



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0023992

(51)⁷ E21B 47/08; E21B 49/00; E21B 47/026 (13) B

(21) 1-2014-02943

(22) 06/02/2013

(86) PCT/US2013/024959 06/02/2013

(87) WO2013/119685 15/08/2013

(30) 61/595,478 06/02/2012 US

(45) 25/06/2020 387

(43) 26/01/2015 322A

(73) M-I L.L.C. (US)

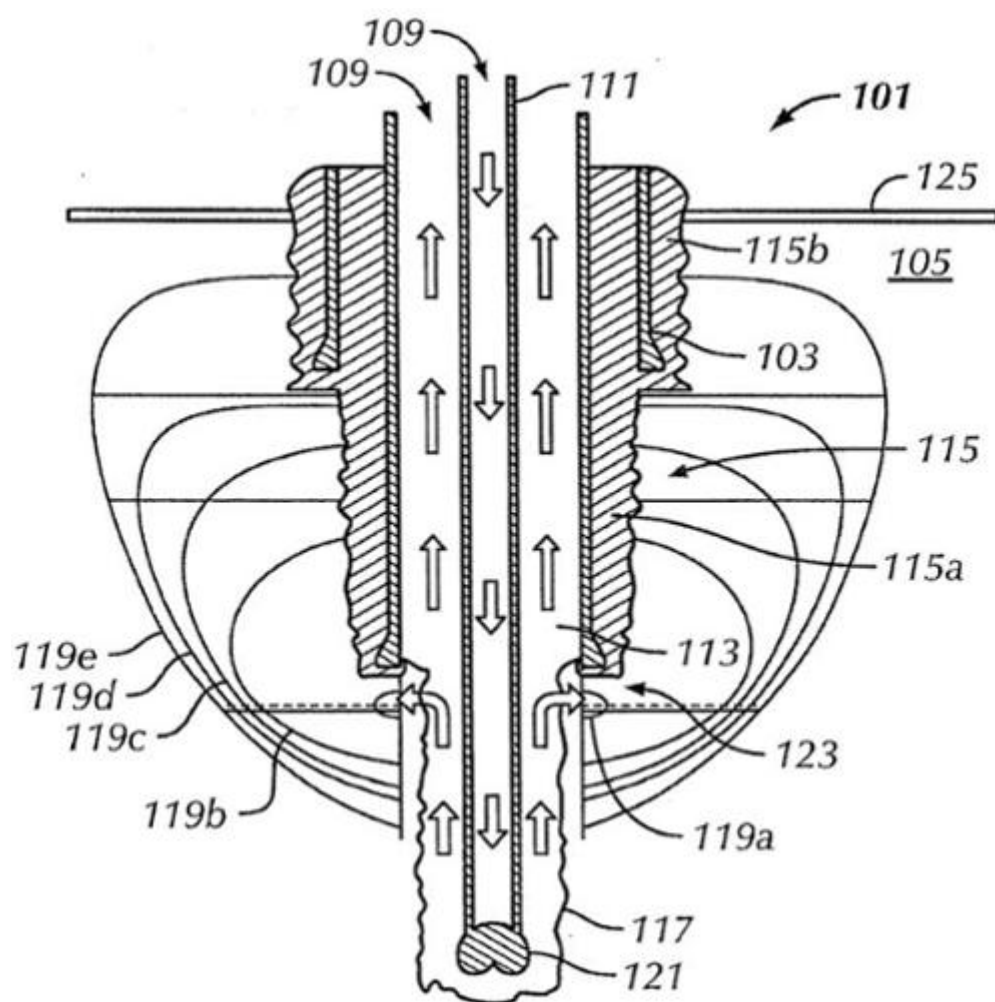
5950 North Course Drive, Houston, TX 77072, United States of America

(72) GUMAROV, Salamat (KZ); SHOKANOV, Talgat, A. (KZ); RONDEROS, Julio, Roberto (CO); SIMPSON, Kevin (GB); ANOKHIN, Viacheslav, Viktorovich (RU); BENELKADI, Said (DZ)

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG THIẾT KẾ HOẠT ĐỘNG KIỂM SOÁT GIẾNG

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp thiết kế hoạt động kiểm soát giếng, phương pháp này bao gồm bước thu dữ liệu ngầm liên quan đến vỉa xung quanh giếng, dựng lên mô hình địa cơ học của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm, thu dữ liệu vận hành liên quan đến sự hoạt động kiểm soát giếng, tiến hành, trên bộ xử lý, mô phỏng vết đứt gãy thủy lực của vỉa, trong đó việc mô phỏng được dựa trên dữ liệu vận hành và mô hình địa cơ học, và xác định thể tích được ước lượng của chất lưu cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt trên của vỉa.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp thiết kế hoạt động kiểm soát giếng bao gồm bước thu dữ liệu ngầm liên quan đến vỉa xung quanh giếng, dựng lên mô hình địa cơ học của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm, thu dữ liệu vận hành liên quan đến sự hoạt động kiểm soát giếng, tiến hành, trên bộ xử lý, việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực của vỉa, trong đó việc mô phỏng được dựa trên dữ liệu vận hành và mô hình địa cơ học, và xác định thể tích được ước lượng của chất lưu cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt trên của vỉa. Sáng chế còn đề cập đến hệ thống thiết kế hoạt động kiểm soát giếng và vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính chứa các lệnh phần mềm mà thực hiện phương pháp nêu trên.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong quá trình dập tắt giếng hoặc trong các hoạt động kiểm soát giếng, rõ ràng là có nguy cơ sẽ tạo ra vết đứt gãy thủy lực không sâu mà chọc thủng vào bề mặt hoặc đáy biển. Trong khi khoan, khi gặp khí ở vùng không sâu, thì bùn nặng được bơm vào trong giếng để kiểm soát giếng. Việc bơm bùn nặng dẫn đến hình thành áp suất dưới giếng và, trong hầu hết các tình huống, áp suất có thể vượt quá gradien gây đứt gãy vỉa, dẫn đến làm đứt gãy vỉa do thủy lực. Hơn nữa, do một lượng nhỏ bùn được bơm sẽ đi vào vết đứt gãy mới được tạo ra, khiến cho vết đứt gãy có thể phát triển rộng hơn. Nếu lượng thể tích bùn nặng đáng kể được bơm vào trong giếng, thì vết đứt gãy thủy lực có thể lan tới bề mặt hoặc đáy biển, tạo ra hố hoặc chỗ sụt xuống trên bề mặt hoặc đáy biển gần hệ thống thiết bị. Trong tình trạng này, độ ổn định của hệ thống thiết bị có thể bị ảnh hưởng. Hơn nữa, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển có thể gây tác động nghiêm trọng đến môi trường. Nguy cơ xảy ra kịch bản nêu trên là đặc biệt nghiêm trọng đối với các giếng mà có khả năng cao là sẽ gặp phải khí ở vùng không sâu và/hoặc, khi sự quá tải được biểu hiện dưới tình trạng các vỉa yếu và/hoặc không được vững chắc.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Việc ngăn chặn vết đứt gãy thủy lực có thể được sử dụng trong các hoạt động kiểm soát giếng, bảo vệ môi trường và để hoạch định khẩn và thiết kế cho khí ở vùng không sâu. Nhìn chung, phương án của sáng chế đề cập đến các phương pháp và các thiết bị để xác định thể tích và các thông số vận hành của hoạt động kiểm soát giếng. Như được sử dụng ở đây, hoạt động kiểm soát giếng là để chỉ các hoạt động vận hành liên quan đến việc bơm bùn vào trong giếng để ngăn các chất lưu của vỉa, ví dụ, dầu và khí, không đi vào lỗ khoan. Các hoạt động kiểm soát giếng có thể được dùng trong khi khoan. Như được sử dụng ở đây, các hoạt động kiểm soát giếng bao gồm cả hai hoạt động dập tắt giếng tĩnh và tuần hoàn. Các phương pháp và các thiết bị để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng theo các phương án được mô tả ở đây bao gồm tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực được bắt đầu ở đế cột ống chống bề mặt. Việc tạo mô hình và phân tích có thể dùng bộ mô phỏng số học vết đứt gãy thủy lực kết hợp với mô hình địa cơ học. Theo một hoặc nhiều phương án, các phương pháp và các thiết bị để xác định khoảng giá trị của thể tích bùn mà có thể được bơm một cách an toàn vào trong giếng ở tốc độ nhất định trước khi vết đứt gãy thủy lực lan tới bề mặt hoặc đáy biển.

Theo một khía cạnh, các phương án được mô tả ở đây đề cập đến phương pháp thiết kế hoạt động kiểm soát giếng. Phương pháp này bao gồm bước thu dữ liệu ngầm liên quan đến vỉa xung quanh giếng, dựng lên mô hình địa cơ học của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm, thu dữ liệu vận hành liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng, tiến hành, trên bộ xử lý, việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực của vỉa, trong đó việc mô phỏng được dựa trên dữ liệu vận hành và mô hình địa cơ học và xác định thể tích được ước lượng của chất lưu cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt trên của vỉa.

Theo một khía cạnh khác, phương án được mô tả ở đây đề cập đến hệ thống để thiết kế hoạt động kiểm soát giếng. Hệ thống này bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, môđun tạo ra mô hình địa cơ học được tạo cấu hình để tạo ra mô hình địa cơ học của vỉa ngầm xung quanh giếng. Hệ thống này còn bao gồm môđun tạo ra dữ liệu vận hành được tạo cấu hình để tạo ra dữ liệu vận hành bao gồm ít nhất một thông số đầu ra để thực hiện việc mô phỏng vết đứt gãy trên bộ xử lý, trong đó việc mô phỏng được dựa trên dữ liệu vận hành liên quan đến dạng kiểm soát giếng, và môđun mô phỏng được tạo cấu hình để tiến hành mô phỏng vết đứt gãy thủy lực dựa trên mô hình địa cơ học và dữ

liệu vận hành, trong đó mô đun mô phỏng được tạo cấu hình để xác định thể tích được ước lượng của chất lưu cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt trên của vỉa ngầm.

Trong một số phương án, phương án theo sáng chế đề cập đến các phương pháp và thiết bị để đảm bảo chắc chắn việc ngăn chặn vết đứt gãy thủy lực đối với các vết đứt gãy không sâu. Đặc biệt là, khi gặp khí ở vùng không sâu trong khi khoan phần nằm dưới ống chống bề mặt, bùn nặng được bơm vào trong giếng để kiểm soát giếng mà có thể dẫn đến sự hình thành vết đứt gãy thủy lực ở đế cột ống chống bề mặt. Bởi vì ống chống bề mặt được đặt ở độ sâu không sâu, tức là, nằm trong khoảng từ 500 đến 600m nằm dưới đáy biển hoặc mặt đất, có rủi ro là vết đứt gãy có thể lan truyền tới đáy biển hoặc mặt đất. Do đó, sáng chế đề xuất các phương pháp và thiết bị để tạo mô hình và mô phỏng sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực không sâu, xác định hoặc ước lượng thể tích bùn mà, khi được bơm xuống dưới giếng để kiểm soát giếng, làm cho vết đứt gãy thủy lực chọc thủng đáy biển hoặc bề mặt, và xác định hoặc ước lượng thể tích tối đa của bùn để được bơm dưới giếng để kiểm soát giếng mà đảm bảo cho người vận hành là đáy biển hoặc bề mặt sẽ không bị chọc thủng (ví dụ, nhờ áp dụng hệ số an toàn cho thể tích được xác định mà làm cho vết đứt gãy để chọc thủng đáy biển/bề mặt).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện hệ thống bao gồm hệ thống khoan phụ theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.2 thể hiện hệ thống xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.3 thể hiện biểu đồ tiến trình của phương pháp để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.4 thể hiện biểu đồ tiến trình để thu dữ liệu vận hành theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.5 thể hiện biểu đồ tiến trình để thu dữ liệu ngầm liên quan đến vỉa xung quanh giếng theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.6 thể hiện biểu đồ tiến trình của phương pháp để xác định thể tích của bùn cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển trong quá trình vận hành đập tắt giếng theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ Fig.7A và Fig.7B thể hiện các ví dụ về vận hành và dữ liệu địa cơ học theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ từ Fig.8A đến Fig.8C thể hiện một ví dụ của mô hình địa cơ học và việc mô phỏng của vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ từ Fig.9A đến Fig.9C thể hiện một ví dụ của mô hình địa cơ học và việc mô phỏng của vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ từ Fig.10A đến Fig.10C thể hiện một ví dụ của mô hình địa cơ học và việc mô phỏng của vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ từ Fig.11A đến Fig.11C thể hiện một ví dụ của mô hình địa cơ học và việc mô phỏng của vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ từ Fig.12A đến Fig.12C thể hiện một ví dụ của mô hình địa cơ học và việc mô phỏng của vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Các hình vẽ từ Fig.13A đến Fig.13C thể hiện một ví dụ của mô hình địa cơ học và việc mô phỏng của vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.14 thể hiện tổng quan về các thông số vận hành theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Fig.15 thể hiện hệ thống để thực hiện việc tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án cụ thể của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết với việc tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Các thành phần tương tự trên các hình vẽ khác nhau được biểu thị bởi cùng số chỉ dẫn tham chiếu để cho nhất quán.

Trong phần mô tả chi tiết dưới đây, nhiều chi tiết cụ thể được đưa ra để giúp cho việc hiểu rõ hơn các phương án được mô tả. Tuy nhiên, hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật là phương án được mô tả có thể được thực hiện mà không cần các chi tiết cụ thể này. Trong các ví dụ khác, các đặc tính đã được biết rõ không được mô tả chi tiết để tránh rườm rà cho phương án được trình bày.

Fig.1 thể hiện hệ thống theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế. Hệ thống này bao gồm hệ thống khoan phụ 101 mà được sử dụng để khoan giếng 103 trong vỉa 105. Việc khoan và kiểm soát giếng được tạo thuận tiện hơn nữa bởi chất lưu khoan 109, thường gọi là bùn, mà có thể bôi trơn mũi khoan (bit) 121 cũng như là cung cấp áp suất thủy tĩnh để vận hành kiểm soát hoặc dập tắt giếng. Trong một ví dụ của hoạt động kiểm soát giếng, chất lưu 109 có thể được bơm xuống đường khoan 111 và được cho phép tuần hoàn ngược lại thông qua vành 113, ví dụ, trong quá trình vận hành dập tắt giếng tuần hoàn. Trong ví dụ khác của hoạt động kiểm soát giếng, ví dụ, trong quá trình vận hành dập tắt giếng tĩnh (không được thể hiện trên hình vẽ), chất lưu 109 có thể được bơm xuống cả hai đường khoan 111 và vành 113. Như được sử dụng ở đây, vành 113 là để chỉ cả hai khoảng trống giữa đường khoan 111 và ống chống 115 cũng như khoảng trống tròn giữa lỗ khoan mở 117 và đường khoan 111.

Các đoạn ống chống 115a và 115b dùng để đảm bảo liên khối cấu trúc của lỗ khoan và vỉa xung quanh. Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, hoạt động kiểm soát giếng có thể dẫn đến sự hình thành vết đứt gãy thủy lực 119a ở đế cột ống chống 123 do sự tăng mật độ tuần hoàn tương đương và tăng áp suất thủy tĩnh của chất lưu khoan 109. Kích cỡ và hình dạng của vết đứt gãy 119a phụ thuộc vào áp suất được tạo ra dưới giếng, thể tích được bơm, các đặc tính địa vật lý của vỉa 105 và các đặc tính của bùn được bơm. Ví dụ, bơm bùn liên tục vào trong giếng sau khi bắt đầu vết đứt gãy ở đế cột ống chống có thể làm cho vết đứt gãy phát triển về kích cỡ, được thể hiện bởi đường bao quanh vết đứt gãy 119a-119e, cho đến khi ở áp suất ngưỡng nào đó, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển 125.

Theo một hoặc nhiều phương án, hệ thống khoan phụ 101 được kết hợp với các bộ cảm biến, thiết bị khoan (ví dụ, bơm, động cơ, máy nén), và các thành phần khác được sử dụng cho kiểm soát chất lưu và/hoặc điều khiển phần 121 trong quá trình khoan. Nhìn chung, việc vận hành khoan kết hợp với các vận hành sản xuất khác ở đây là chỉ các hoạt động vận hành mỏ dầu. Hoạt động vận hành mỏ dầu này có thể được tiến hành như được điều hành bởi môđun bề mặt (không được thể hiện trên hình vẽ) như được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, môđun bề mặt có thể bao gồm, hoặc hoạt động kết hợp với, bộ mô phỏng số học vết đứt gãy thủy lực mà tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt. Bộ mô phỏng số học vết đứt gãy thủy lực theo phương án được mô tả ở đây có thể được sử dụng để thiết kế vận hành đập tắt giếng trước khi bắt đầu khoan. Theo một hoặc nhiều phương án, hoạt động kiểm soát giếng được tiến hành bằng cách thể tích bơm của bùn vào trong giếng, trong đó thể tích của bùn được bơm rơi vào khoảng giá trị ngưỡng của thể tích bùn được tính toán bằng máy tính bởi bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực. Do đó, giếng có thể được kiểm soát một cách an toàn với mức độ rủi ro trong việc vết đứt gãy thủy lực sẽ lan tới bề mặt hoặc đáy biển là thấp.

Fig.2 thể hiện hệ thống 200 để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng mà bao gồm tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây. Trong một hoặc nhiều phương án, một hoặc nhiều môđun và các thành phần được thể hiện trên Fig.2 có thể được bỏ qua, lặp lại, và/hoặc được thay thế. Do đó, phương án của hệ thống 200 để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng không nên được xem là chỉ giới hạn ở khoảng giá trị cụ thể của các môđun được thể hiện trên Fig.2.

Như được thể hiện trên Fig.2, hệ thống 200 có thể bao gồm môđun bề mặt 201, bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực 203, môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205, môđun tạo ra dữ liệu vận hành 207, màn hình 209, và kho dữ liệu vận hành/ngầm 211. Theo một hoặc nhiều phương án, môđun bề mặt 201, bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực 203, môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205, môđun tạo ra dữ liệu vận hành 207, màn hình 209, và kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 có thể được liên kết vận hành và/hoặc giao

tiếp với bởi các phương tiện bất kỳ đã biết trong lĩnh vực. Do đó, từng thành phần có thể gửi, nhận, hoặc theo cách khác trao đổi dữ liệu với từng thành phần khác. Từng thành phần trong số các thành phần này được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, môđun bề mặt 201 có thể được sử dụng để giao tiếp với các thiết bị (như là thiết bị khoan) và/hoặc các vận hành ngoài khu vực chính (không được thể hiện trên hình vẽ). Ví dụ, môđun bề mặt 201 được sử dụng để gửi và nhận dữ liệu, để gửi lệnh dưới giếng, để kiểm soát các dụng cụ, và còn có thể nhận dữ liệu được tập hợp bởi các bộ cảm biến (không được thể hiện trên hình vẽ) và/hoặc các nguồn thu thập dữ liệu khác để phân tích và xử lý khác. Dữ liệu nhận được bởi môđun bề mặt có thể sau đó được lưu trữ, hoặc được gửi từ kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 mà có thể là dạng bất kỳ để bảo quản môđun và/hoặc thiết bị (ví dụ, hệ thống hồ sơ, cơ sở dữ liệu, thu thập các bảng, hoặc cơ chế bảo quản bất kỳ khác) để lưu giữ dữ liệu. Hơn nữa, dữ liệu được tạo ra bởi bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực 203 và/hoặc được lưu trữ trong kho dữ liệu vận hành ngầm 211 có thể được sử dụng bởi môđun bề mặt 201 để biến đổi vận hành vật lý và các thông số khoan hoặc các hoạt động kiểm soát giếng.

Trong một hoặc nhiều phương án, môđun bề mặt 201 có thể được ghép đôi vận hành được với giếng, ví dụ, giếng 103 được thể hiện trên Fig.1, cũng như các giếng khác, trong mỏ dầu. Cụ thể, môđun bề mặt 201 được tạo cấu hình để giao tiếp với một hoặc nhiều chi tiết của mỏ dầu (ví dụ, các bộ cảm biến, thiết bị khoan, v.v), để gửi các lệnh đến các chi tiết của mỏ dầu, và để nhận dữ liệu từ đó. Ví dụ, trong nỗ lực để kiểm soát giếng sau khi giạt, thiết bị khoan và kiểm soát giếng (ví dụ, bơm) có thể được sử dụng để bơm chất lưu khoan vào trong vành và/hoặc đường khoan có thể được điều chỉnh để làm giảm nhẹ hoặc kiểm soát dòng chảy của khí ở vùng không sâu vào trong lỗ khoan dựa trên lệnh được gửi bởi môđun bề mặt 201. Trong một hoặc nhiều phương án, lệnh được gửi bởi môđun bề mặt 201 đến thiết bị khoan và kiểm soát giếng dựa trên một hoặc nhiều thông số vận hành được tạo ra bởi mô phỏng vết đứt gãy thủy lực được tiến hành bởi hệ thống xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng được mô tả trên đây. Cụ thể, trạng thái của thiết bị khoan và kiểm soát giếng khác nhau, như là tốc độ bơm và tổng thể tích của chất lưu được bơm vào trong

giếng có thể được điều chỉnh bởi các thông số vận hành được tạo ra bằng quy trình mô phỏng, do đó điều chỉnh hoạt động kiểm soát giếng trong mỏ dầu.

Môđun bề mặt 201 có thể được đặt nằm ở mỏ dầu (không được thể hiện trên hình vẽ) và/hoặc các vị trí ở xa. Môđun bề mặt 201 có thể được bố trí với các phương tiện máy tính để nhận, lưu giữ, xử lý, và/hoặc phân tích dữ liệu từ các chi tiết của mỏ dầu. Môđun bề mặt 201 còn có thể được tạo ra với chức năng để khởi động các chi tiết ở mỏ dầu. Môđun bề mặt 201 có thể khi đó gửi các tín hiệu lệnh đến mỏ dầu khi đáp ứng dữ liệu nhận được, ví dụ, để làm giảm nhẹ hoặc kiểm soát dòng chảy của khí ở vùng không sâu vào trong vành.

Hệ thống 200 còn bao gồm môđun dữ liệu vận hành 207. Môđun dữ liệu vận hành 207 tạo ra, nhận, và/hoặc xử lý dữ liệu vận hành liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng. Dữ liệu vận hành có thể được chuyển từ, ví dụ, kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 hoặc có thể thu được trực tiếp từ người vận hành giếng. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, dữ liệu vận hành có thể được đưa vào trong môđun dữ liệu vận hành 207 bởi người sử dụng hoặc có thể được chuyển từ kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 tùy theo yêu cầu từ người sử dụng. Ví dụ, dữ liệu vận hành có thể bao gồm các đặc tính lưu biến học của chất lưu (mật độ chất lưu, độ nhớt chất lưu, điểm thu được chất lưu, v.v), các đặc tính ống chống (kích cỡ ống chống, áp suất nổ và áp suất sụt, độ sâu đoạn ống chống, v.v), và khoảng giá trị được kỳ vọng của tốc độ bơm đối với chất lưu được sử dụng trong hoạt động kiểm soát giếng. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ ước lượng được rằng, thông số vận hành đã được biết đến bất kỳ liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng có thể được tạo ra, nhận được, và/hoặc được xử lý bởi môđun dữ liệu vận hành 207.

Hệ thống 200 còn bao gồm môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205. Theo một hoặc nhiều phương án, môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205 có thể nhận dữ liệu ngầm (ví dụ, thu được từ các thiết bị lấy số liệu địa vật lý (carota) ở giếng, đo/lấy số liệu địa vật lý (carota) trong khi các thiết bị khoan, các kết quả của thử nghiệm giếng, v.v), mà liên quan đến vỉa xung quanh giếng và việc xử lý dữ liệu này để tạo ra mô hình địa cơ học dựa trên dữ liệu ngầm nhận được. Dữ liệu ngầm có thể được chuyển đến môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205 từ, ví dụ, kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 hoặc có thể

thu được trực tiếp từ người vận hành giếng. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, dữ liệu ngầm có thể được đưa vào trong môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205 bởi người sử dụng hoặc có thể được chuyển từ kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 tùy theo yêu cầu từ người sử dụng. Dữ liệu ngầm được sử dụng để tạo ra mô hình địa cơ học có thể bao gồm tầng thạch địa của vỉa, dữ liệu áp suất lỗ rỗng, dữ liệu gradien vết đứt gãy, dữ liệu thử nghiệm rò rỉ, thử nghiệm dữ liệu tạo ra liên khối, kiến tạo vùng, dữ liệu địa cơ học/các cơ chế ứng suất, và các đặc tính chung về đá khác mà có thể hỗ trợ trong phát triển mô hình địa cơ học. Hơn nữa, theo một hoặc nhiều phương án, môđun tạo ra mô hình địa cơ học có thể tính toán các đặc tính của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm và các đặc tính của vỉa tính được này có thể hỗ trợ thêm trong phát triển mô hình địa cơ học. Ví dụ, hướng ứng suất tại chỗ (theo phương ngang hoặc theo phương thẳng đứng), mặt truyền vết đứt gãy, hoặc các đặc điểm ứng suất tại chỗ có thể tính được dựa trên dữ liệu ngầm.

Hệ thống 200 còn bao gồm bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực 203 mà có thể sử dụng dữ liệu vận hành được đề cập trên đây và mô hình địa cơ học từ môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205 và môđun tạo ra dữ liệu vận hành 207 để mô phỏng vết đứt gãy thủy lực tạo ra và truyền thông qua vỉa. Trong một phương án, mô hình thủy lực vết đứt gãy địa cơ học được sử dụng để tính toán bằng máy tính khoảng giá trị của thể tích chất lưu cần thiết để làm cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Trong một phương án, vết đứt gãy thủy lực có thể được mô phỏng có sử dụng hệ thống như là TerraFRAC™ (TerraFRAC là nhãn hiệu của TerraTEK, A Schlumberger Company). Bộ mô phỏng số học vết đứt gãy thủy lực sử dụng tầng thạch địa của vỉa, dữ liệu áp suất lỗ rỗng, dữ liệu gradien vết đứt gãy, dữ liệu thử nghiệm rò rỉ, dữ liệu thử nghiệm tính nguyên vẹn của vỉa, kiến tạo vùng, dữ liệu địa cơ học/các cơ chế ứng suất, và các đặc tính chung về đá khác trong mô hình địa cơ học để tiến hành mô phỏng vết đứt gãy thủy lực. Phụ thuộc vào kết hợp khác nhau của các đặc tính này và các thông số bơm, việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực để mở rộng vết đứt gãy thủy lực (ví dụ, độ cao, độ dài và độ rộng) trong (các) vỉa. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ ước lượng được rằng dạng bất kỳ của việc mô phỏng bằng số vết đứt gãy có thể được sử dụng và, do đó, sáng chế không chỉ giới hạn ở các kỹ thuật, các mô hình, và các phương pháp dùng trong phạm vi gói phần mềm TerraFRAC™. Các bộ mô phỏng

vết đứt gãy thủy lực khác có trên thị trường bao gồm, ví dụ, FracCADE® của Schlumberger (Houston, TX), và MFRAC™ của Meyer and Associates, Inc. (Natrona Heights, PA). Mô hình có thể bao gồm tạo mô hình số, tạo mô hình hai chiều, tạo mô hình ba chiều, và có thể mô phỏng sự tăng trưởng của các vết đứt gãy trong quá trình hoạt động kiểm soát giếng.

Hệ thống 200 còn bao gồm màn hình 209 để hiển thị và giải thích dữ liệu bởi người sử dụng. Do đó, môđun dữ liệu vận hành 207, môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205, và bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực 203, có thể xử lý dữ liệu thành dạng mà cho phép người sử dụng xem qua và tương tác với dữ liệu. Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, màn hình 209 có thể bao gồm giao diện địa người sử dụng (GUI) để tương tác với người sử dụng. GUI có thể bao gồm chức năng để quan trắc lệnh từ người sử dụng và cập nhật dữ liệu một cách tương ứng. Ví dụ, trong một hoặc nhiều phương án của sáng chế, GUI bao gồm chức năng để nhận tập hợp các số tương ứng với dữ liệu vận hành và/hoặc dữ liệu ngầm. Hơn nữa, trong một hoặc nhiều phương án của sáng chế, GUI có thể bao gồm các thành phần giao diện cho người sử dụng, như là nút bấm, hộp tích, thực đơn xổ xuống, v.v. Do đó, người sử dụng với máy tính tối thiểu và/hoặc hiểu biết chuyên ngành liên quan đến các chi tiết mô phỏng vết đứt gãy thủy lực có thể phân tích các kết quả được thể hiện bởi hệ thống xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế. Hơn nữa, màn hình 209 có thể là màn hình (ví dụ, màn hình ống tia điện tử CRT - Cathode Ray Tube, màn hình tinh thể lỏng, màn hình cảm ứng, v.v) hoặc đối tượng bất kỳ khác mà có khả năng hiển thị dữ liệu.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu rõ rằng, các thành phần được đề cập trên đây là các thành phần logic, tức là, các nhóm logic của phần mềm và/hoặc phần cứng và các phương tiện mà thực hiện chức năng được đề cập trên đây. Hơn nữa, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật có thể biết rõ rằng, các phần mềm riêng biệt và/hoặc các phương tiện phần cứng trong phạm vi các thành phần riêng biệt không nhất thiết được nối với nhau. Ngoài ra, trong khi tương tác giữa các thành phần khác nhau được thể hiện trên Fig.2 tương ứng với việc chuyển thông tin từ một thành phần sang thành phần khác, không có yêu cầu rằng các thành phần riêng được nối theo cách vật lý với nhau. Tốt hơn là, dữ liệu có thể được chuyển

từ một thành phần sang thành phần khác nhờ có người sử dụng, ví dụ, thu dữ liệu in ra của dữ liệu được tạo ra bởi một thành phần và đưa thông tin thích đáng vào trong thành phần khác nhờ giao diện được kết hợp với thành phần đó. Hơn nữa, không tồn tại giới hạn liên quan đến sự ở gần về vật lý của các thành phần được đề cập trong phạm vi hệ thống.

Fig.3 thể hiện biểu đồ tiến trình theo một phương án của sáng chế. Cụ thể hơn, Fig.3 thể hiện phương pháp để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng. Ở bước 301, dữ liệu ngầm thu được. Như được mô tả trên đây, dữ liệu ngầm có thể thu được nhờ việc chuyển dữ liệu từ kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 hoặc có thể thu được trực tiếp từ người vận hành/người hoạch định khẩn cấp cho giếng. Dữ liệu thu được trực tiếp từ người vận hành/người hoạch định khẩn cấp cho giếng có thể được đưa ra trực tiếp bởi người sử dụng hoặc được chuyển từ vị trí bảo quản xa theo phương pháp chuyển dữ liệu bất kỳ đã biết trong lĩnh vực. Như đã được ghi nhận trên đây, dữ liệu ngầm có thể bao gồm tầng thạch địa của vỉa, dữ liệu áp suất lỗ rỗng không sâu, dữ liệu gradien vết đứt gãy, dữ liệu thử nghiệm rò rỉ, dữ liệu thử nghiệm tính nguyên vẹn của vỉa, dữ liệu địa cơ học trong vùng/các cơ chế ứng suất, và các đặc tính chung về đá khác mà có thể hỗ trợ trong phát triển mô hình địa cơ học.

Ở bước 303, dữ liệu ngầm được sử dụng để dựng lên mô hình địa cơ học của vỉa xung quanh lỗ khoan. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, mô hình địa cơ học là mô hình số được thể hiện bởi dữ liệu mà có thể được lưu trữ trong kho dữ liệu vận hành/ngầm 211, môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205, hoặc có thể được lưu trữ ở xa theo các phương pháp bảo quản dữ liệu đã biết trong lĩnh vực. Mô hình địa cơ học tự nó có thể được tạo ra bởi môđun tạo ra mô hình địa cơ học 205 dựa trên dữ liệu ngầm. Các ví dụ về mô hình địa cơ học được dùng theo phương án được mô tả ở đây được thể hiện chi tiết hơn trên các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.13.

Ở bước 305, dữ liệu vận hành thu được. Dữ liệu vận hành có thể thu được thông qua việc chuyển dữ liệu từ, ví dụ, kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 hoặc có thể thu được trực tiếp từ người vận hành/người hoạch định khẩn cấp cho giếng. Dữ liệu thu được trực tiếp từ người vận hành/người hoạch định khẩn cấp cho giếng có thể được đưa ra trực tiếp bởi người sử dụng hoặc được chuyển từ vị trí bảo quản xa theo phương

pháp chuyển dữ liệu bất kỳ đã biết trong lĩnh vực. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, dữ liệu vận hành có thể được đưa vào trong mô đun dữ liệu vận hành 207 bởi người sử dụng hoặc có thể được chuyển từ kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 tùy theo yêu cầu từ người sử dụng. Như đã được ghi nhận trên đây, dữ liệu vận hành liên quan đến các chi tiết của giếng khoan hoặc hoạt động kiểm soát và có thể bao gồm các đặc tính của bùn (ví dụ, tạo ra bùn, tỷ trọng bùn), các đặc tính ống chống (ví dụ, kích cỡ ống chống và độ sâu đoạn), và khoảng giá trị được kỳ vọng của tốc độ bơm đối với bùn được sử dụng trong hoạt động kiểm soát giếng. Các ví dụ về dữ liệu vận hành được sử dụng theo các phương án được mô tả ở đây được trình bày chi tiết hơn dưới đây với việc tham khảo đến các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.13.

Ở bước 307, mô hình địa cơ học và các thông số vận hành được đưa vào trong bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực và việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực được thực hiện. Mô phỏng vết đứt gãy thủy lực này dẫn đến vết đứt gãy thủy lực được mô phỏng, như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.13 được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Trong một phương án, vết đứt gãy thủy lực có thể được mô phỏng ở dạng số hóa có sử dụng cơ sở phần mềm TerraFRAC™ (TerraFRAC là nhãn hiệu hàng hoá của TerraTEK, A Schlumberger Company).

Ở bước 309, vết đứt gãy được mô phỏng được nghiên cứu kỹ để xác định nếu vết đứt gãy có đạt tới bề mặt hoặc đáy biển hay không. Nếu vết đứt gãy không đạt tới đáy biển, phương pháp quay trở lại bước 305 nơi mà dữ liệu vận hành mới thu được. Ví dụ, dữ liệu vận hành mới có thể bao gồm thể tích mới của chất lưu và/hoặc tốc độ bơm mới để được bơm vào trong giếng và cùng tốc độ được sử dụng để lặp lại trước đó. Theo cách khác, nếu xác định được ở bước 309 là, vết đứt gãy chọc thủng vào bề mặt hoặc đáy biển, phương pháp xử lý đến bước 311 nơi mà các thông số vận hành được đưa ra. Ví dụ, tốc độ dòng chảy và tổng thể tích được bơm vào trong giếng có thể được đưa ra thêm vào dữ liệu liên quan đến kích cỡ và hình dạng vật lý của vết đứt gãy.

Ở bước 313, nếu xác định được là cần tạo mô phỏng khác, phương pháp quay trở lại bước 301. Ở bước 301, dữ liệu ngầm mới thu được và phương pháp diễn ra như trước đó. Bằng cách thay đổi dữ liệu ngầm đối với từng lần lặp lại của phương pháp,

phương pháp có thể được sử dụng để tạo ra khoảng giá trị được ước lượng đối với các thông số vận hành mà dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Khoảng giá trị của dữ liệu ngầm có thể phản ánh không chắc chắn dựa trên thiếu hiểu biết liên quan đến vỉa ngầm thực tế được mô phỏng.

Ở bước 315, thể tích kiểm soát được xác định. Như được sử dụng ở đây, thể tích kiểm soát là thông số vận hành mà thể hiện thể tích của chất lưu để được bơm vào trong giếng trong quá trình hoạt động kiểm soát giếng (ví dụ, vận hành dập tắt giếng tuần hoàn hoặc tĩnh) mà dẫn đến rủi ro thấp là việc bơm chất lưu sẽ dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Do đó, thể tích kiểm soát có thể được tính là tổng thể tích mà nằm dưới khoảng giá trị được ước lượng của thể tích mà dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, thể tích kiểm soát có thể được xác định bằng cách dùng hệ số an toàn kết hợp với khoảng giá trị được ước lượng của thể tích chất lưu mà dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Do đó, theo các phương án được mô tả ở đây, thể tích kiểm soát có thể được xác định lần lượt bằng cách nhân hoặc chia thể tích trong phạm vi khoảng được xác định bởi hệ số an toàn nhỏ hơn hoặc lớn hơn 1.

Fig.4 thể hiện biểu đồ tiến trình theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế. Cụ thể hơn, Fig.4 thể hiện chi tiết hơn liên quan đến bước 305 của Fig.3 để thu dữ liệu vận hành nhằm sử dụng sau đó trong phương pháp để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng. Ở bước 401, dữ liệu vận hành liên quan đến vận hành kiểm soát hoặc dập tắt giếng thu được. bước 401 có thể chia nhỏ hơn nữa thành các bước từ 401a đến 401d trong đó, ở bước 401a, dạng kiểm soát giếng (ví dụ, vận hành dập tắt giếng tuần hoàn hoặc tĩnh) được chọn, ở bước 401b, các đặc tính lưu biến học của bùn (ví dụ tỷ trọng bùn, độ nhớt bùn, điểm đưa ra bùn v.v) được chọn, ở bước 401c, khoảng giá trị được kỳ vọng của tốc độ bơm bùn thu được, và ở bước 401d, dữ liệu ống chống giếng (ví dụ, độ sâu đoạn ống chống, độ dày, áp suất nổ và áp suất sụt, v.v) thu được. Ở bước 403, tập hợp biến số vận hành mô phỏng được bắt đầu dựa trên các thông số vận hành thu được. Ở các bước 405 và 407, mô phỏng vết đứt gãy thủy lực được bắt đầu dựa trên việc cài đặt được tạo ra của biến số vận hành mô phỏng bao gồm tốc độ bơm và thể tích bơm.

Fig.5 thể hiện biểu đồ tiến trình theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế. Cụ thể hơn, Fig.5 thể hiện chi tiết hơn liên quan đến các bước từ 301 đến 303 của Fig.3 để thu dữ liệu ngầm liên quan đến vỉa xung quanh giếng để sử dụng sau đó trong phương pháp để xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng. Ở bước 501, dữ liệu ngầm thu được. bước 501 có thể chia nhỏ hơn nữa thành các bước từ 501a đến 501d trong đó, ở bước 501a, tầng thạch địa của vỉa thu được, ở bước 501b, áp suất lỗ rỗng không sâu và/hoặc dữ liệu gradien vết đứt gãy thu được, ở bước 501c, dữ liệu từ các thử nghiệm rò rỉ và/hoặc các thử nghiệm tính nguyên vẹn của vỉa thu được, ở bước 501d, dữ liệu các cơ chế địa cơ học /ứng suất vùng thu được, và ở bước 501e, dữ liệu đặc tính đá thu được. Các ví dụ về các dạng khác nhau của dữ liệu ngầm được thể hiện trên các hình vẽ Fig.7A, 8A, 9A, 10A, 11A, 12A, và 13A.

Ở bước 503, các đặc tính của vỉa bổ sung có thể tính được dựa trên dữ liệu ngầm. Ví dụ, các đặc tính ứng suất tại chỗ theo phương thẳng đứng và ngang có thể tính được dựa trên dữ liệu ngầm. Do người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật trong lĩnh vực sẽ ước lượng rằng, ứng suất tại chỗ theo phương thẳng đứng hoặc quá tải có thể tính được bằng cách nhân độ sâu của vỉa và mật độ đá của vỉa, và bổ sung tải trên tất cả các vỉa trên lớp vỉa đặc hiệu. Nói cách khác, ứng suất tại chỗ theo phương thẳng đứng hoặc quá tải là tải tổng từ tác động trên đây trên vỉa cơ bản đặc hiệu. Ứng suất ngang tối thiểu và tối đa có thể tính được có sử dụng hệ số Poisson, áp suất lỗ rỗng, ứng suất theo phương thẳng đứng và hằng số Biot. Môđun Young và chùng kiến tạo tối đa và tối thiểu còn có thể được sử dụng để tính toán ứng suất theo phương ngang nếu vỉa được đặt nằm ở trong vùng hoạt động kiến tạo.

Ở bước 505, hướng truyền vết đứt gãy được xác định làm kết quả khảo sát vỉa ngầm và cơ chế ứng suất (ví dụ, vết đứt gãy theo phương thẳng đứng hoặc vết đứt gãy nằm ngang). Ở bước 507, mô hình địa cơ học được xác định dựa trên dữ liệu ngầm đã có, các đặc tính của vỉa bổ sung, và hướng truyền. Ở bước 509, mô phỏng vết đứt gãy thủy lực được bắt đầu dựa trên mô hình địa cơ học.

Fig.6 thể hiện biểu đồ tiến trình theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế. Cụ thể hơn, Fig.6 thể hiện phương pháp để xác định thể tích của bùn cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển trong quá trình vận hành đập tắt giếng theo

một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây. Trong các bước 601a và 601b, dữ liệu vận hành và ngầm thu được, tương ứng. Dữ liệu vận hành và ngầm có thể được chuyển từ, ví dụ, kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 hoặc có thể thu được trực tiếp từ người vận hành giếng. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, dữ liệu vận hành và ngầm có thể được đưa vào trong môđun dữ liệu vận hành 207 bởi người sử dụng hoặc có thể được chuyển từ kho dữ liệu vận hành/ngầm 211 tùy theo yêu cầu từ người sử dụng.

Theo một hoặc nhiều phương án, dữ liệu vận hành có thể bao gồm dạng đập tắt giếng (ví dụ, tuần hoàn hoặc không tuần hoàn), các đặc tính của bùn, độ sâu ống chống, và khoảng giá trị tốc độ bơm bùn được kỳ vọng. Theo một hoặc nhiều phương án, dữ liệu ngầm có thể bao gồm tầng thạch địa, áp suất lỗ rỗng không sâu, dữ liệu gradien vết đứt gãy, thử nghiệm rò rỉ (LOT) và dữ liệu thử nghiệm tính nguyên vẹn của vỉa (FIT), dữ liệu địa cơ học trong vùng (ví dụ, cơ chế ứng suất, và các đặc tính về đá). Các ví dụ về dữ liệu ngầm và vận hành được mô tả chi tiết hơn dưới đây với việc tham khảo đến các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.14.

Ở bước 603, biến số vận hành được xác định dựa trên dữ liệu vận hành. Ví dụ, độ sâu của việc bơm được xác định làm độ sâu của đế cột ống chống sâu nhất, khoảng giá trị tốc độ bơm chất lưu được xác định, ví dụ, 100% đến 10% của khoảng giá trị tốc độ bơm được kỳ vọng, và các đặc tính bơm chất lưu được xác định.

Ở bước 605, ứng suất tối thiểu tại chỗ (theo phương ngang hoặc theo phương thẳng đứng) và/hoặc đặc tính ứng suất tối thiểu tại chỗ được nhận diện dựa trên dữ liệu ngầm. Ở bước 607, một hoặc nhiều mô hình địa cơ học được dựng lên. Ở bước 609, hướng truyền của vết đứt gãy được nhận diện (ví dụ, theo phương thẳng đứng hoặc theo phương ngang). Ở bước 611, phần mềm mô phỏng được bắt đầu. Phần mềm mô phỏng có thể dùng phương pháp mô phỏng bất kỳ đã biết trong lĩnh vực, ví dụ, phương pháp mô phỏng thành phần hữu hạn 3D trong mặt phẳng, như là loại mà dùng bởi cơ sở phần mềm TerraFRAC™. Ở bước 613, việc truyền vết đứt gãy được mô phỏng dựa trên dữ liệu vận hành và mô hình địa cơ học. Ở bước 615, mẫu tăng trưởng vết đứt gãy được phân tích, ví dụ, để xác định nếu vết đứt gãy có chọc thủng đáy biển hoặc bề mặt

hay không. Ở bước 617, khoảng giá trị thể tích của bùn cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển được xác định.

Ở bước 619, thể tích đập tắt có thể được xác định. Như được sử dụng ở đây, thể tích đập tắt là thông số vận hành thể hiện thể tích của bùn để được bơm vào trong giếng để đập tắt giếng một cách an toàn, tức là, không tạo ra vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển. Thể tích đập tắt có thể được tính là tổng thể tích của bùn mà nằm trong khoảng giá trị được ước lượng của thể tích mà dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, thể tích đập tắt có thể được xác định bằng cách dùng hệ số an toàn kết hợp với thể tích tính được của bùn cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển. Do đó, theo các phương án được mô tả ở đây, thể tích đập tắt có thể được xác định bằng cách nhân hoặc chia thể tích của bùn cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển với hệ số an toàn nhỏ hơn hoặc lớn hơn 1, tương ứng.

Các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.14 thể hiện các kết quả của việc tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây. Cụ thể hơn, các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.14 thể hiện tổng quan về các kết quả để tạo mô hình và phân tích cho 6 trường hợp làm ví dụ khác nhau có các mô hình địa cơ học khác nhau và/hoặc các thông số vận hành khác nhau. Các kết quả được tổng kết trên các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.14 là kết quả của việc tiến hành mô phỏng vết đứt gãy thủy lực ở các điều kiện vận hành mà được xác định là dẫn đến chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển của vết đứt gãy thủy lực. Từng trường hợp được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Từng trường hợp được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.14 là để cho vết đứt gãy thủy lực được bắt đầu ở đế cột ống chống của giếng. Mục đích của các mô phỏng này là để xác định thể tích bơm bùn mà sẽ dẫn đến vết đứt gãy thủy lực chọc thủng vào đáy biển. Các mô phỏng diễn ra có sử dụng M-I SWACO WI Toolbox mà tích hợp đầy đủ phần mềm mô phỏng vết đứt gãy thủy lực 3D TerraFRAC™. Hơn nữa, đối với tất cả các mô phỏng, ống chống 50,80cm (20in) theo phương thẳng đứng được đặt ở độ sâu thực theo phương thẳng đứng 683m nằm dưới bàn quay (TVDBRT). Lỗ đi trệch 44,45cm (17½insø) được khoan từ điểm bắt đầu (KOP) 20m nằm dưới đế cột và 1350m dưới TVDBRT. Hơn nữa, khoảng cách giữa 683m và 1359m là lỗ mở. Mô phỏng này dùng hoạt động kiểm soát giếng tĩnh và,

do đó, các van là đóng (không tuần hoàn và quay trở lại) và 1,46 bùn SG được bơm vào trong hệ thống đóng. Kết quả của việc tăng áp suất, vết đứt gãy xuất hiện và bùn chảy thông qua vết đứt gãy vào trong vỉa.

Các thông số vận hành được sử dụng trong ví dụ mô phỏng để đặc trưng cho bùn bao gồm tốc độ bơm, trọng lượng bùn (MW), độ nhớt dẻo của bùn (PV), điểm đưa ra (YP), các hệ mô hình số theo định luật năng lượng n và K , và độ nhớt. Ví dụ về các giá trị được sử dụng cho các thông số ngầm và các thông số vận hành được thể hiện trên các hình vẽ Fig.7A và Fig.7B, tương ứng. Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, dữ liệu địa kỹ thuật đưa ra, các thông số chất lưu được bơm và tốc độ bơm được cung cấp bởi khách hàng. Ngoài ra, khách hàng có thể cung cấp dữ liệu áp suất lỗ rỗng/gradient vết đứt gãy (PPFG). Có sử dụng dữ liệu này, ứng suất được tính cho từng lớp có thể được sử dụng làm đầu vào ứng suất theo phương ngang tối thiểu σ_{Hmin} . Áp suất lỗ rỗng có thể cũng được cài đặt có sử dụng dữ liệu PPFG.

Đối với các kết quả mô phỏng được thể hiện dưới đây trên các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.14, mô hình địa cơ học bao gồm 4 lớp theo tầng thạch địa: Vĩa I từ 173m TVDRT đến 366m TVDRT, Vĩa II từ 366m TVDRT đến 472m TVDRT, Vĩa III từ 472m đến 683m TVDRT và Vĩa IV từ 683m TVDRT đến 1350m TVDRT.

Các mô phỏng vết đứt gãy được tiến hành cho đến khi vết đứt gãy tiếp cận đáy biển. Việc tiến hành tiếp các mô phỏng được dừng để kiểm soát chất lượng bởi vì ở độ sâu rất nông, các tính toán có thể trở nên không ổn định. Độ rộng vết đứt gãy tăng về phía đáy biển chỉ ra tình trạng vết đứt gãy chọc thủng.

Fig.8A tổng kết mô hình địa cơ học đưa vào được sử dụng để tạo mô hình và phân tích trường hợp 1. Các thông số bùn là đồng dạng với các thông số bùn được thể hiện trên Fig.7B. Tốc độ bơm bùn được đặt ở 42 bpm. Mô hình địa cơ học bao gồm các lớp từ 1 đến 4. Fig.8A tổng kết, các vị trí đỉnh và đáy của từng lớp, dạng vỉa của từng lớp, thạch học của từng lớp, gradient áp suất lỗ rỗng của từng lớp, áp suất lỗ rỗng của từng lớp, gradient vết đứt gãy của từng lớp, ứng suất theo phương ngang tối thiểu của từng lớp, môđun Young của từng lớp, độ dai vết đứt gãy của từng lớp, hệ số Poisson của từng lớp, và rò rỉ của từng lớp. Như được thể hiện trên Fig.8A, các vị trí của đỉnh và đáy của từng lớp được đưa ra trong cả hai TVDBRT và độ sâu thực theo

phương thẳng đứng nằm dưới đường bùn (TVDBML). Fig.8B thể hiện đồ thị đường bao quanh vết đứt gãy theo một hoặc nhiều phương án. Đối với các thông số được chọn trong mô phỏng này, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển xuất hiện ở thời gian là 151,60 phút và tổng thể tích bùn là 6367 bbl. Kích thước tối đa vết đứt gãy là như sau: một nửa độ dài: 234,2m, tăng độ cao lên trên: 438,0m, và tăng độ cao xuống dưới: 123,2m. Đường bao quanh vết đứt gãy ở các thể tích được bơm khác nhau được thể hiện trên Fig.8C.

Fig.9B tổng kết mô hình địa cơ học đưa vào được sử dụng để tạo mô hình và phân tích trường hợp 2. Các thông số bùn là đồng dạng với các thông số bùn được thể hiện trên Fig.7B. Tốc độ bơm bùn được đặt ở 42 bpm. Mô hình địa cơ học bao gồm các lớp từ 1 đến 4. Fig.9A tổng kết, các vị trí đỉnh và đáy của từng lớp, dạng vĩa của từng lớp, thạch học của từng lớp, gradient áp suất lỗ rỗng của từng lớp, áp suất lỗ rỗng của từng lớp, gradient vết đứt gãy của từng lớp, ứng suất theo phương ngang tối thiểu của từng lớp, mô đun Young của từng lớp, độ dai vết đứt gãy của từng lớp, hệ số Poisson của từng lớp, và rò rỉ của từng lớp. Như được thể hiện trên Fig.9A, các vị trí của đỉnh và đáy của từng lớp được đưa ra trong cả hai TVDBRT và độ sâu thực theo phương thẳng đứng nằm dưới đường bùn (TVDBML). Fig.9B thể hiện đồ thị đường bao quanh vết đứt gãy theo một hoặc nhiều phương án. Đối với các thông số được chọn trong mô phỏng này, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển xuất hiện ở thời gian là 139,5 phút và tổng thể tích bùn là 5859 bbl. Kích thước tối đa vết đứt gãy là như sau: một nửa độ dài: 238,0m; tăng độ cao lên trên: 438,0m; tăng độ cao xuống dưới: 96,7m. Đường bao quanh vết đứt gãy ở các thể tích được bơm khác nhau được thể hiện trên Fig.9C.

Fig.10A tổng kết mô hình địa cơ học đưa vào được sử dụng để tạo mô hình và phân tích trường hợp 3. Các thông số bùn là đồng dạng với các thông số bùn được thể hiện trên Fig.7B. Tốc độ bơm bùn được đặt ở 42 bpm. Mô hình địa cơ học bao gồm các lớp từ 1 đến 4. Fig.10A tổng kết, các vị trí đỉnh và đáy của từng lớp, dạng vĩa của từng lớp, thạch học của từng lớp, gradient áp suất lỗ rỗng của từng lớp, áp suất lỗ rỗng của từng lớp, gradient vết đứt gãy của từng lớp, ứng suất theo phương ngang tối thiểu của từng lớp, mô đun Young của từng lớp, độ dai vết đứt gãy của từng lớp, hệ số Poisson của từng lớp, và rò rỉ của từng lớp. Như được thể hiện trên Fig.10A, các vị trí

của đỉnh và đáy của từng lớp được đưa ra trong cả hai TVDBRT và độ sâu thực theo phương thẳng đứng nằm dưới đường bùn (TVDBML). Fig.10B thể hiện đồ thị đường bao quanh vết đứt gãy theo một hoặc nhiều phương án. Đối với các thông số được chọn trong mô phỏng này, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển xuất hiện ở thời gian là 71,43 phút và tổng thể tích bùn là 3001 bbl. Kích thước tối đa vết đứt gãy là như sau: một nửa độ dài: 144,9m, tăng độ cao lên trên: 451,4m, và tăng độ cao xuống dưới: 90,0m. Đường bao quanh vết đứt gãy ở các thể tích được bơm khác nhau được thể hiện trên Fig.10C.

Fig.11A tổng kết mô hình địa cơ học đưa vào được sử dụng để tạo mô hình và phân tích trường hợp 4. Các thông số bùn là đồng dạng với các thông số bùn được thể hiện trên Fig.7B. Tốc độ bơm bùn được đặt ở 42 bpm. Mô hình địa cơ học bao gồm các lớp từ 1 đến 4. Fig.11A tổng kết, các vị trí đỉnh và đáy của từng lớp, dạng vĩa của từng lớp, thạch học của từng lớp, gradien áp suất lỗ rỗng của từng lớp, áp suất lỗ rỗng của từng lớp, gradien vết đứt gãy của từng lớp, ứng suất theo phương ngang tối thiểu của từng lớp, môđun Young của từng lớp, độ dai vết đứt gãy của từng lớp, hệ số Poisson của từng lớp, và rò rỉ của từng lớp. Như được thể hiện trên Fig.11A, các vị trí của đỉnh và đáy của từng lớp được đưa ra trong cả hai TVDBRT và độ sâu thực theo phương thẳng đứng nằm dưới đường bùn (TVDBML). Fig.11B thể hiện đồ thị đường bao quanh vết đứt gãy theo một hoặc nhiều phương án. Đối với các thông số được chọn trong mô phỏng này, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển xuất hiện ở thời gian là 83,34 phút và tổng thể tích bùn là 3501 bbl. Kích thước tối đa vết đứt gãy là như sau: một nửa độ dài: 136,8m, tăng độ cao lên trên: 438,9m, và tăng độ cao xuống dưới: 55,0m. Đường bao quanh vết đứt gãy ở các thể tích được bơm khác nhau được thể hiện trên Fig.11C.

Fig.12B tổng kết mô hình địa cơ học đưa vào được sử dụng để tạo mô hình và phân tích trường hợp 5. Các thông số bùn là đồng dạng với các thông số bùn được thể hiện trên Fig.7B. Tốc độ bơm bùn được đặt ở 42 bpm. Mô hình địa cơ học bao gồm các lớp từ 1 đến 4. Fig.12A tổng kết, các vị trí đỉnh và đáy của từng lớp, dạng vĩa của từng lớp, thạch học của từng lớp, gradien áp suất lỗ rỗng của từng lớp, áp suất lỗ rỗng của từng lớp, gradien vết đứt gãy của từng lớp, ứng suất theo phương ngang tối thiểu của từng lớp, môđun Young của từng lớp, độ dai vết đứt gãy của từng lớp, hệ số

Poisson của từng lớp, và rò rỉ của từng lớp. Như được thể hiện trên Fig.12A, các vị trí của đỉnh và đáy của từng lớp được đưa ra trong cả hai TVDBRT và độ sâu thực theo phương thẳng đứng nằm dưới đường bùn (TVDBML). Fig.12B thể hiện đồ thị đường bao quanh vết đứt gãy theo một hoặc nhiều phương án. Đối với các thông số được chọn trong mô phỏng này, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển xuất hiện ở thời gian là 76,19 phút và tổng thể tích bùn là 3201 bbl. Kích thước tối đa vết đứt gãy là như sau: một nửa độ dài: 146,1m, tăng độ cao lên trên: 434,4m, và tăng độ cao xuống dưới: 123,9m. Đường bao quanh vết đứt gãy ở các thể tích được bơm khác nhau được thể hiện trên Fig.12C.

Fig.13A tổng kết mô hình địa cơ học đưa vào được sử dụng để tạo mô hình và phân tích trường hợp 3 có sử dụng tốc độ bơm là 17 bpm. Các thông số bùn là đồng dạng với các thông số bùn được thể hiện trên Fig.7B. Mô hình địa cơ học bao gồm các lớp từ 1 đến 4. Fig.13A tổng kết, các vị trí đỉnh và đáy của từng lớp, dạng vĩa của từng lớp, thạch học của từng lớp, gradien áp suất lỗ rỗng của từng lớp, áp suất lỗ rỗng của từng lớp, gradien vết đứt gãy của từng lớp, ứng suất theo phương ngang tối thiểu của từng lớp, môđun Young của từng lớp, độ dai vết đứt gãy của từng lớp, hệ số Poisson của từng lớp, và rò rỉ của từng lớp. Như được thể hiện trên Fig.13A, các vị trí của đỉnh và đáy của từng lớp được đưa ra trong cả hai TVDBRT và độ sâu thực theo phương thẳng đứng nằm dưới đường bùn (TVDBML). Fig.13B thể hiện đồ thị đường bao quanh vết đứt gãy theo một hoặc nhiều phương án. Đối với các thông số được chọn trong mô phỏng này, vết đứt gãy chọc thủng bề mặt/đáy biển xuất hiện ở thời gian là 294,1 phút và tổng thể tích bùn là 5001 bbl. Kích thước tối đa vết đứt gãy là như sau: một nửa độ dài: 225,8m, tăng độ cao lên trên: 482,5m, và tăng độ cao xuống dưới: 117,6m. Đường bao quanh vết đứt gãy ở các thể tích được bơm khác nhau được thể hiện trên Fig.13C.

Fig.14 thể hiện tổng quan về thể tích chất lưu được bơm theo tính toán cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển cho các trường hợp từ 1 đến 6. Fig.14 còn thể hiện dữ liệu ngầm mà được chọn và biến thiên đối với từng trường hợp trong số các trường hợp làm ví dụ từ 1 đến 6. Trường hợp 6 là đồng dạng với trường hợp 3 với tất cả các khía cạnh ngoại trừ là tốc độ bơm bùn, mà được đặt ở 17 bpm. Theo một hoặc nhiều phương án, khoảng giá trị thể tích chất lưu được bơm mà dẫn

đến vết đứt gãy chọc thủng đáy biển có thể được xác định bằng cách xác định khoảng giá trị thể tích chất lưu được bơm cần thiết cho vết đứt gãy chọc thủng đáy biển được tạo ra bằng cách mô phỏng. Do đó, đối với giếng và vỉa được mô phỏng trên đây, khoảng giá trị của thể tích mà dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng đáy biển là từ 3000 đến 6400 bbl. Do đó, trong quá trình hoạt động kiểm soát giếng mà bơm bùn vào trong giếng ở 42 bpm, việc mô phỏng dự đoán rằng vết đứt gãy chọc thủng đáy biển có thể xuất hiện đối với tổng thể tích được bơm nằm trong khoảng từ 3000 đến 6400 bbl. Do đó, giếng có thể được kiểm soát một cách an toàn với rủi ro vết đứt gãy thủy lực lan tới bề mặt hoặc đáy biển là thấp bằng cách giữ thể tích bùn được bơm nằm dưới khoảng giá trị của thể tích bùn được dự đoán bởi hệ thống xác định các thông số vận hành cho các hoạt động kiểm soát giếng theo một hoặc nhiều phương án. Trong một số phương án, hệ số an toàn có thể được áp dụng nhằm đưa ra thể tích tối đa được sử dụng để kiểm soát giếng.

Phương pháp và hệ thống để tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt có thể được thực hiện trên hầu như dạng bất kỳ của máy tính bất kể là bộ thiết bị nào được sử dụng. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.15, hệ thống máy tính làm việc theo mạng (1500) bao gồm bộ xử lý (1502), bộ nhớ kết hợp (1504), thiết bị bảo quản (1506), và nhiều thành phần và chức năng khác mà là điển hình ở máy tính hiện nay. Máy tính làm việc theo mạng (1500) còn có thể bao gồm các phương tiện đầu vào, như là bàn phím (1508) và chuột (1510), và các phương tiện đầu ra, như là màn hình (1512). Hệ thống máy tính làm việc theo mạng (1500) được nối vào mạng cục bộ (LAN) hoặc mạng khu vực diện rộng (ví dụ, Internet) nhờ nối mạng giao diện (không được thể hiện trên hình vẽ). Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật biết rõ rằng các phương tiện đầu ra này và các phương tiện đầu vào có thể có các dạng khác. Hơn nữa, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật biết rõ rằng một hoặc nhiều thành phần thuộc máy tính được đề cập trên đây (1500) có thể được đặt nằm ở vị trí xa và được kết nối vào các thành phần khác qua mạng hoặc vệ tinh.

Vật ghi đọc được bởi máy tính có thể bao gồm các lệnh phần mềm mà khi được thực hiện bởi bộ xử lý, tiến hành phương pháp bao gồm việc giao tiếp với ít nhất một thiết bị mở đầu bao gồm việc gửi lệnh và nhận dữ liệu ngầm của vỉa, xử lý dữ liệu vận

hành liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng, tạo ra mô hình địa cơ học dựa trên dữ liệu ngầm nhận được, mô phỏng việc tạo ra vết đứt gãy thủy lực và sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực qua vỉa dựa trên dữ liệu vận hành và mô hình địa cơ học, và xác định nếu vết đứt gãy thủy lực có lan bề mặt trên của vỉa. Ví dụ, lệnh có thể được gửi đến thiết bị kiểm soát giếng để bơm chất lưu khoan vào vành giếng và/hoặc đến thiết bị khoan để điều chỉnh vận hành phun khoan. Phương pháp này còn có thể bao gồm việc đưa ra thể tích được ước lượng của chất lưu được bơm vào trong giếng khi vết đứt gãy thủy lực được xác định là lan tới bề mặt trên của vỉa. Phương pháp này còn có thể bao gồm hiển thị nhìn thấy được vết đứt gãy thủy lực được mô phỏng. Phương pháp này còn có thể bao gồm việc xử lý dữ liệu vận hành mới khi vết đứt gãy thủy lực không lan tới bề mặt trên của vỉa.

Hoạt động kiểm soát giếng có thể bao gồm ít nhất một trong hoạt động kiểm soát giếng kiểu chất lưu tuần hoàn và hoạt động kiểm soát giếng kiểu tĩnh. Việc xử lý dữ liệu vận hành liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng có thể bao gồm việc xác định tập hợp các thông số mô phỏng dựa trên ít nhất một dạng trong số các dạng kiểm soát giếng, dữ liệu chất lưu, và dữ liệu ống chống giếng. Việc tạo ra mô hình địa cơ học có thể bao gồm việc xác định các đặc tính của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm. Các đặc tính của vỉa này có thể bao gồm một hoặc nhiều dữ liệu ứng suất tại chỗ của vỉa và các đặc điểm ứng suất tại chỗ tối thiểu của vỉa. Độ cao, độ rộng, và độ dài của vết đứt gãy thủy lực cũng có thể được xác định và hướng truyền vết đứt gãy được nhận diện.

Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, các phương pháp và các thiết bị để tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt có thể đảm bảo ngăn chặn vết đứt gãy thủy lực cho người lập kế hoạch khẩn cho giếng, là người lập kế hoạch vận hành dập tắt giếng trước khi bắt đầu khoan trong khu vực vỉa phức tạp được biểu hiện bởi vỉa yếu và không vững chắc và khu vực có mức độ rủi ro gặp phải khí ở vùng không sâu có thể là đặc biệt cao.

Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, các phương pháp và các thiết bị để tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt để xác định khoảng giá trị của thể tích bùn mà có thể được bơm một cách an toàn vào trong giếng ở tốc độ nhất định trước khi vết đứt gãy thủy lực lan tới

bề mặt hoặc đáy biển. Do đó, các phương pháp và các thiết bị làm cho phương pháp tin cậy đảm bảo ngăn chặn vết đứt gãy thủy lực nhờ tạo mô hình số của sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực không sâu từ đế cột ống chống bề mặt.

Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả ở đây, các phương pháp và các thiết bị để tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt cung cấp cho khách hàng với sự đảm bảo ngăn chặn trên khoảng giá trị thể tích của bùn mà có thể được bơm một cách an toàn vào trong giếng ở tốc độ đưa ra khi dập tắt giếng là cần thiết. Việc thực hiện tạo mô hình và phân tích sự lan truyền vết đứt gãy thủy lực từ đế cột ống chống bề mặt theo phương án được mô tả ở đây làm tăng an toàn sự đảm bảo của hoạt động kiểm soát giếng (ví dụ, vận hành dập tắt giếng tĩnh hoặc tuần hoàn) và bổ sung dữ liệu được đưa vào trong khí ở vùng không sâu hoạch định khẩn việc xử lý.

Mặc dù chỉ một vài phương án làm ví dụ được mô tả chi tiết trên đây, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ biết rõ rằng các phương án biến đổi là có thể thực hiện dựa trên phương án làm ví dụ mà không nằm ngoài phạm vi về mặt vật chất của phương án được mô tả. Do đó, tất cả các biến đổi này được coi là đều nằm trong phạm vi của sáng chế này. Trong các điểm yêu cầu bảo hộ, các mệnh đề phương tiện đi cùng với chức năng được dùng để bao hàm các cấu trúc được mô tả ở đây khi thực hiện chức năng đã nêu và không chỉ tương đương về mặt cấu trúc, mà bao hàm cả các cấu trúc tương đương. Do đó, mặc dù đỉnh và đỉnh vít có thể không tương đương về mặt cấu trúc trong đó đỉnh dùng bề mặt trục để chốt chặt các phần gỗ với nhau, trong khi đỉnh vít dùng bề mặt xoắn ốc, trong lĩnh vực các phần gỗ được chốt chặt, đỉnh và đỉnh vít có thể là các cấu trúc tương đương. Mong muốn của người nộp đơn là không viện dẫn đến điều 35 U.S.C. § 112, đoạn 6 về giới hạn bất kỳ của điểm bất kỳ trong các điểm yêu cầu bảo hộ ở đây, ngoại trừ các giới hạn trong đó điểm yêu cầu bảo hộ sử dụng riêng các từ ‘phương tiện để’ cùng với chức năng kết hợp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thiết kế hoạt động kiểm soát giếng bao gồm các bước:

thu dữ liệu ngầm liên quan đến vỉa xung quanh giếng;

dựng lên mô hình địa cơ học của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm;

thu dữ liệu vận hành liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng;

tiến hành, trên bộ xử lý, việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực của vỉa, trong đó, việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực được dựa trên dữ liệu vận hành thu được và mô hình địa cơ học được dựng và tính toán khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu mà dẫn tới vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển của vỉa;

xác định thể tích kiểm soát của chất lưu cần phải được bơm vào trong giếng, bằng cách sử dụng hoặc áp dụng hệ số an toàn liên quan đến khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu, được tính toán bởi việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực, mà dẫn tới vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển của vỉa, trong đó thể tích kiểm soát được xác định bằng cách nhân thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu với hệ số an toàn hoặc chia thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu cho hệ số an toàn; và

kiểm soát giếng với nguy cơ vết đứt gãy thủy lực lan truyền tới bề mặt hoặc đáy biển được làm giảm bằng cách bơm thể tích kiểm soát của chất lưu vào trong giếng, trong đó thể tích kiểm soát của chất lưu được bơm vào trong giếng dưới khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu được tính toán bởi bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dữ liệu ngầm bao gồm:

dữ liệu thạch bản;

dữ liệu thử nghiệm địa chất; và

dữ liệu địa cơ học trong vùng.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dữ liệu vận hành bao gồm:

dạng hoạt động kiểm soát giếng;

dữ liệu chất lưu liên quan đến các đặc tính của chất lưu được sử dụng cho hoạt động kiểm soát;

khoảng giá trị kỳ vọng của tốc độ bơm chất lưu; và

dữ liệu ống chống giếng liên quan đến ống chống của giếng được kiểm soát.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó dạng hoạt động kiểm soát giếng là một dạng được chọn từ nhóm bao gồm hoạt động kiểm soát giếng chất lưu tuần hoàn và hoạt động kiểm soát giếng tĩnh.

5. Phương pháp theo điểm 3, trong đó bước thu dữ liệu vận hành còn bao gồm việc xác định tập hợp các thông số mô phỏng dựa trên ít nhất một trong các dạng hoạt động kiểm soát giếng, dữ liệu chất lưu, và dữ liệu ống chống giếng.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước dựng lên mô hình địa cơ học còn bao gồm việc:

tính toán bằng máy tính các đặc tính của vỉa dựa trên dữ liệu ngầm.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó các đặc tính của vỉa bao gồm ít nhất một trong các loại được chọn từ nhóm bao gồm bộ dữ liệu ứng suất tại chỗ của vỉa và biên dạng ứng suất tại chỗ tối thiểu của vỉa.

8. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm việc nhận diện hướng truyền vết đứt gãy.

9. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm việc bắt đầu mô phỏng dựa trên dữ liệu ngầm.

10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xác định thể tích kiểm soát bao gồm việc nhân thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu với hệ số an toàn mà nhỏ hơn 1 hoặc chia thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu cho hệ số an toàn được kết hợp mà lớn hơn 1 sao cho thể tích kiểm soát được xác định dưới khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu được tính toán bởi bộ mô phỏng vết đứt gãy thủy lực.

11. Hệ thống thiết kế hoạt động kiểm soát giếng bao gồm:

bộ xử lý;

bộ nhớ;

môđun tạo ra mô hình địa cơ học được tạo cấu hình để tạo ra mô hình địa cơ học của vỉa ngầm xung quanh giếng;

môđun tạo ra dữ liệu vận hành được tạo cấu hình để tạo ra dữ liệu vận hành liên quan đến dạng kiểm soát giếng và bao gồm ít nhất một thông số vào để mô phỏng vết đứt gãy thủy lực thực hiện trên bộ xử lý;

môđun mô phỏng được tạo cấu hình để tiến hành việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực dựa trên mô hình địa cơ học và dữ liệu vận hành, trong đó môđun mô phỏng được tạo cấu hình để xác định thể tích kiểm soát của chất lưu mà có thể phun được vào trong giếng, bằng cách sử dụng hệ số an toàn liên quan đến khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu, được tính toán bởi việc mô phỏng vết đứt gãy thủy lực, mà dẫn đến vết đứt gãy chọc thủng bề mặt hoặc đáy biển của vỉa ngầm, trong đó thể tích kiểm soát được xác định bằng cách nhân thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu với hệ số an toàn hoặc chia thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu cho hệ số an toàn; và

hệ thống khoan phụ được tạo cấu hình để thực hiện hoạt động kiểm soát giếng bằng cách phun thể tích kiểm soát của chất lưu vào trong giếng, trong đó thể tích kiểm soát của chất lưu có thể phun được vào trong giếng dưới khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu được tính toán bởi sự mô phỏng vết đứt gãy thủy lực có thể tiến hành bởi môđun mô phỏng.

12. Hệ thống theo điểm 11, hệ thống này còn bao gồm môđun bề mặt được tạo cấu hình để tiến hành hoạt động kiểm soát giếng dựa trên khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu có thể tính toán được bởi sự mô phỏng vết đứt gãy thủy lực.

13. Hệ thống theo điểm 12, trong đó môđun bề mặt được tạo cấu hình để nhận dữ liệu ngầm từ các chi tiết mỏ dầu.

14. Hệ thống theo điểm 11, hệ thống này còn bao gồm kho dữ liệu được liên kết vào ít nhất một trong số môđun tạo ra mô hình địa cơ học, môđun tạo ra dữ liệu vận hành, và môđun mô phỏng và được tạo cấu hình để nhận, lưu trữ, và gửi ít nhất một trong số dữ liệu vận hành và dữ liệu ngầm.

15. Vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính bao gồm các lệnh phần mềm mà, khi được thực hiện bởi bộ xử lý, tiến hành phương pháp bao gồm các bước:

giao tiếp với ít nhất một chi tiết mở đầu bao gồm việc gửi lệnh và nhận dữ liệu ngầm của vỉa;

xử lý dữ liệu vận hành liên quan đến hoạt động kiểm soát giếng;

tạo ra mô hình địa cơ học dựa trên dữ liệu ngầm nhận được;

mô phỏng sự hình thành vết đứt gãy thủy lực và lan truyền vết đứt gãy thủy lực qua vỉa dựa trên dữ liệu vận hành và mô hình địa cơ học; và tính toán khoảng giá trị được ước lượng của thể tích chất lưu mà dẫn đến vết đứt gãy thủy lực và sự lan truyền của vết đứt gãy thủy lực qua vỉa;

xác định thể tích kiểm soát của chất lưu mà có thể phun được vào trong giếng, bằng cách sử dụng hệ số an toàn liên quan đến khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu mà dẫn đến vết đứt gãy thủy lực để chọn thùng bề mặt hoặc đáy biển của vỉa, trong đó thể tích kiểm soát được xác định bằng cách nhân thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu với hệ số an toàn hoặc chia thể tích trong khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu cho hệ số an toàn; và

tiến hành hoạt động kiểm soát giếng bằng cách bơm thể tích kiểm soát của chất lưu vào trong giếng, trong đó thể tích kiểm soát của chất lưu dưới khoảng giá trị được ước lượng của các thể tích chất lưu mà dẫn đến vết đứt gãy thủy lực và lan truyền vết đứt gãy thủy lực qua vỉa.

16. Vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính theo điểm 15, trong đó việc gửi lệnh bao gồm việc gửi lệnh đến thiết bị kiểm soát giếng để bơm chất lưu khoan vào vành giếng.

17. Vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính theo điểm 15, trong đó việc gửi lệnh bao gồm việc gửi lệnh đến thiết bị khoan để điều chỉnh sự vận hành phun khoan.

18. Vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính bao gồm các lệnh phần mềm theo điểm 15 mà, khi được thực hiện bởi bộ xử lý, tiến hành phương pháp còn bao gồm việc đưa ra thể tích được ước lượng của chất lưu được bơm vào trong giếng khi vết đứt gãy thủy lực được xác định là lan tới bề mặt hoặc đáy biển của vỉa.

19. Vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính bao gồm các lệnh phần mềm theo điểm 15 mà khi được thực hiện bởi bộ xử lý, tiến hành phương pháp còn bao gồm việc hiển thị nhìn thấy được vết đứt gãy thủy lực được mô phỏng.

20. Vật ghi không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính bao gồm các lệnh phần mềm theo điểm 15 mà, khi được thực hiện bởi bộ xử lý, tiến hành phương pháp còn bao gồm việc xử lý dữ liệu vận hành mới khi vết đứt gãy thủy lực không lan tới bề mặt hoặc đáy biển của vỉa.

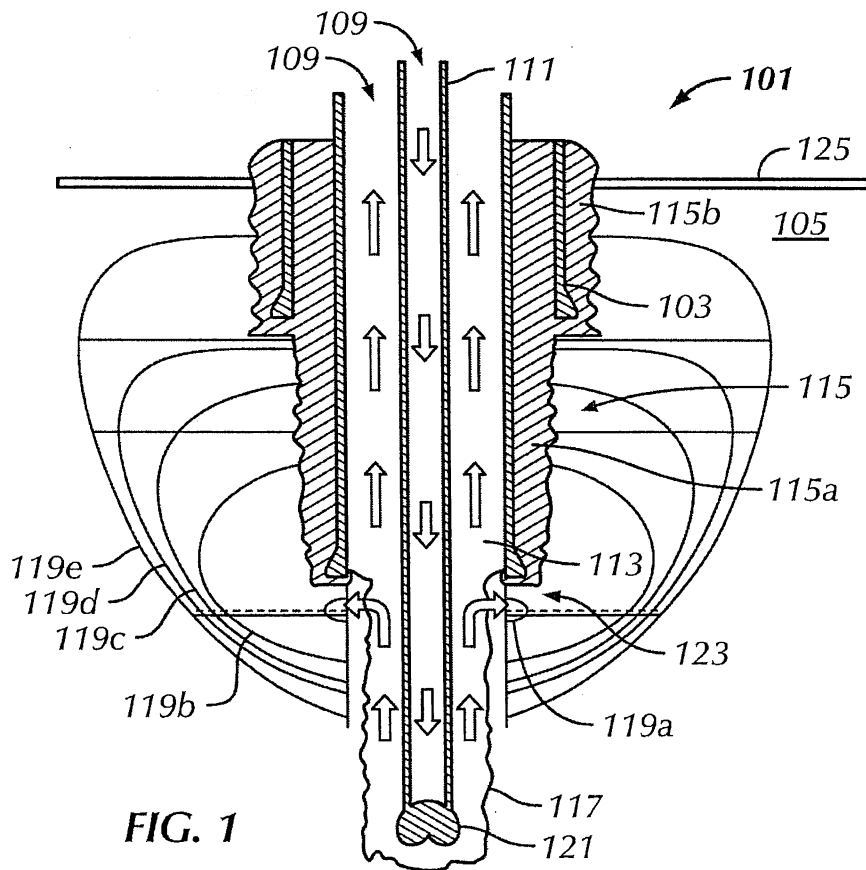


FIG. 1

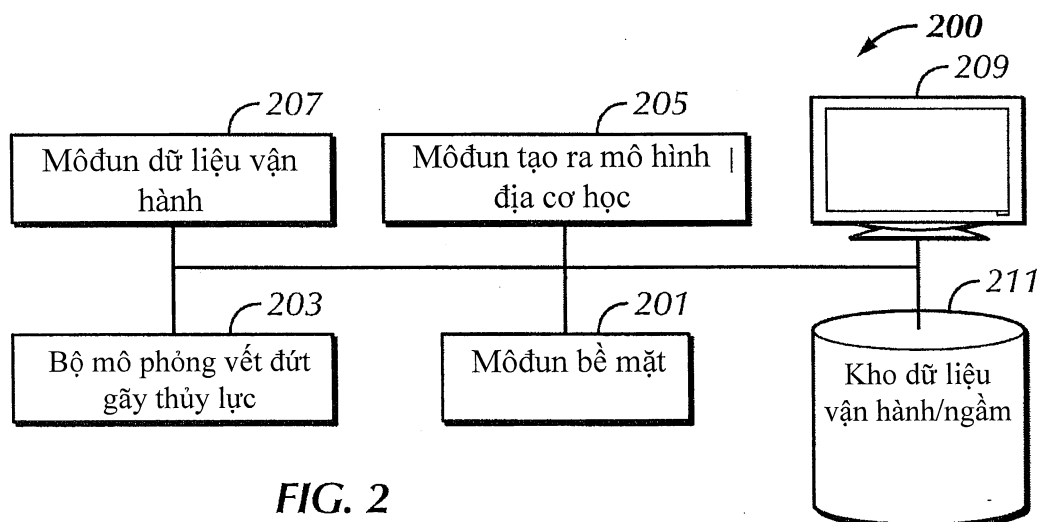


FIG. 2

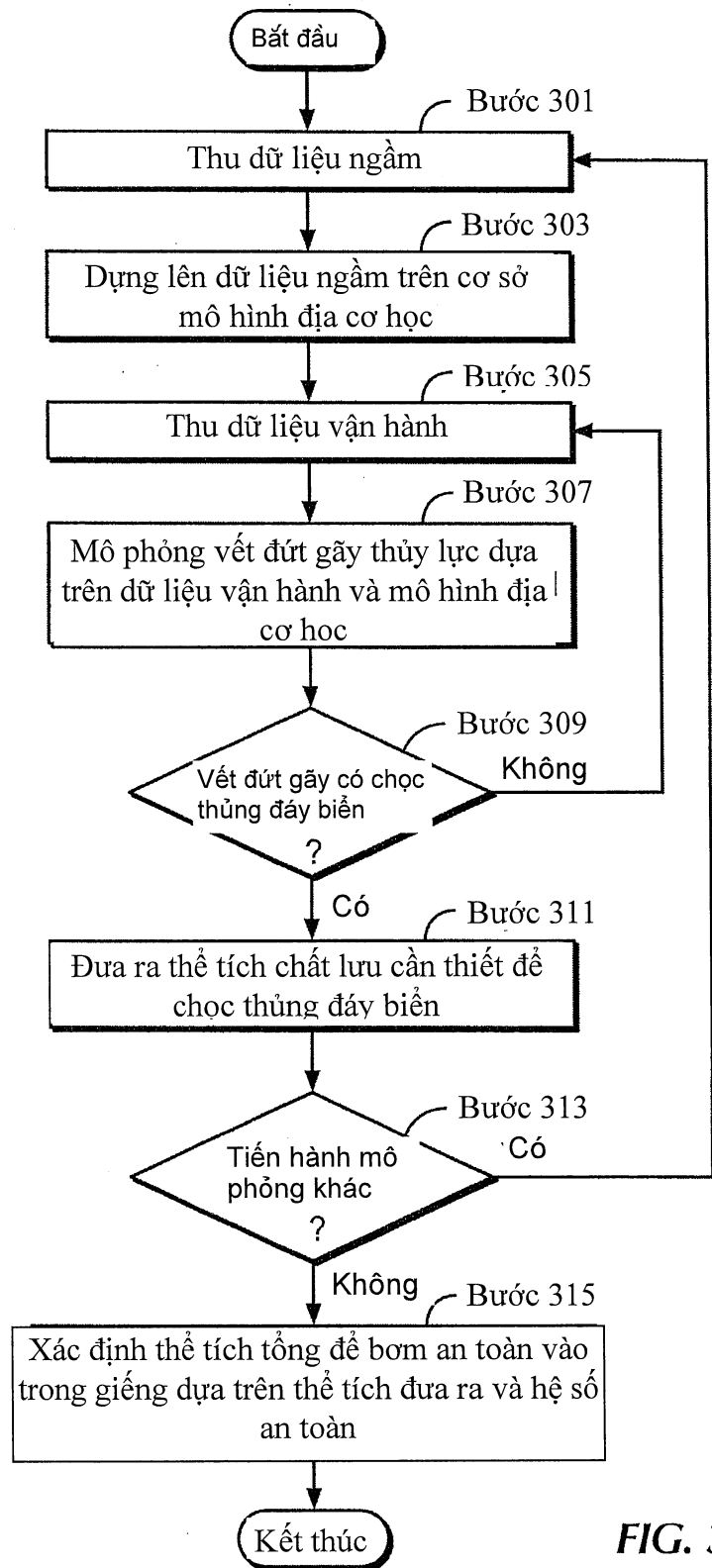


FIG. 3

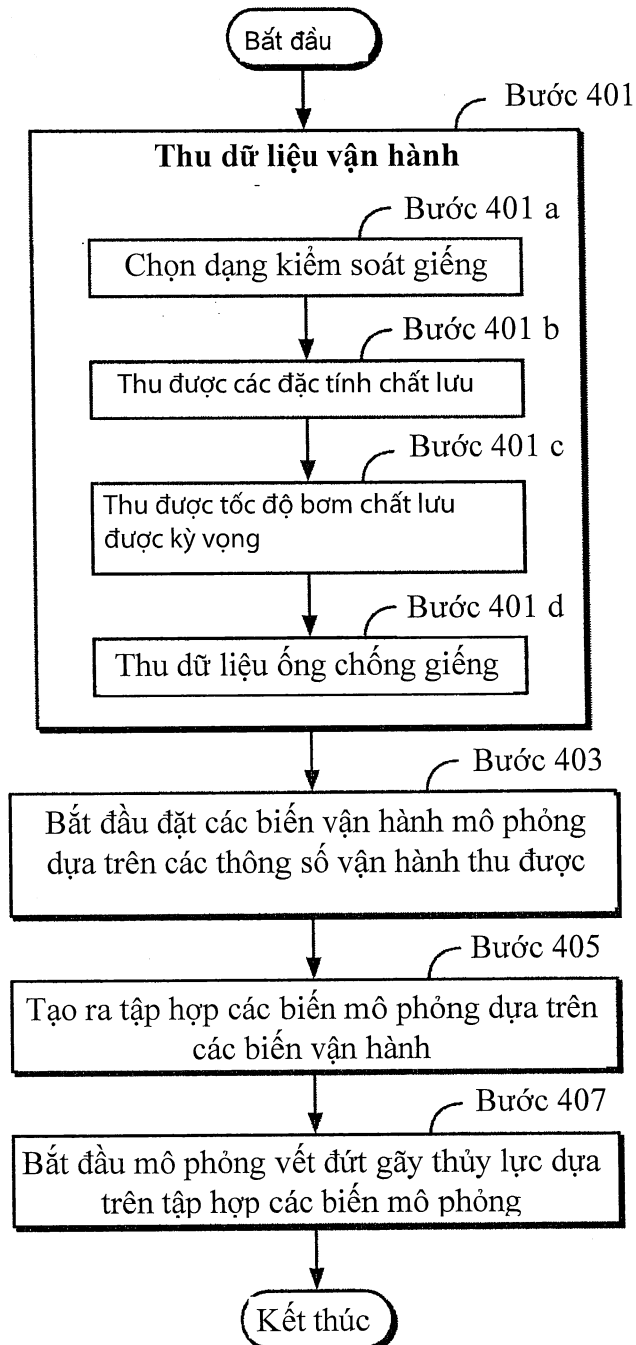


FIG. 4

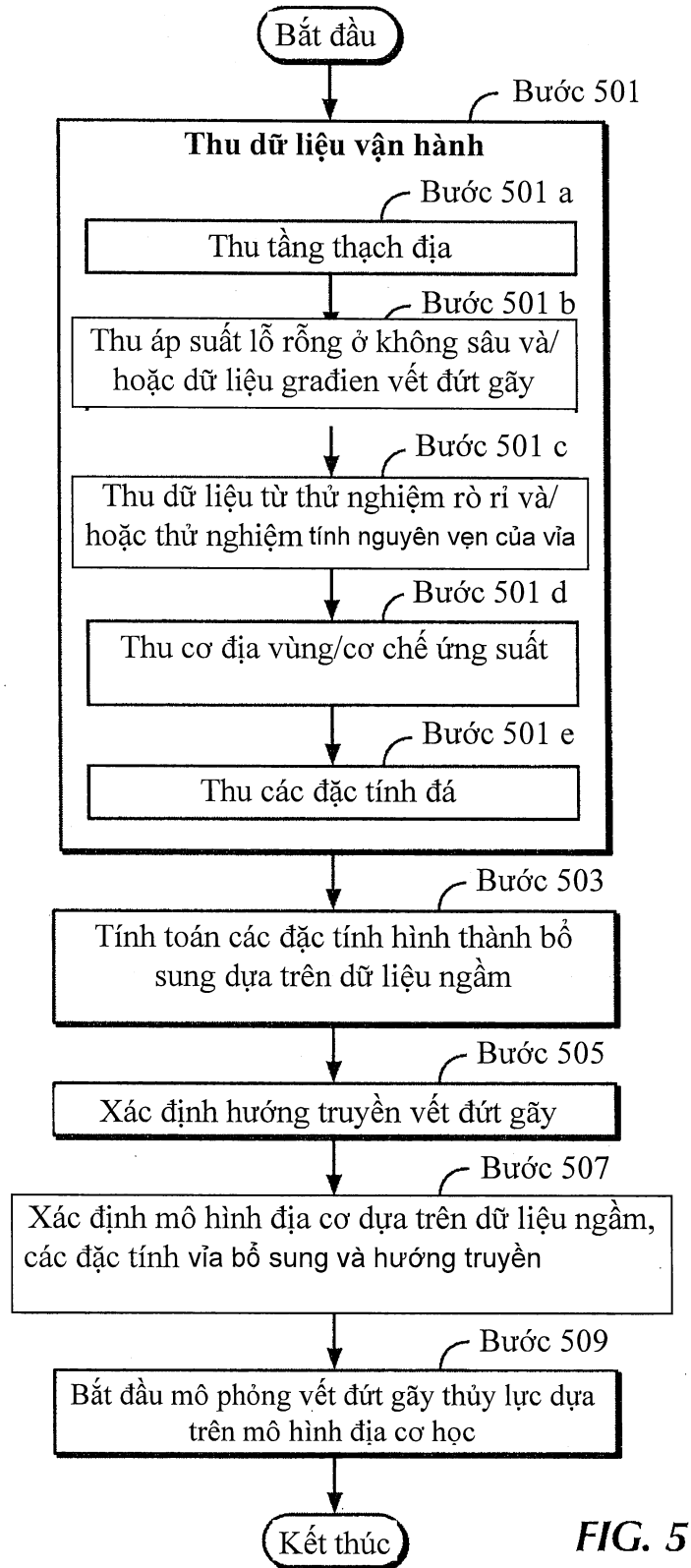


FIG. 5

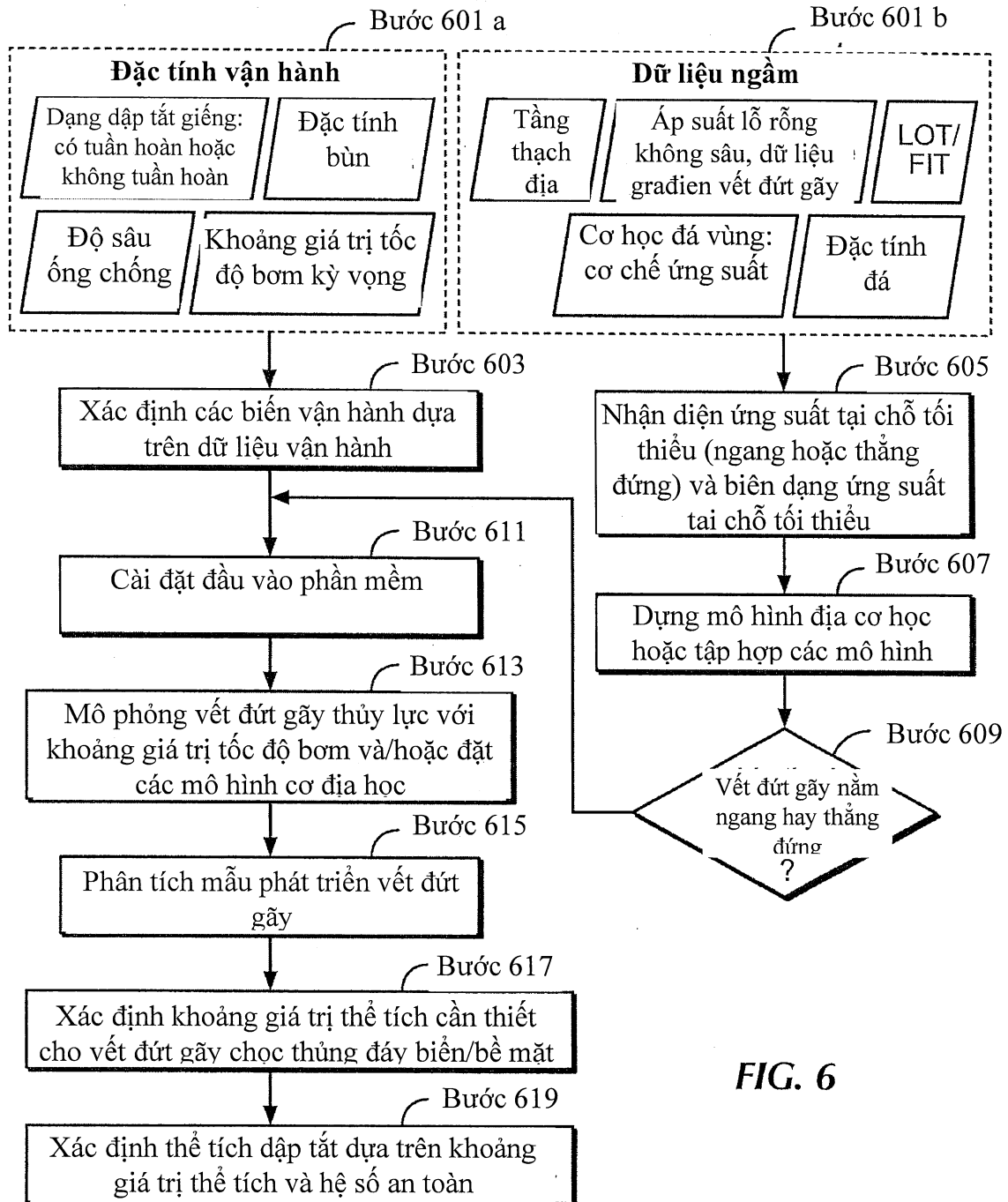


FIG. 6

Trường hợp	Thạch học	Rò rỉ (ft/sqrt min	Môđun Young	Độ bền chống gãy (psi)	Hệ số Poisson
1	Cát kết bột 1	0,00032	1,000,000	1000	0,4
2	Cát kết bột 2	0,00032	500,000	1000	0,4
3	Bùn đá sét 1	0,00008	500,000	1000	0,4
4	Bùn đá 1	0,00008	1,000,000	3000	0,4
5	Bùn đá sét 2	0,00008	250.000 ở đỉnh tuyến tính Tăng đến 750.000 ở đáy (20"shoe) và thấp nữa	1000	0,4

FIG. 7A

Bùn

-MW = 1,46 SG (12,16 ppg)

-PV = 50

-YP = 30

- Mô hình định luật

-n' = 0,7

-K' = 10,0106179

-Độ nhớt ở 170 s⁻¹ = 111,0 co

Tốc độ bơm
42 bpm

FIG. 7B

TVDR, m		TVDBML, m		Vĩa		Thạch học		Gradien áp suất lỗ rỗng		Gradien yếu tố đứt gãy thiếu		Ứng suất ngang tối thiểu		Môđun young		Độ bền chống gãy		Hệ số Poisson		Rò rỉ	
Đỉnh	Đáy	Đỉnh	Đáy					psi/ft	psi	psi/ft	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	[]	[]	ft/sqrt min	ft/sqrt min
173	366	0	193	I	Cát kết bột 1	0,434	521	0,54	649	1000000	1000	0,4	0,00032								
366	472	193	299	II	Cát kết bột 1	0,520	806	0,58	905	1000000	1000	0,4	0,00032								
472	683	299	510	III	Cát kết bột 1	0,564	1263	0,68	1516	1000000	1000	0,4	0,00032								
683	1350	510	1177	IV	Bùn đá	0,590	2611	0,79	3502	1000000	1000	0,4	0,00032								

FIG. 8A

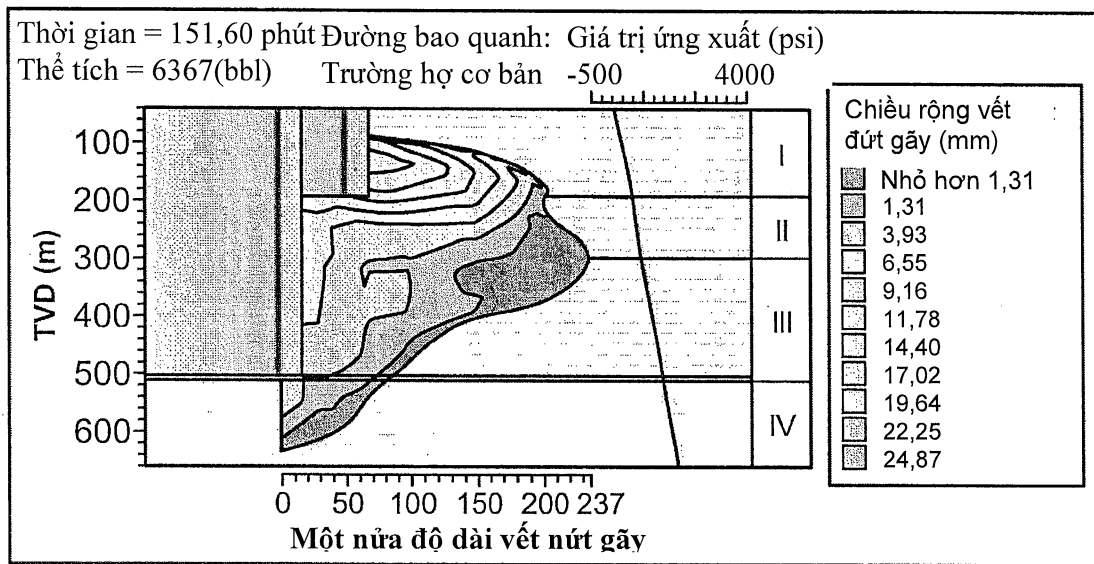


FIG. 8B

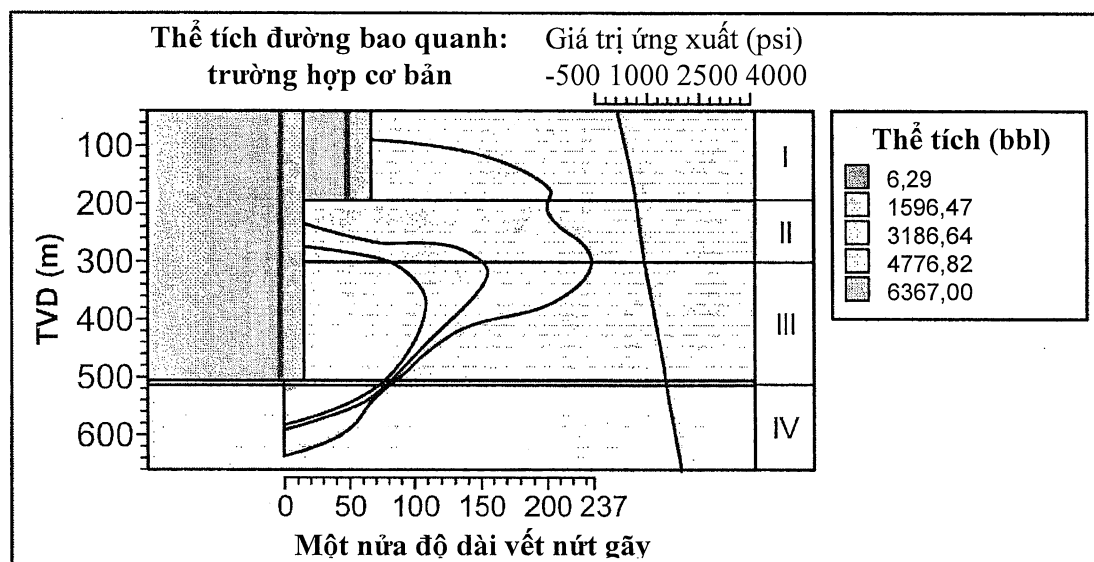


FIG. 8C

TVDR1, m		TVDBML, m		Vĩa Thạch học		Gradien áp suất lỗ rỗng		Áp suất lỗ rỗng		Gradien đứt gãy		Ứng suất ngang tối thiểu		Modun Young		Độ bền chống gãy		Hệ số Poisson		Rò rỉ	
Đỉnh	Đáy	Đỉnh	Đáy	I	II	III	IV	psi/ft	psi	psi/ft	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	[]	[]	ft/sqrt min	ft/sqrt min
173	366	0	193	I	Cát kết bột 2	Cát kết bột 2	Cát kết bột 2	0,434	521	0,54	649	500000	1000	500000	1000	0,4	0,00032				
366	472	193	299	II	Cát kết bột 2	Cát kết bột 2	Cát kết bột 2	0,520	806	0,58	905	500000	1000	500000	1000	0,4	0,00032				
472	683	299	510	III	Cát kết bột 2	Cát kết bột 2	Cát kết bột 2	0,564	1263	0,68	1516	500000	1000	500000	1000	0,4	0,00032				
683	1350	510	1177	IV	Bùn đá	Bùn đá	Bùn đá	0,590	2611	0,79	3502	500000	1000	500000	1000	0,4	0,00032				

FIG. 9A

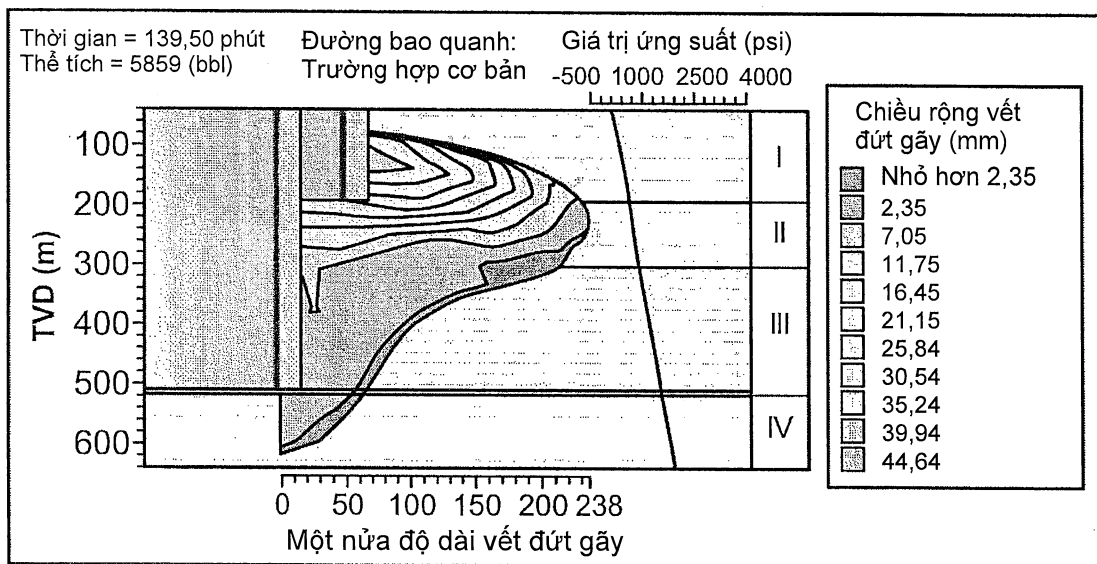


FIG. 9B

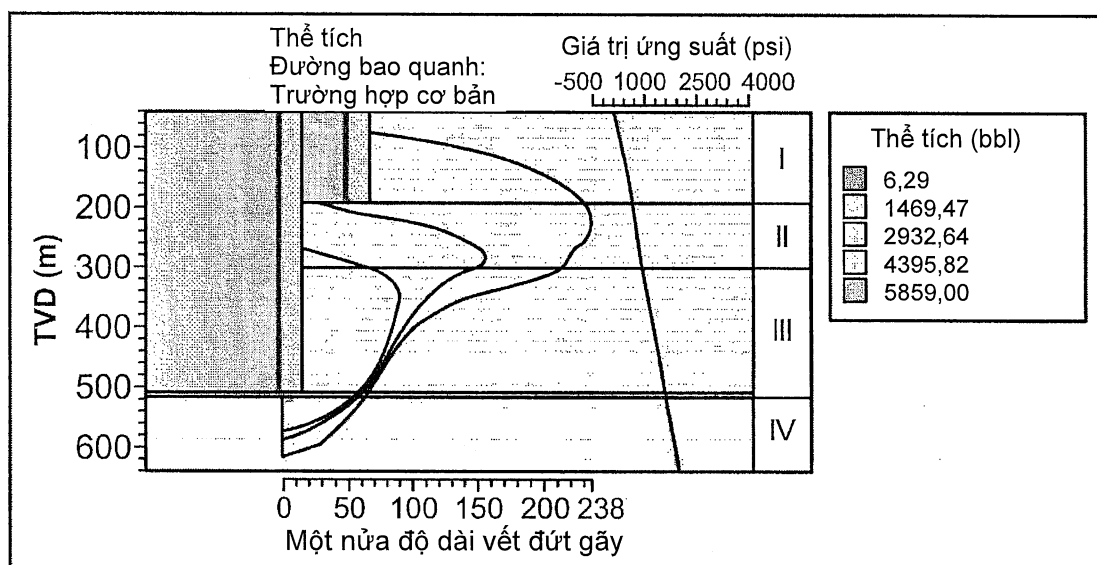


FIG. 9C

TVDRT, m		TVDBML, m		Vĩa Thạch học		Gradien áp suất lỗ rỗng		Áp suất lỗ rỗng		Gradien đứt gãy		Ứng suất ngang tối thiểu		Modun Young		Độ bền chống gãy		Hệ số Poisson		Rò rỉ	
Đỉnh	Đáy	Đỉnh	Đáy	I	II	III	IV	psi/ft	psi	psi/ft	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	[]	[]	ft/sqrt min	ft/sqrt min
173	366	0	193	I	Bùn đá sét 1			0,434	521	0,54	649	500000	1000	0,4	0,00008						
366	472	193	299	II	Bùn đá sét 1			0,520	806	0,58	905	500000	1000	0,4	0,00008						
472	683	299	510	III	Bùn đá sét 1			0,564	1263	0,68	1516	500000	1000	0,4	0,00008						
683	1350	510	1177	IV	Bùn đá			0,590	2611	0,79	3502	500000	1000	0,4	0,00008						

FIG. 10A

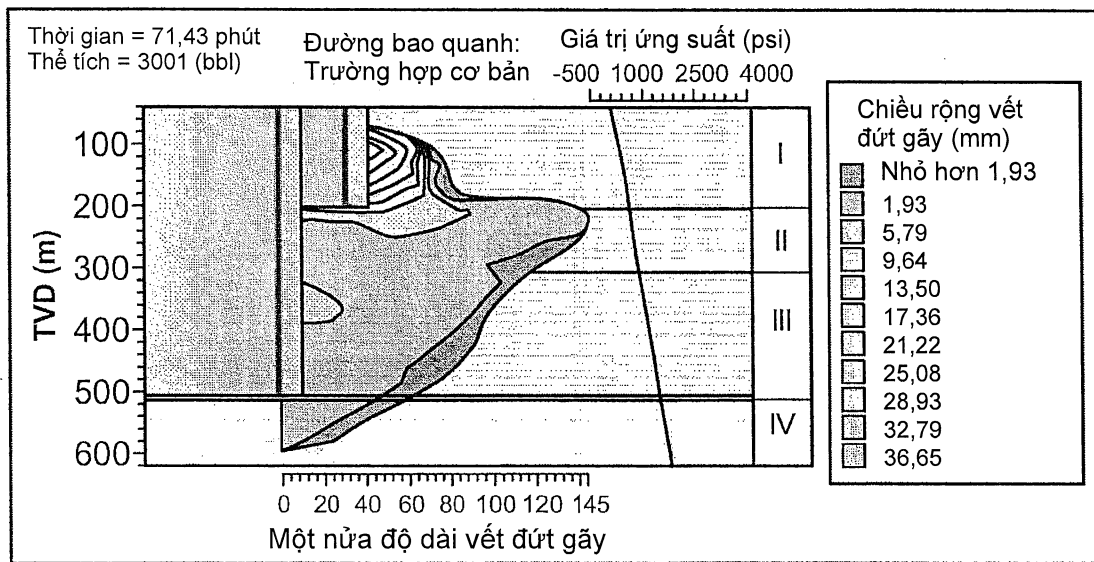


FIG. 10B

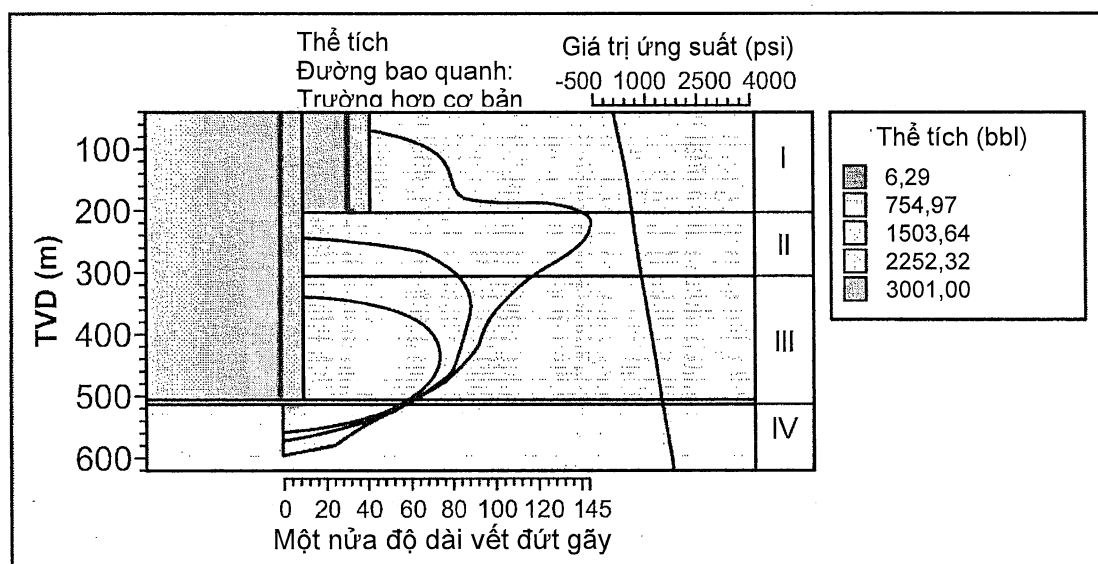


FIG. 10C

TVDR _T , m		TVDBML, m		Vĩa Thạch học		Gradien áp suất lỗ rỗng		Áp suất lỗ rỗng		Gradien đứt gãy		Ứng suất ngang tối thiểu		Modun Young		Độ bền chống gãy		Hệ số Poisson		Rò rỉ	
Đỉnh	Đáy	Đỉnh	Đáy			psi/ft	psi	psi	psi	psi/ft	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	[]		ft/sqrt min	
173	366	0	193	I	Bùn đá	0,434	521	649	1000000	0,54	649	1000000	3000	0,4	0,00008						
366	472	193	299	II	Bùn đá	0,520	806	905	1000000	0,58	905	1000000	3000	0,4	0,00008						
472	683	299	510	III	Bùn đá	0,564	1263	1516	1000000	0,68	1516	1000000	3000	0,4	0,00008						
683	1350	510	1177	IV	Bùn đá	0,590	2611	3502	1000000	0,79	3502	1000000	3000	0,4	0,00008						

FIG. 11A

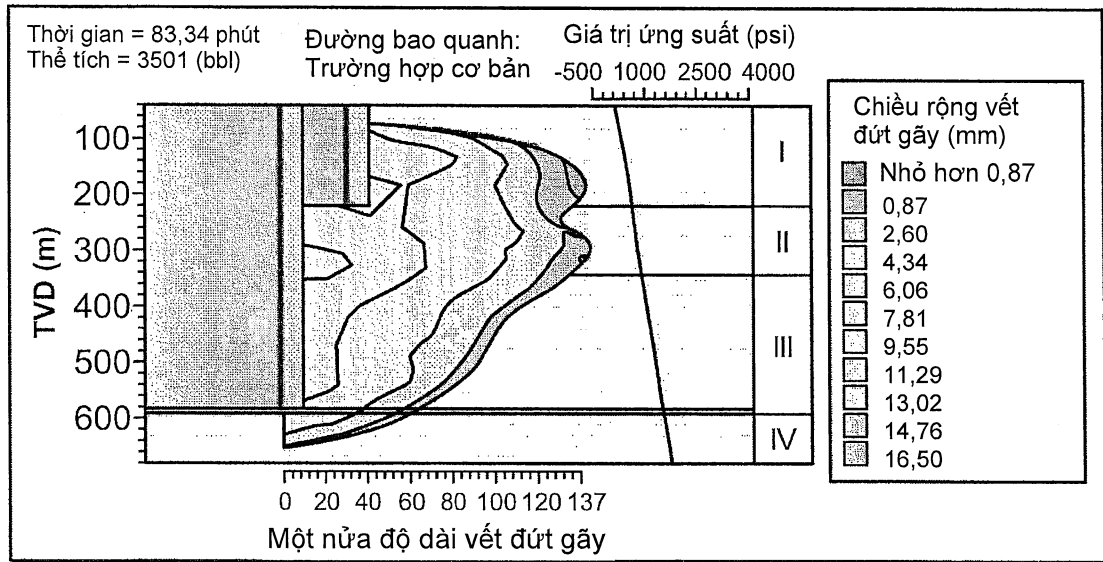


FIG. 11B

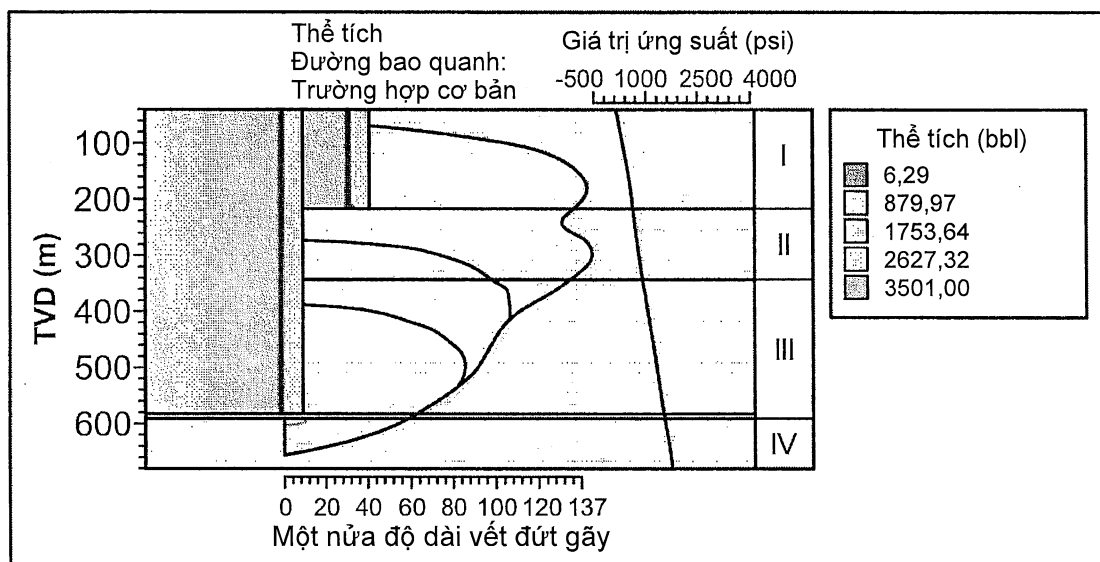


FIG. 11C

TVDRT, m		TVDBML, m		Vĩa Thạch học		Gradien áp suất lỗ rỗng		Áp suất lỗ rỗng		Gradien đứt gãy		Ứng suất ngang tối thiểu		Modun Young		Độ bền chống gãy		Hệ số Poisson		Rò rỉ	
Đỉnh	Đáy	Đỉnh	Đáy			psi/ft	psi	psi	psi/ft	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	[]		ft/sqrt min	
173	366	0	193	I	Bùn đá sét 2	0,434	521	649	0,54	439216	1000	0,4	0,00008								
366	472	193	299	II	Bùn đá sét 2	0,520	806	905	0,58	543137	1000	0,4	0,00008								
472	683	299	510	III	Bùn đá sét 2	0,564	1263	1516	0,68	750000	1000	0,4	0,00008								
683	1350	510	1177	IV	Bùn đá	0,590	2611	3502	0,79	1000000	1000	0,4	0,00008								

FIG. 12A

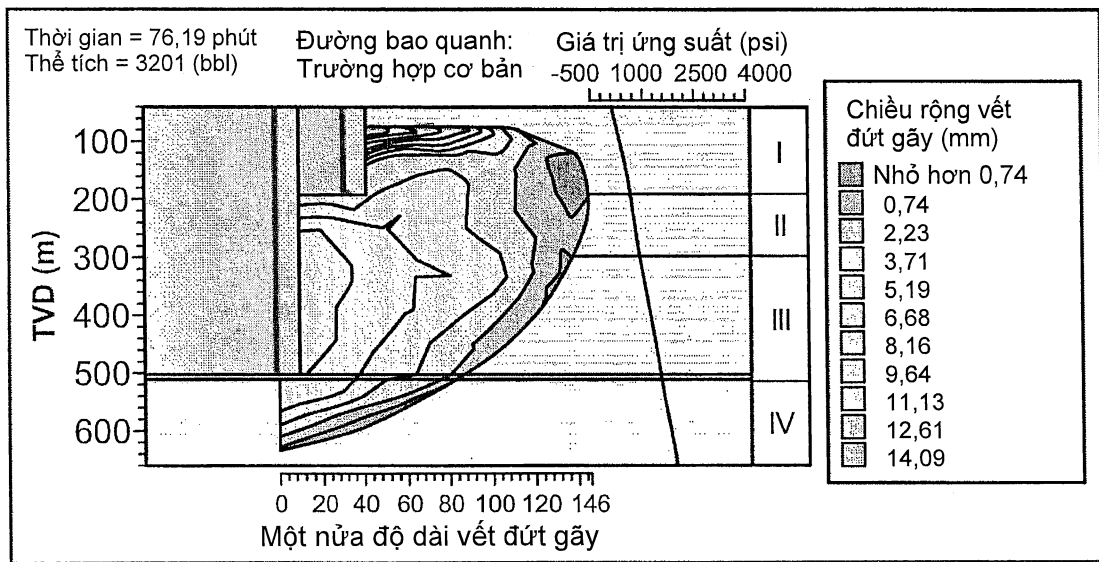


FIG. 12B

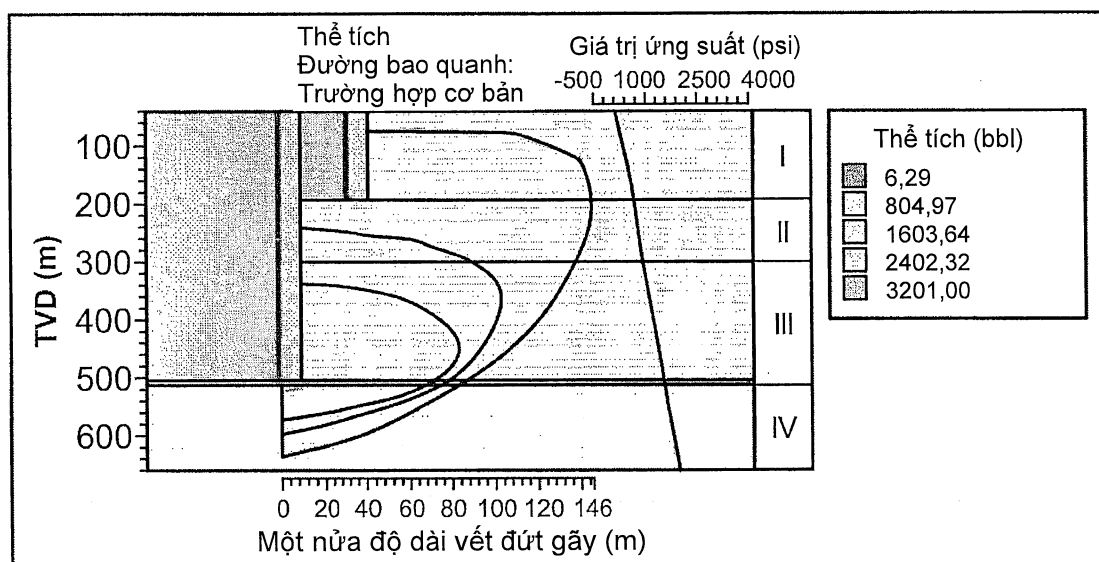


FIG. 12C

TVDR, m		TVDBML, m		Vĩa Thạch học		Gradien áp suất lỗ rỗng		Áp suất lỗ rỗng		Gradien đứt gãy		Ứng suất ngang tối thiểu		Modun Young		Độ bền chống gãy		Hệ số Poisson		Rò rỉ	
Đỉnh	Đáy	Đỉnh	Đáy			psi/ft	psi	psi	psi/ft	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	[]			ft/sqrt min	
173	366	0	193	I	Bùn đá sét 1	0,434	521	521	0,54	649	500000	1000	0,4	0,00008							
366	472	193	299	II	Bùn đá sét 1	0,520	806	806	0,58	905	500000	1000	0,4	0,00008							
472	683	299	510	III	Bùn đá sét 1	0,564	1263	1263	0,68	1516	500000	1000	0,4	0,00008							
683	1350	510	1177	IV	Bùn đá	0,590	2611	2611	0,79	3502	500000	1000	0,4	0,00008							

FIG. 13A

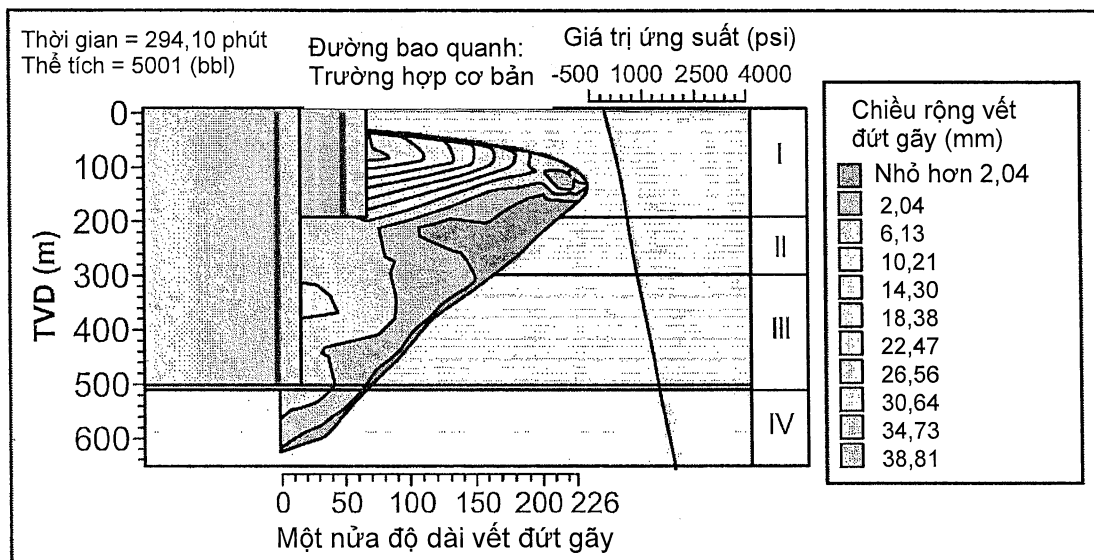


FIG. 13B

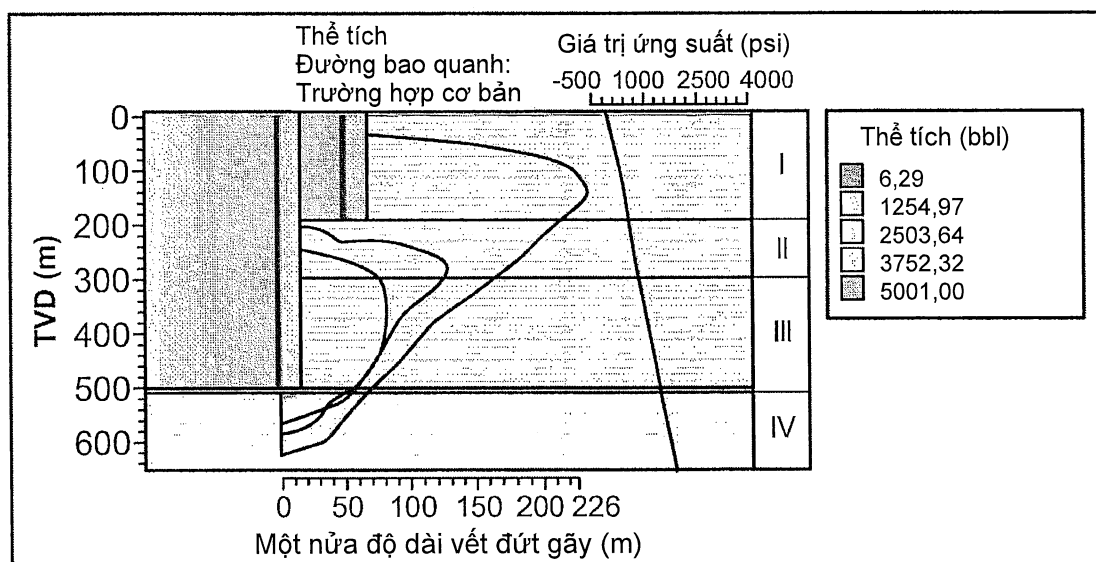


FIG. 13C

Trường hợp	Thạch học	Rò rỉ (ft/sqrt min)	Modun Young (psi)	Độ bền chống gãy (psi)	Hệ số Poisson	Thể tích cho đến khi chọc thủng (đường lâm tròn), bbl
1	Bùn đá sét 1	0,00032	1,000,000	1000	0,4	6400
2	Bùn đá sét 2	0,00032	500,000	1000	0,4	5860
3	Bùn đá sét 1	0,00008	500,000	1000	0,4	3000
4	Bùn đá 1	0,00008	1,000,000	3000	0,4	3500
5	Bùn đá sét 2	0,00008	250,000 ở Đỉnh gia tăng theo cách tuyến tính đến 750,000 ở đáy (20'shoe) và còn dưới 500,000	1000	0,4	3200
3 ở 17 BPM	Bùn đá sét 1	0,00008		1000	0,4	5000

FIG. 14

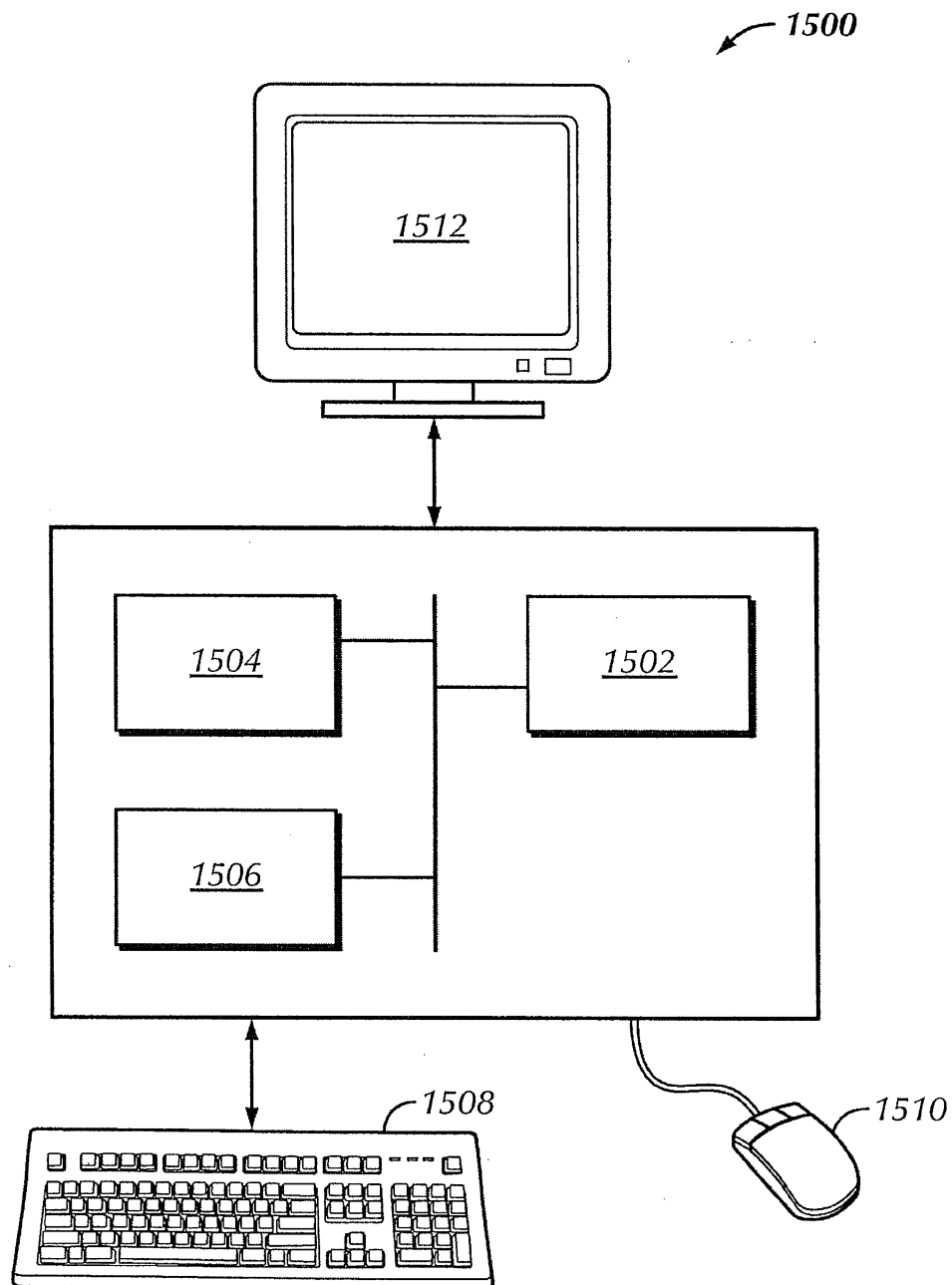


FIG. 15