau: đường kính chòong khoan là 215,9 (mm), tổng lưu lượng của bơm là 32 (L/s), tốc độ dòng phun trung bình của vòi phun 45,3 (m/s), tốc độ quay của chòong khoan là 120 (vòng/phút), đường kính vòi phun chính là 10 (mm), đường kính vòi phun định hướng là 3 (mm), chất lỏng bơm là nước. Tiến hành thiết kế mô hình chòong khoan PDC [1] và sử dụng phần mềm mô hình hóa dòng chảy Fluent để mô phỏng lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng tương ứng với 1 vòi phun, 3 vòi phun và 5 vòi phun.

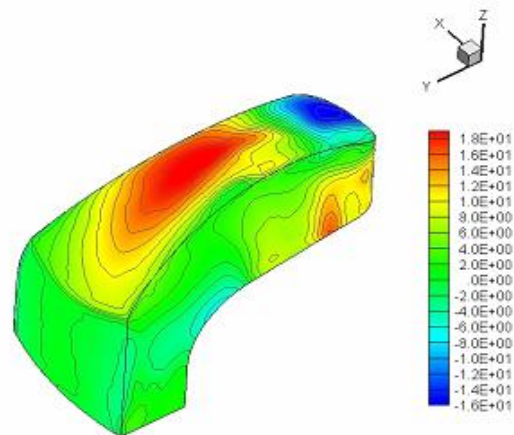
### 2.1. Ảnh hưởng của 1 vòi phun đến lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng

Kết quả của quá trình mô phỏng trên hình 1 và hình 2 cho thấy lưu trường dòng chảy của vòi phun định hướng phát sinh một số biến hóa do có sự tham gia của dòng phun hướng nghiêng, điều này có lợi cho quá trình rửa sạch đáy giếng và vận chuyển mùn khoan. Trên

phương của dòng phun hướng nghiêng hình thành thêm một khu vực va đập mới đã làm giảm bớt diện tích che phủ của khu vực dòng xoáy (1) hạn chế đáng kể khả năng hạt mùn khoan bị lưu giữ lâu ở khu vực này, đây là điều rất có lợi đối với quá trình đẩy mùn khoan đi lên. Đồng thời, tại khu vực dòng chảy tràn (2) của dòng phun chính có thêm sự hỗ trợ của dòng phun hướng nghiêng, khi đó năng lượng của dòng phun hướng nghiêng sẽ được bổ sung thêm vào giai đoạn cuối của khu vực dòng chảy tràn cho nên đã hỗ trợ rất hiệu quả quá trình quét sạch mùn khoan ở đáy giếng và đưa mùn khoan đi lên nhằm nâng cao hiệu quả của công tác khoan. Nhưng do chỉ có 1 vòi phun trên chòong khoan cho nên lưu trường dòng chảy ở đáy giếng không cải thiện được nhiều và chỉ phù hợp với loại chòong khoan có đường kính nhỏ.



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng của 1 vòi phun

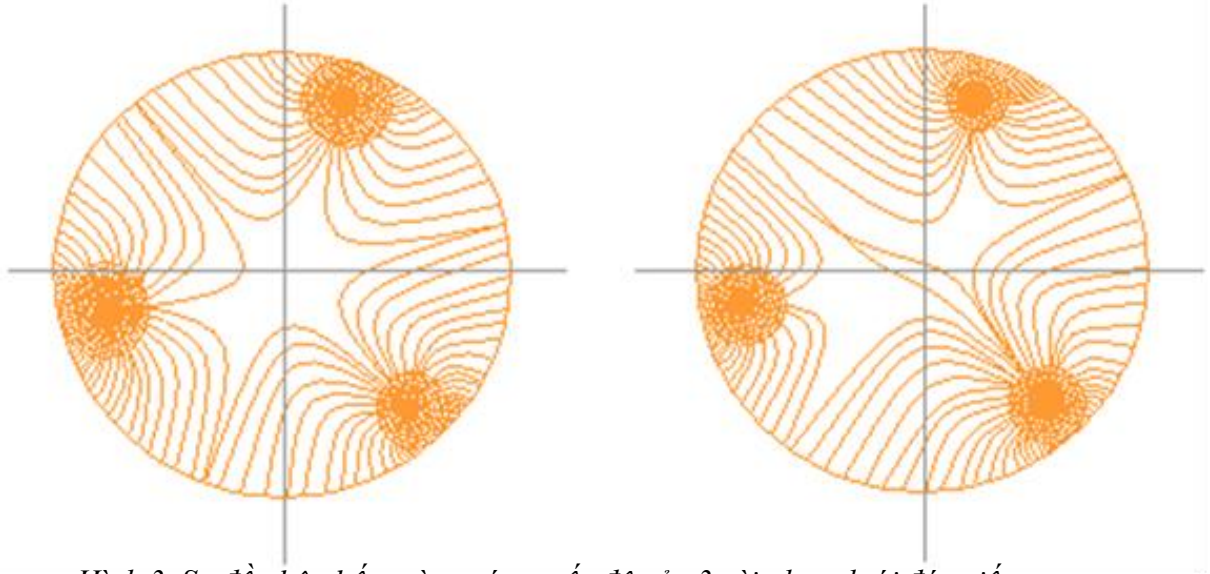


Hình 2. Sơ đồ vận tốc độ xung quanh bề mặt lưỡi cắt của chòong khoan

## 2.2. Ảnh hưởng của 3 vòi phun đến lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng

Tiến hành mô phỏng trong hai trường hợp đó là: sử dụng tổ hợp 3 vòi phun có đường kính

như nhau (a) và sử dụng tổ hợp 3 vòi phun có đường kính khác nhau (b) với điều kiện lưu lượng tổng cung cấp xuống đáy giếng là không đổi.



Hình 3. Sơ đồ phân bố trường véc tơ tốc độ của 3 vòi phun dưới đáy giếng

(a)  $d_1 = d_2 = d_3 = 10\text{mm}$ ; (b)  $d_1 = 8\text{mm}$ ,  $d_2 = 10\text{mm}$ ,  $d_3 = 12\text{mm}$

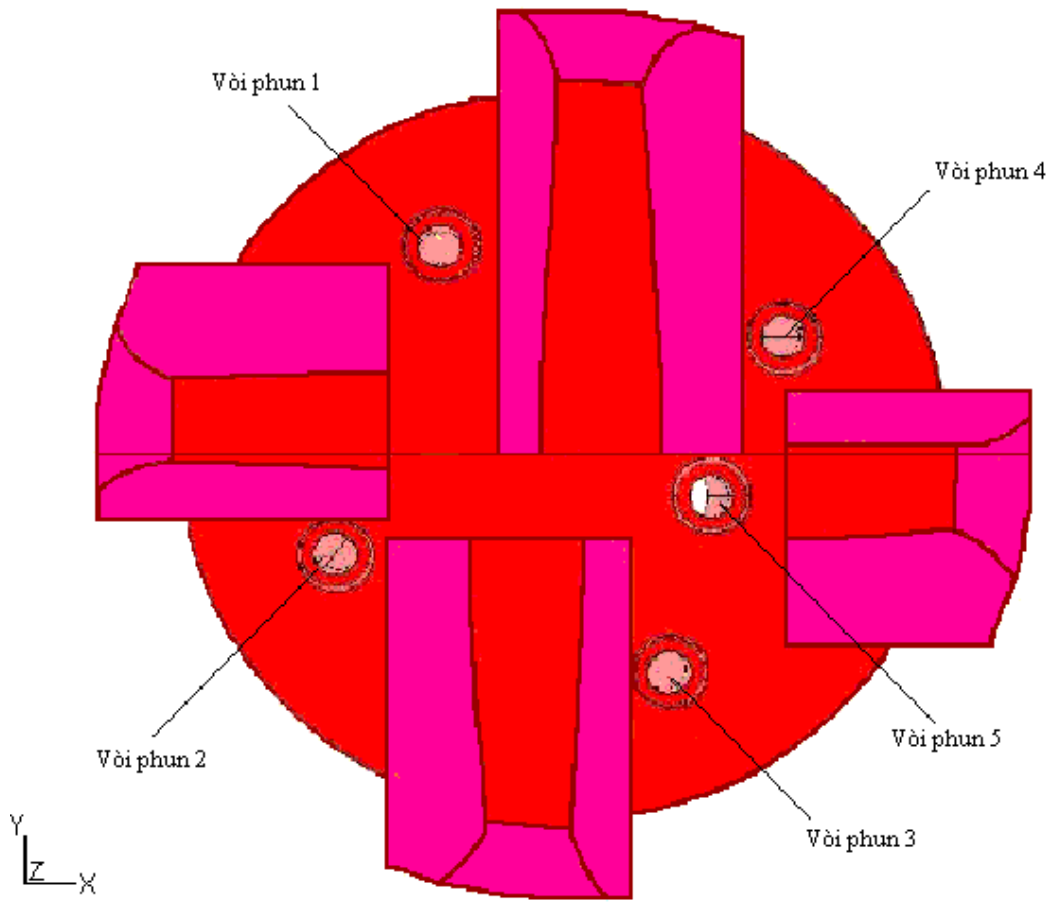
Kết quả của quá trình mô phỏng trên hình 3a cho thấy lưu trường dòng chảy tràn ra đáy giếng được hình thành bởi dòng phụt của 3 vòi phun cùng đường kính đã phát hiện ra ở trung tâm của đáy giếng hình thành một khu vực dòng đình trệ. Tại khu vực này năng lượng của dòng phun tham gia vào quá trình đẩy hạt mùn khoan tương đối yếu dẫn đến mùn khoan sẽ tích tụ tương đối nhiều gây cản trở quá trình quét sạch mùn khoan ở đáy giếng, điều này thể hiện lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng của tổ hợp 3 vòi phun cùng đường kính không có lợi cho việc đẩy hạt mùn khoan trong quá trình làm việc.

Trong trường hợp sử dụng tổ hợp 3 vòi phun có đường kính khác nhau thì kết quả mô phỏng trên hình 3b cho thấy khu vực dòng chảy ở trung tâm đáy giếng đã được cải thiện đáng kể so với trường hợp sử dụng tổ hợp 3 vòi phun cùng đường kính. Năng lượng của dòng phun đã có sự tác động đến khu vực này một cách rõ ràng hơn, nhờ đó mà đã cải thiện đáng kể khả năng đẩy hạt mùn khoan rời khỏi khu vực trung tâm đi lên trên bề mặt. Tuy nhiên, lưu trường tổng thể ở khu vực trung tâm đáy giếng vẫn còn

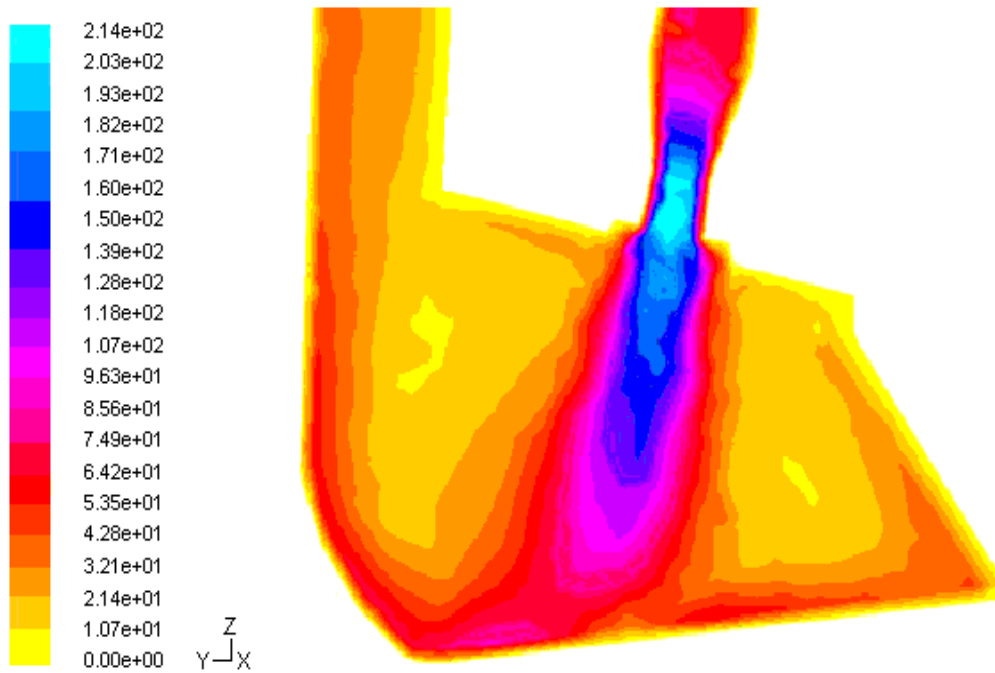
yếu đặc biệt đối với những chòong khoan có đường kính lớn thì khả năng quét sạch mùn khoan ở đáy giếng, làm mát chòong khoan và phòng ngừa lớp bùn bao bề mặt chòong khoan vẫn còn nhiều hạn chế, chưa phát huy hết vai trò của dòng phun thủy lực thuộc trong tổ hợp các vòi phun trên chòong khoan PDC.

## 2.3. Ảnh hưởng của 5 vòi phun đến lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng

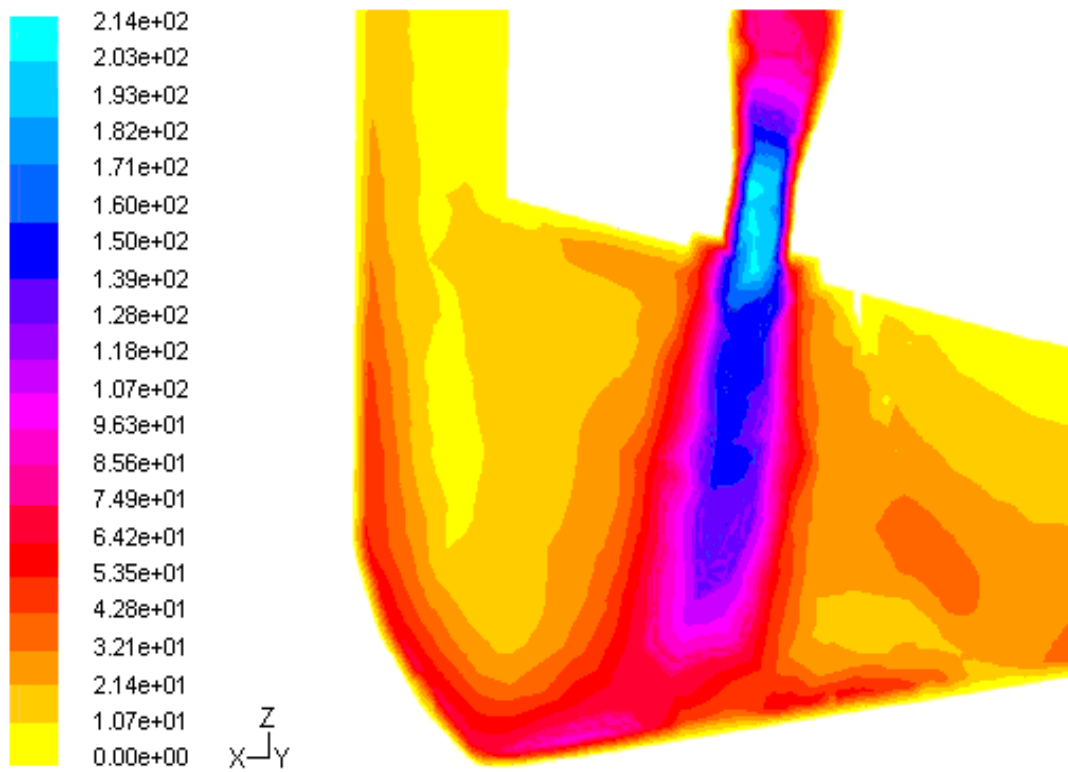
Sử dụng chòong khoan PDC có 5 vòi phun như trên hình 4, trong đó đường trục chính tâm của vòi phun 1 hợp với trục (-X) một góc là  $270^0$  và đối xứng với nó qua tâm của chòong khoan là vòi phun 3; vòi phun 2 có đường trục chính tâm hợp với trục (+Y) một góc là  $270^0$  và đối xứng với nó qua tâm của chòong khoan là vòi phun 4; vòi phun 5 có đường trục chính tâm hợp với trục (-X) một góc là  $150^0$ . Từ tâm cửa ra của các vòi phun 1÷4 đến tâm của chòong khoan có khoảng cách là 55mm, đường trục chính tâm của các vòi phun 1÷4 hợp với trục Z một góc là  $100^0$ ; từ tâm cửa ra của vòi phun 5 đến tâm của chòong khoan có khoảng cách là 36mm, đường trục chính tâm của vòi phun 5 hợp với trục Z một góc là  $70^0$ .



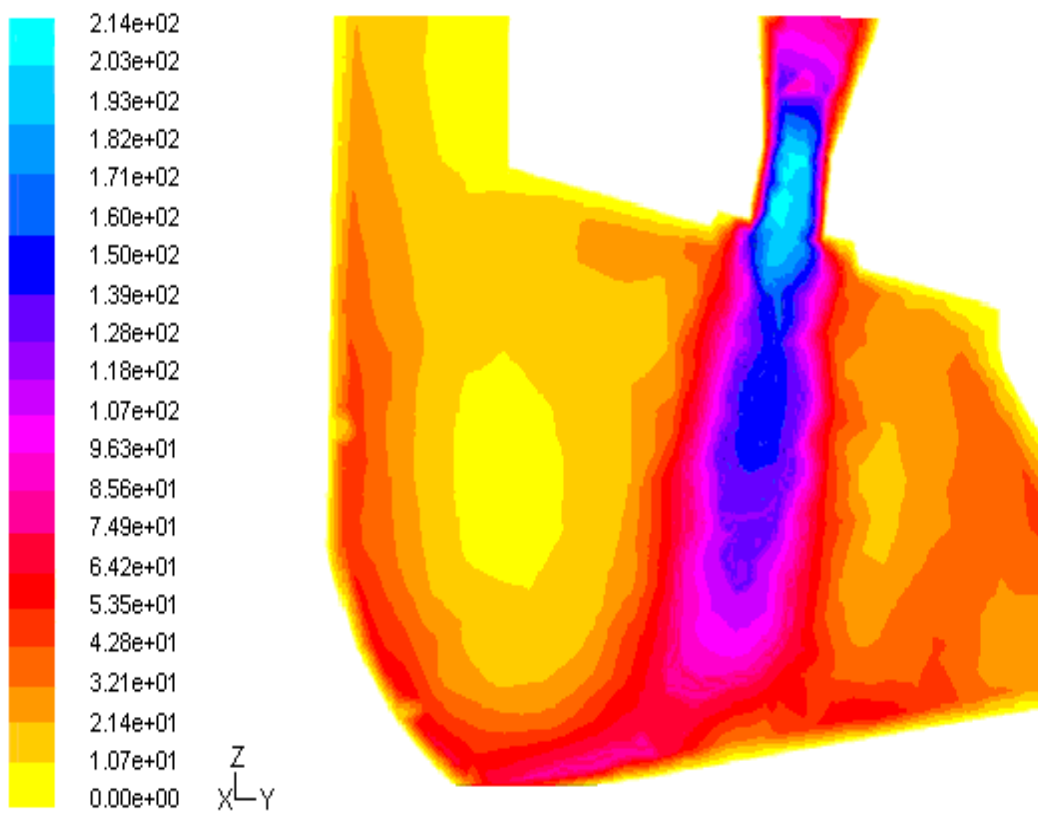
Hình 4. Sơ đồ vị trí của 5 vòi phun trên chông khoan PDC



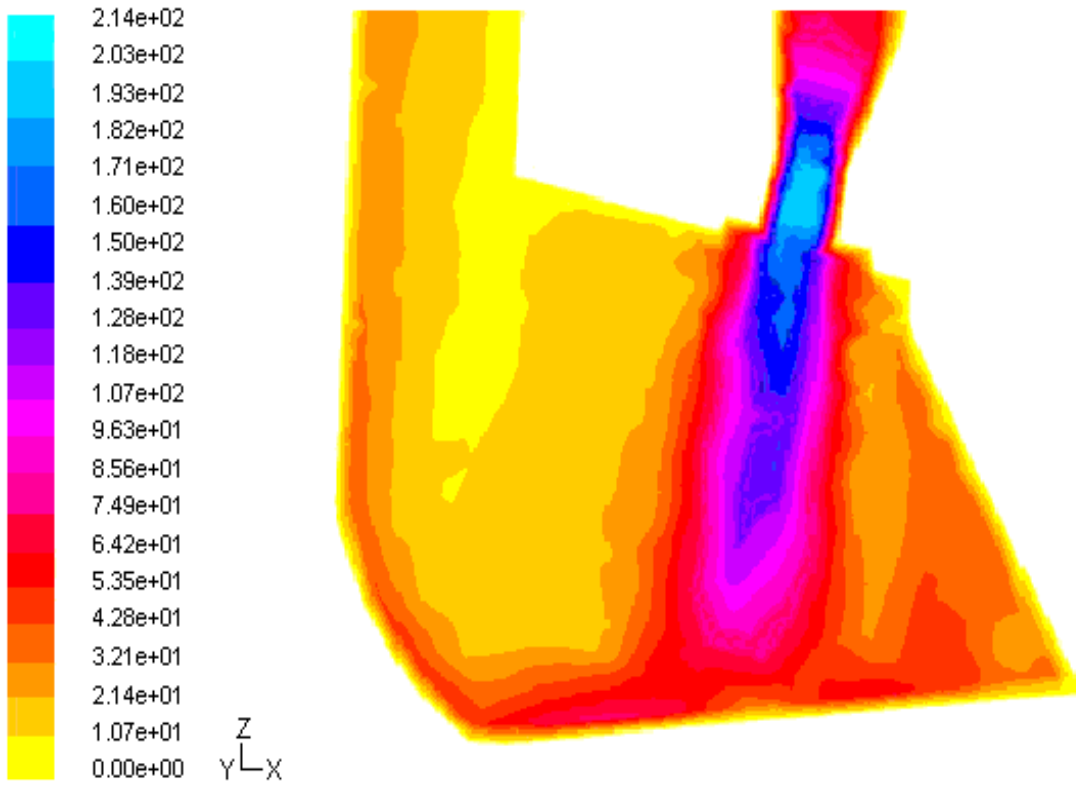
Hình 5. Sơ đồ biểu diễn tốc độ dòng phun của vòi phun 1 ở dưới đáy giếng



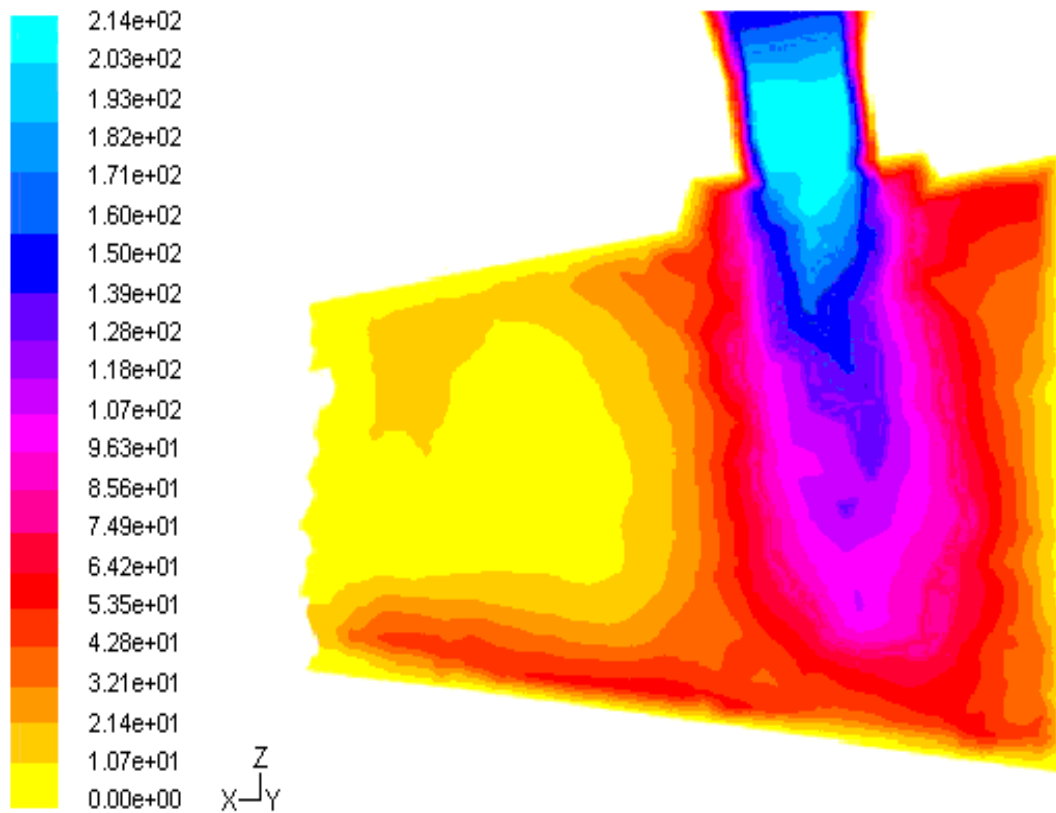
Hình 6. Sơ đồ biểu diễn tốc độ dòng phun của vòi phun 2 ở dưới đáy giếng



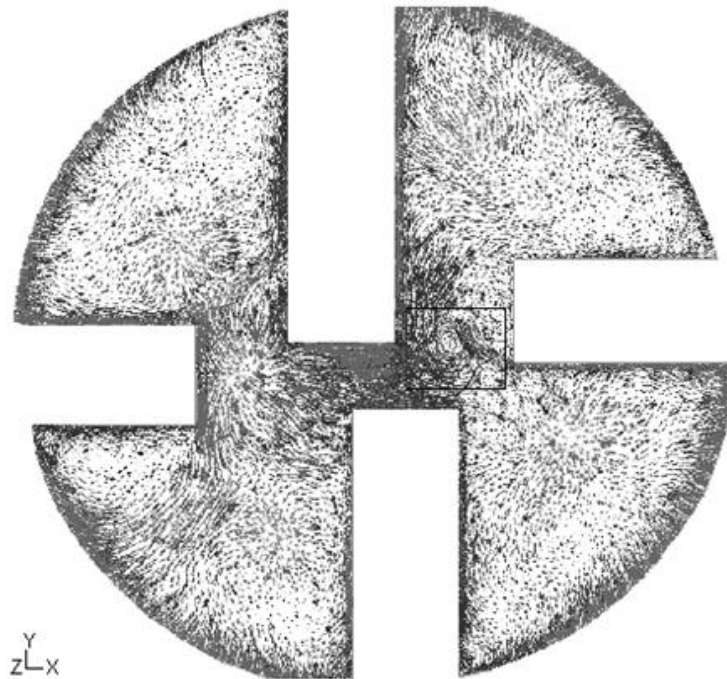
Hình 7. Sơ đồ biểu diễn tốc độ dòng phun của vòi phun 3 ở dưới đáy giếng



Hình 8. Sơ đồ biểu diễn tốc độ dòng phun của vòi phun 4 ở dưới đáy giếng



Hình 9. Sơ đồ biểu diễn tốc độ dòng phun của vòi phun 5 ở dưới đáy giếng



Hình 10. Sơ đồ phân bố trường tốc độ dòng chảy của tổ hợp 5 vòi phun tại mặt cắt ngang đáy giếng



Hình 11. Sơ đồ phân bố trường áp lực của tổ hợp 5 vòi phun tại mặt cắt ngang đáy giếng

Kết quả của quá trình mô phỏng từ hình 5÷11 cho thấy, lưu trường dòng chảy ở đáy giếng của chông khoan PDC với tổ hợp 5 vòi phun được cải thiện tương đối tốt. Toàn bộ đáy giếng được che phủ đều bởi dòng phụt của 5 vòi phun, điều này rất có lợi đối với quá trình quét

sạch mùn khoan ở đáy giếng để vận chuyển lên trên bề mặt, tăng cường khả năng làm mát chông khoan và hạn chế đáng kể sự hình thành lớp bùn bao bề mặt chông khoan trong quá trình làm việc. Do vòi phun 5 được bố trí rất gần tâm của chông khoan, khi đó dòng phụt từ

cửa ra của vòi phun 5 có thể tác dụng trực tiếp xuống khu vực trung tâm của đáy giếng, cho nên lưu trường dòng chảy ở trung tâm của đáy giếng không hình thành khu vực lưu giữ các hạt mùn khoan mà trái lại sẽ phát sinh sự trao đổi động lượng rất lớn, điều này đặc biệt có lợi cho quá trình quét sạch mùn khoan ở khu vực này. Ngoài ra, dòng phun của vòi phun 5 sau khi va đập với đáy giếng sẽ phản lên theo các hướng sẽ hỗ trợ cho lưu trường dòng chảy của vòi phun 1 và vòi phun 2 giảm bớt khu vực dòng xoáy hồi nhằm tăng cường khả năng quét sạch hạt mùn khoan ở đáy giếng. Đồng thời, vòi phun 5 được bố trí xen giữa hai vòi phun 3 và vòi phun 4 cho nên đã cải thiện đáng kể lưu trường dòng chảy ở khu vực này, triệt tiêu hoàn toàn những khu vực có thể tạo dòng xoáy hồi lưu giữa các hạt mùn khoan ở đáy giếng. Thông qua phân tích có thể thấy, tổ hợp 5 vòi phun bố trí trên hình 4 đã nâng cao hiệu quả làm việc của chòong khoan, cải thiện đáng kể tính năng thủy lực của chòong khoan PDC, tăng cường hiệu quả rửa sạch đáy giếng, làm mát chòong khoan và ngăn ngừa sự hình thành lớp bùn bao bề mặt chòong khoan trong quá trình làm việc.

### 3. Kết luận

Sử dụng phương pháp mô phỏng trị số để tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của việc bố trí vòi phun định hướng đến lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Với cùng một điều kiện tính toán mô phỏng như nhau thì tổ hợp các vòi phun có đường kính khác nhau sẽ cải thiện được lưu trường dòng chảy dưới đáy giếng tốt hơn so với tổ hợp vòi phun có cùng đường kính.

- Sử dụng tổ hợp 5 vòi phun được bố trí trên chòong khoan PDC sẽ nâng cao được tính năng thủy lực của chòong khoan, tăng cường khả năng quét sạch mùn khoan ở đáy giếng, làm mát chòong khoan tốt hơn và hạn chế sự hình thành lớp bùn bao bề mặt chòong khoan, nâng cao tuổi thọ của chòong khoan PDC và tăng được tốc độ cơ học khoan, hạ giá thành khoan.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Anh Dũng, Li Gensheng, 2011. Thiết kế mô hình chòong khoan PDC có vòi phun định hướng. Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 36, 10/2011, trang 1-6.
- [2]. Hoang Anh Dung, Le Hai An, Li Gensheng, 2012. Numerical simulation of bottom-hole flow field of PDC bit with side nozzles. PetroVietnam Journal Vol 6 – 2012, pg.36-39.
- [3]. Dickey, Winton B. Side port nozzle in a PDC bit Europe EP0959224A2.1999.11.24
- [4]. Watson G R .Barton N A. Using new computational fluid dynamic techniques to improve PDC bit performance [J]. SPE 37580: 91-104.
- [5]. 杨丽, 陈康民. PDC 钻头的应用现状与发展前景[J]. 石油机械, 2007 (12): 33-36.
- [6]. 易灿, 李根生. 喷嘴结构对高压射流特性影响研究[J].石油钻采工艺, 2005, 27 (1): 16-19.
- [7]. 侯成, 李根生, 黄中伟,等. 定向喷嘴 PDC 钻头井底流场特性研究[J]. 石油钻采工艺, 2010, 32 (2): 15-18.
- [8]. 况雨春, 杨云山,杨迎新,等.PDC 钻头井底流场 CFD 仿真及二次开发[J].钻采工艺, 2007, 30(1): 77 - 79.

### ABSTRACT

#### Effects of directional nozzles layout for bottom hole flow field of PDC bit

Hoang Anh Dung, Trieu Hung Truong, Hanoi University of Mining and Geology

To analyze the effect of directional nozzle layout to flow field at the bottom hole, CAD software in conjunction with Gambit is used to design PDC drill bit models with directional nozzles. The Fluent flow modelling was then used to perform flow simulations at the bottom hole. The research results show that the directional nozzle layout logically has maximized the ability to clean the bottom hole and minimize the formation of drill mud on PDC bit that ultimately to improve the efficiency of the drilling.