الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة السورية الخاصة

كلية هندسة البترول

تقييم عمليات اختبار الطبقات في بعض الحقول السورية

دراسة أعدت لنيل درجة الاجازة في هندسة البترول

إعداد الطلاب

محمد خير نضال بديره جي سي عمر علي

اشراف

الدكتور المهندس يوسف فرج

2026-202ه

{بسم الله الرحمن الرحيم}

الحمدلله حمداً كثيراً حتى يبلغ الحمد منتهاه والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى اله وصحبه اجمعين

نتقدم بأسمى آيات الشكر والامتنان لكل من أسهم في نجاح هذا البحث ، ونخص بالذكر :

الدكتور المشرف : يوسف فرج

إلى من كان له أثر عطر في مسيرتنا الدراسية من نصح و توجيه وارشاد الى من كان خير عون لنا في دراستنا

شكرا على حرصك الدائم ودعمك الغير محدود

وتوجيهاتك القيمة التي ساهمت بشكل كبير في انجاز البحث

إلى دكاترتنا الاعزاء

الذين لم يبخلوا علينا بالعلم والخبرة ، لقد كنتم بمثابة الآباء لنا ، فكل واحد منكم قدم لنا الكثير من المعرفة والإلهام ، أسلوبكم في التعليم وتقديم الدعم كان له تأثير عميق على حياتنا الأكاديمية والشخصية

فلكم منا كل الشكر والتقدير.

ولكل من ساهم في نجاح هذا البحث وترك بصمة واضحة في مسيرتنا الأكاديمية

شكرا لكم جميعاً

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	٣
الفصل الأول : الأجهزة والمعدات المستخدمة في عملية الاختبار	٤
١-١- أهداف الاختبار	٤
١-٢- معدات الاختبار	٥
١-٣- تصنيف أجهزة الاختبار	٦
١-٤- طرق اختبار الطبقات	٨
١-٥- تشكيلة جهاز الاختبار	٩
الفصل الثاني: تكنولوجيا اختبار الطبقات	٢٢
٢-١-إعداد برنامج الاختبار	٢٣
٢-١-١-اختيار العازل المناسب وتحديد مكان تثبيته	٢٣
٢-١-٣-التحقق من مقاومة مواسير الحفر لاجهادات تحرير الباكر	٢٤
٢-١-٤- تحديد ارتفاع الوسادة المائية في المواسير	٢٤
٢-٢- تنفيذ برنامج الاختبار	٢٥
مراحل الاختبار2-3-	٢٦
٢-٤- المنحنيات التي تسجلها أجهزة قياس الضغط في جهاز الاختبار	٢٨
٢-٥ - المشاكل التي يمكن أن تحدث أثناء تنفيذ عملية الاختبار	٢٩
الفصل الثالث:الدراسة التحليلية لمعطيات أجهزة الاختبار	٣١
٣-١- سلوك الضغط المسجل أثناء الاختبار (منحني الاختبار)	٣٢
٣-٣- تحليل ومعالجة معطيات الاختبار	٣٤
٣-٣-١- تقنية تحليل استعادة الضغط في الآبار النفطية	٣٤

٣-٢-٢- تحليل منحني استعادة الضغط بطريقة هورنر	٣٦
الفصل الرابع: تقييم عمليات اختبار الطبقات في بعض الحقول السورية	٤٣
٤-١- دراسة واقع عمليات الاختبار في الحقول السورية	٤٣
نتائج ومقترحات	٥٠
المراجع العلمية	٥١

المقدمة

إن الهدف الرئيسي لحفر الآبار الاستكشافية هو البحث عن الطبقات الجيولوجية الحاملة للنفط أو الغاز، وتحديد مردود الطبقة الاقتصادي ، ويتم تحقيق هذا الهدف جزئياً بمساعدة الطرق الجيوفيزيائية وتحليل العينات الناتجة عن الحفر التلبيبي، وتقل فعالية هذه الطرق أكثر بسبب التلوث الشديد أثناء الحفر. حيث لابد من تأكيد وجود النفط أو الغاز وذلك باستخدام طرق الاختبار المباشر للطبقة المعينة .

يتلخص جوهر الاختبار بعزل الطبقة المراد اختبارها عن جميع الطبقات الآخرى، وعن تأثير عمود سائل الحفر وجعلها تخضع لتأثير فارق ضغط كاف لتحريك المائع الطبقي باتجاه البئر (عملية وضع البئر في حالة إنتاج مؤقتة).

). والغاية من الاختبار أساساً هو PAKER يتم عزل الطبقة المراد اختبارها بواسطة عازل مطاطي (الحصول على تدفق للمائع الطبقي كما أن الحصول على عينة من هذا المائع للدراسة المخبرية يفيد في تحديد تركيبه وخواصه .كما أن الهدف من إجراء الاختبار هو تقييم المؤشرات الانتاجية والهيدروديناميكية للطبقة وتحديد مدى قابلية المائع للحركة خلالها مما يعطي معلومات قيمة لتحديد امكانية استثمار الطبقة المدروسة .

كما أن تحليل معطيات الاختبار يمكننا من تحديد درجة تلوث المنطقة المجاورة للبئر برواشح سائل الحفر والسائل الاسمنتي (لاسيما عند استخدام سوائل حفر ذات أساس مائي ذات فاقد رشح كبير) وبالتالي فإن معرفة هذا المؤشر يساعدنا في اختيار المعايير التكنولوجية لانهاء الآبار والتي تضمن دخول الطبقة في الاستثمار وبمعايير انتاجية مثالية.

ومن المبررات الاقتصادية الآخرى للاختبارات الطبقية أثناء الحفر هو امكانية توفير مواسير تغليف إنتاجية لطبقة تبين أنها جافة أو ذات مردود اقتصادي لايبرر تغليفها .

تتضمن هذه الدراسة تحليل واقع عمليات الاختبار في حقولنا النفطية وتبيان الامكانيات والمقترحات التي من شأنها أن تساهم في تطوير تكنولوجيا هذه العمليات الهامة. والتي تشمل :

الفصل الأول : الأجهزة والمعدات المستخدمة في عملية الاختبار.

الفصل الثاني : تكنولوجيا اختبار الطبقات.

الفصل الثالث : الدراسة التحليلية لمعطيات أجهزة الاختبار.

الفصل الرابع : تقييم الاختبارت الطبقية في الحقول السورية

وأخيراَ واعتماداً على هذه الدراسة قمنا باستنباط مجموعة من النتائج والمقترحات التي من شأنها المساهمة في تطوير تكنولوجيا الاختبارات الطبقية في حقولنا السورية

الفصل الأول

الأجهزة والمعدات المستخدمة في عملية الاختبار

مقدمة:

تعرف عملية اختبار الطبقات بأنها طريقة إنهاء مؤقتة للبئر ، وذلك لتحديد الخواص الإنتاجية للطبقة المختبرة، ويتم ذلك من خلال عزل الطبقة المراد اختبارها عن تأثير عمود سائل الحفر، وتعريضها لضغط مساو للضغط داخل المواسير ، التي تنزل فارغة كلياً (إذا كان ضغط الطبقة قليلاً) ، أو معبأة كلياً أو) وذلك في الطبقات ذات الضغوط المرتفعة ، لتجنب Water Cushionجزئياً بالماء (وسادة مائية (حدوث اندفاع شديد للموائع أثناء الاختبار، كما يمكن استخدام بعض الغازات الخاملة (غاز الآزوت مثلاً)) وذلك بحقنها تحت ضغط داخل مواسير الحفر . Gas Cushionبدلاً من الماء وتسمى وسادة غازية وبذلك فإن عملية الاختبار هي بعكس عملية الحفر ، حيث أن سائل الحفر أثناء عملية الحفر يشكل ضغطاً معاكساً على جدران البئر أكبر قليلاً من ضغط الموائع الطبقية لمنعها من التدفق إلى البئر ، الأمر الذي في حال حدوثه يمكن أن يؤدي إلى عدم التمكن من متابعة الحفر ، وأحياناً اندفاع البئر وحدوث الكوارث [٥] .

١-١- أهداف الاختبار :

يهدف اختبار الطبقات أثناء الحفر إلى ما يلي [٦،٥] :

١- البحث عن النفط والغاز في جميع الطبقات الجيولوجية التي يمكن أن تكون مؤهلة لتشكيل مكامن للمركبات الهيدروكربونية في الحقل الذي تحفر به وإمكانية استثمارها، وتحديد المردود الاقتصادي لها .

٢- تحديد نوعية الموائع الطبقية وتركيبها وخواصها وذلك من خلال تحليل العينات المأخوذة من الطبقة في المخبر ضمن الشروط الطبقية من ضغط ودرجة حرارة .

٣- قياس الضغط الطبقي الذي تتواجد عنده المركبات الهيدروكربونية في الطبقة .

٤- تحديد الخواص المكمنية للطبقات (النفوذية ، درجة تلوث الطبقة بسائل الحفر . . إلخ)، الأمر الذي يمكن من الحساب التقريبي لاحتياطي الموائع الطبقية المتواجدة في الطبقة وتقدير معدل الإنتاج المحتمل من البئر . ويمكن تحقيق هذا الهدف بالاستعانة بمعطيات تحليل العينات الاسطوانية ، وخصوصاً المسامية ودرجة التشبع بالموائع ومعامل المردود.

تحقيق الأهداف الثلاثة الأولى يتم بسهولة بواسطة أجهزة الاختبار التي سنقوم بدراستها لاحقاً ، أما الهدف الرابع فيتطلب فترة اختبار طويلة نسبياً (تدفق الموائع وإيقاف التدفق لاستعادة الضغط الطبقي) ، وقد لا تسمح ظروف البئر المفتوحة بذلك ، بينما يمكن تحقيق هذا الهدف عن طريق الاختبار المغلق لأنه يمكّن من إطالة فترة الاختبار حسب الطلب . لهذا السبب غالباً ما يكتفى بتحقيق الأهداف الثلاثة الأولى اعتماداً على الاختبارالمفتوح

. – الطبقات التي ينصح باختبارها :

١- يجب أن تختبر جميع الطبقات الجيولوجية التي يمكن أن تشكل خزانات نفطية أو غازية ، أي الطبقات التي تتمتع بخواص مكمنية جيدة (مسامية ، نفوذية . . إلخ) وتغطيها من الأعلى والأسفل طبقات كتيمة . ويمكن أن تتكون تراكمات النفط والغاز عند وجود المجمعات في الخزانات الطبيعية ، وهي الصخور التي تستطيع أن تحوي النفط والغاز وأن تتخلى عنها عند استثمار المكمن ، وهذه الخزانات يمكن أن تكون ذات أصل رسوبي أو بركانية أو متحولة على اتصال مع الصخور ذات الأصل الرسوبي .

٢- أثناء حفر الآبار يجب مراقبة نواتج الحفر على السطح من خلال فحصها بعدسة مكبرة ، وعند ملاحظة احتوائها على مسامات وهي من النوع الذي يمكن أن يشكل مكمن يجب اختبارها ، خصوصاً عند ملاحظة وجود نفط في هذه المسامات .

٣- عند حدوث تسرب لسائل الحفر في طبقات تتمتع بالشروط المذكورة سابقاً لتشكيل مكامن يجب اختبارها هي أيضاً .

يجب التنويه إلى أن برنامج اختبار الطبقات أثناء الحفر يحدد وفقاً للعمود الليتولوجي المقترح للبئر ، وهذا البرنامج قابل للتغيير أثناء الحفر ، لذلك يجب تعديل برامج الاختبار تبعاً للملاحظات العملية على البئر ، بحيث تختبر كل الطبقات التي يمكن أن تشكل أملاً نفطياً أو غازياً

) :DST Equipment ١-٢- معدات الاختبار (

تتكون معدات الاختبار من الباكر (العازل) ومجموعة من الصمامات التي توضع عند نهاية مواسير الحفر يساعد الباكر في عزل الطبقة المراد اختبارها عن تأثير عمود سائل الحفر في البئر والسماح للمائع بالدخول إلى حجرة الاختبار أو حاضنة العينات الطبقية ، ومنها إلى مجموعة مواسير الحفر. والشكل (١ - ١) يبين توزع معدات الاختبار.

يجب أن تؤمن أجهزة الاختبار الشروط الآتية [٥] :

١- أن تعزل الطبقة المراد اختبارها عن عمود سائل الحفر الموجود في البئر – ذي الضغط الأكبر من ضغط الطبقة – وجعل هذا السائل يؤثر على العازل فقط – الذي يثبت فوق الطبقة المختبرة.

٢- أن تمكن من وصل الطبقة المختبرة مع الأجهزة المركبة على السطح من خلال مجموعة مواسير الحفر الفارغة كلياً أو جزئياً .

٣- أن تحافظ على الموائع التي تدخل من الطبقة إلى داخل مواسير الحفر ، أثناء رفع الجهاز إلى السطح ، وذلك للتمكن من أخذ عينات من هذه الموائع لتحليلها مخبرياً.

وفيما يلي سوف ندرس بعض هذه الأجهزة .

١-٣- تصنيف أجهزة الاختبار:

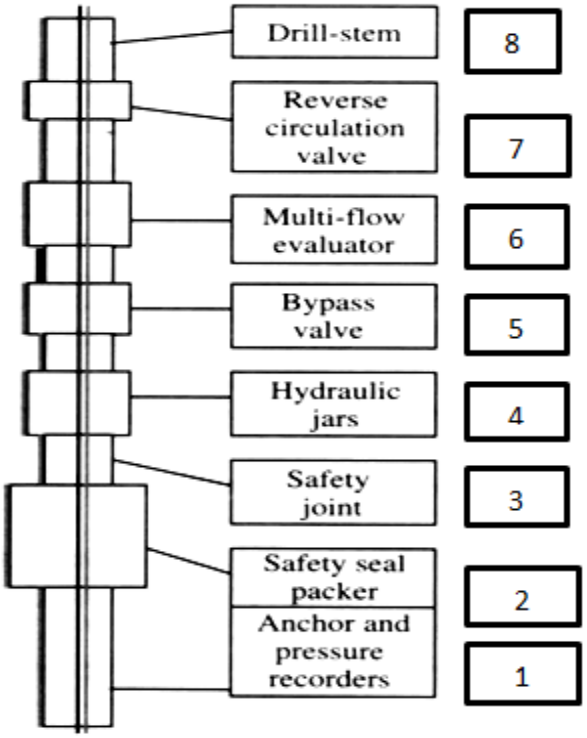
من الممكن تصنيف أجهزة الاختبار وفق مؤشرات عملها على الشكل التالي:

١-٣-١- حسب وضعية البئر :

- أجهزة لاختبار الطبقات المفتوحة (أثناء الحفر)
- أجهزة لاختبار الطبقات المغلقة (بعد السمنتة)

١-٣-٢ حسب عدد مراحل الاختبار :

- أجهزة أحادية المرحلة.
- أجهزة ثنائية المرحلة (تمهيدية + نهائية)
- أجهزة عديدة المراحل



الشكل (١ – ١) مخطط توزع معدات الاختبار .

١ – حذاء الارتكاز.
٢ – العازل(الباكر).
٣ – وصلة الأمان.
٤ – المطرقة الهيدروليكية.
٥ – فتحات عبور.
٦ – صمام الفتح والإغلاق.
٧ – صمام الدوران العكسي.
٨ – مجموعة المواسير.

- حسب طريقة العزل : 1-3-3

- العزل مع الاستناد على قعر البئر
- العزل مع الاستناد على جدران البئر

١-٣-٤ حسب عدد العوازل :

- أجهزة وحيدة العازل .
- أجهزة ثنائية العوازل
- أجهزة عديدة العوازل.

١-٣-٥ حسب نوع العازل :

- أجهزة ذات عوازل ميكانيكية.
- أجهزة ذات عوازل هيدروليكية.

١-٣-٦ حسب طريقة القياس :

- أجهزة ذات مقاييس ضغط وحرارة للأعماق.
- أجهزة ذات مقاييس ضغط وحرارة سطحية.

١-٣-٧ حسب طريقة التحكم بفارق الضغط :

- باستعمال الفالات القاعية.
- باستعمال منظم ضغط.
- باستعمال منظم جريان.

١- ٣-٨-حسب طريقة التحكم بالأجهزة :

- بمساعدة حركة مواسير الحفر المحورية.
- بمساعدة الحركة المحورية والدورانية.
- بمساعدة الحركة المحورية للمواسير وكبل التحكم السطحي.

١-٣-٩ حسب وجود أو عدم وجود حجرة العينات :

- مع أخذ عينة نفطية .

وسنقوم في هذا الفصل بدراسة بعض الأجهزة ، وسنركّز على الأكثر انتشاراً واستخداماً منها في مجال حفر الآبار .

١-٤- طرق اختبار الطبقات (Methods of Formation Testing)

توجد طريقتان لاختبار الطبقات [٢،١] :

١-٤-١- طريقة الاختبار للطبقات المفتوحة (Formation Test Open Hole):

يتم اختبار الطبقات المفتوحة قبل تغليفها وتدعيمها بالإسمنت ، أي بعد حفر الطبقة مباشرةً أو أثناء حفرها وذلك إذا كانت سماكتها كبيرة ، حيث تختبر على عدة مراحل بدءاً من الأعلى إلى الأسفل . ويعتبر هذا الاختبار من العمليات الهامة جداً خاصةً في الآبار الاستكشافية ، حيث أنه في حال التأكد من عدم وجود النفط أو الغاز يمكن إلغاء مرحلة التغليف الإنتاجية بهدف التقليل من الكلفة الإجمالية للبئر .

١-٤-٢- طريقة الاختبار للطبقات المغلقة (Formation Test Closed Hole):

يتم اختبار الطبقات المغلفة على مراحل من الأسفل إلى الأعلى ، حيث تقسم إلى عدة نطاقات ، ويجري تثقيب مواسير التغليف والإسمنت لفتح الطبقة ضمن المجال المحدد ، حيث يحدث ارتشاح الموائع من خلال الثقوب . وتختلف هذه الطريقة عن سابقتها بأنها [٧،٥، ٤]:

- أكثر كلفةً ، كونها تجري بعد عمليات التغليف والسمنتة والتثقيب (وكلها عمليات تتميز بكلفتها العالية) .
- إن سطح ارتشاح الموائع الطبقية باتجاه البئر أقل مما هو عليه في الطريقة السابقة ، حيث أن الارتشاح هنا يحدث من خلال الثقوب فقط ، بينما يحدث من كامل جدران البئر في الطريقة المفتوحة .

إضافةً إلى ذلك فإن الطريقتين تختلفان في نوعية العازل المستخدم ، حيث يكون من نوع عازل طبقي في الاختبارات المفتوحة بينما يكون عازل للمواسير في الاختبارات المغلقة .

تستخدم هذه الطريقة في الحالات الآتية :

١- عند عدم التمكن من تطبيق طريقة الاختبار المفتوح ، وذلك إما بسبب عدم وجود منطقة مناسبة لتثبيت العازل (حيث تكون الطبقات غير متماسكة وذات قساوة قليلة ، أو أن لدونتها عالية) ، أو أن ثبوتية هذه الطبقات ضعيفة ولا تسمح بالتوقف عن دوران سائل الحفر لفترات طويلة وكافية لإجراء الاختبار، وهذه الطبقات قابلة للتهدم وتسبب استعصاء العازل .

عند حدوث خطأ في تقييم الطبقة أثناء الحفر ، واكتشاف إمكانية احتوائها على النفط أو الغاز بعد تدعيمها بالتغليف والإسمنت من خلال القياسات الجيوفيزيائية البئرية

١-٥- تشكيلة جهاز الاختبار :

وهذه الأجهزة هي الأكثر شيوعاً واستخداماً في الوقت الحاضر، والشكل (١-٢) يبين الأجزاء المختلفة لأجهزة الاختبار ذات العازل الأسطواني باستخدام مواسير الحفر في حالتي الاختبار المفتوح والمغلف .

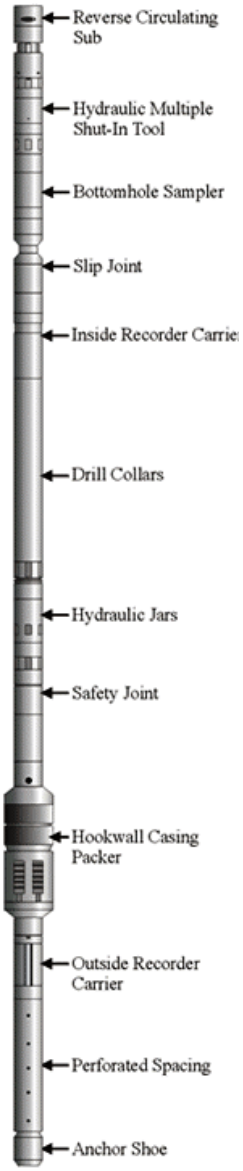
تتكون أجهزة الاختبار للطبقات المفتوحة من الأجزاء الآتية [٥،٦،٧] :

١-٥-١- ذيل جهاز الاختبار (Tail):

يقع الذيل أسفل العازل ، ويتكون من المصفاة وحاضن مقياس الضغط وعدد من أعمدة الحفر . يؤدي الذيل الوظائف الآتية :

آ- التمكين من التحميل على العازل ، وذلك نتيجة استناده على قاع البئر من خلال حذاء أصم .

ب- السماح للموائع الآتية من الطبقة بالدخول والارتفاع خلال مجموعة المواسير باتجاه السطح ومنع الحبيبات الرملية التي قد تحملها هذه الموائع من الدخول . تستعمل لهذا الغرض مصفاة ، الشكل (١-٣) ، وهي عبارة عن ماسورة مثقبة توزع الثقوب عليها بشكل متناظر وبأشكال هندسية متعددة .



١- الحذاء

٢- مسجل الضغوط السفلي .

٣- وصلات التصفية .

٤ -أعمدة حفر.

٥- العازل المطاطي

٦- وصلة الأمان .

٧- المطرقة الهيدروليكية

٨- مسجل الضغوط العلوي .

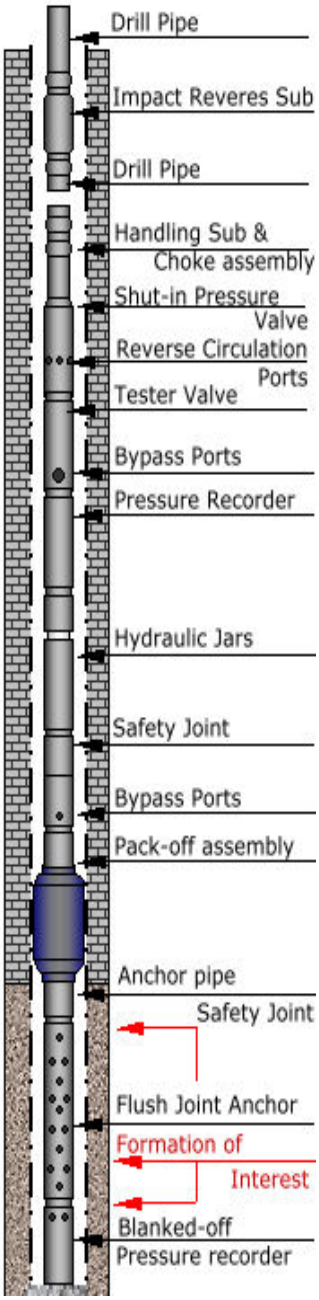
٩- الصمام الرئيسي

١٠- صمام أخذ ضغوط التدفق والاغلاق (صمام الفتح والإغلاق).

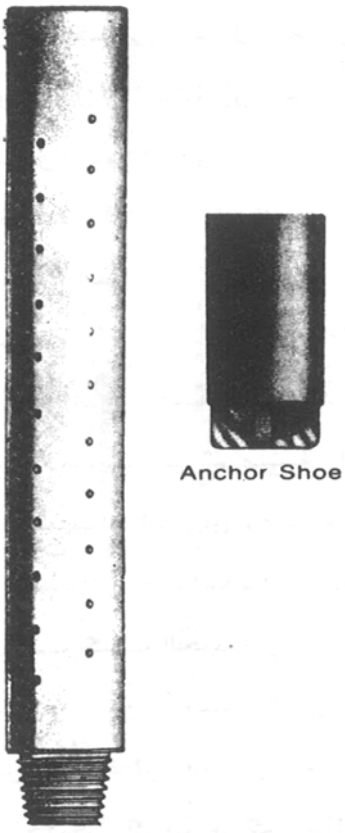
١١- حجرة العينات .

١٢- وصلة تعليق وتعديل الجريان (رأسية تعليق ومنظم جريان).

١٣- صمام الدوران المعاكس.



الشكل(١-٢) تشكيلة الاختبار باستخدام مواسير الحفر في حالتي الاختبار المفتوح والمغلف



الشكل (١-٣) : مصفاة جهاز الاختبار مع مسندها .

تحدد أقطار الثقوب اعتماداً على التركيب الحبيبي للصخر في الطبقة المختبرة ، بحيث تسمح لحبيبة واحدة بالعبور وتمنع عبور حبيبتين في آن واحد (قطرها أكبر من قطر حبيبة واحدة وأصغر من قطر مجموع حبيبتين) . تصنع المصافي من أعمدة حفر ذات سماكة جدار كبيرة كي تكون قادرة على تحمل الأوزان الكبيرة التي تترك عليها لتثبيت العازل ، إضافةً إلى الضغط الخارجي الكبير لعمود سائل الحفر . يتم اختيار طول المصفاة اعتماداً على طول المجال المراد اختباره . تصنع المصافي بأطوال تتراوح ما بين ١٢-٦٠ إنش. توصل النهاية السفلى للمصفاة مع حذاء بنهاية مدببة تسهّل من 3/8 3 - ¼ 6إنش وأقطار من إنزال مجموعة الاختبار خصوصاً في مناطق الميل وتؤمّن تثبيتها على القاع أثناء التحميل على العازل .

١-٥-٢- العازل (Packer):

وهو أسطواني الشكل يتكون من ماسورتين معدنيتين يثبت عليهما مطاط مقاوم مع وجود فراغ محدد بين الماسورتين يسمح عند اقترابهما من بعضهما بزيادة قطر العازل حتى يصبح مساوياً لقطر البئر.

وظيفة العازل هي عزل الطبقة المراد اختبارها عن تأثير عمود سائل الحفر حيث يؤمن هذا العازل بعد تثبيته على جدران البئر عزل الجزء الكائن أسفلة عن تأثير عمود سائل الحفر أعلى العازل ، و توجد عدة أنواع للعازل حسب البئر المراد اختباره:

- عازل بئر مفتوحة(عازل طبقات) ، الشكل (١-٤) .
- عازل بئر مغلفة (عازل مواسير) ، الشكل (١-٥) .

و في كل الأنواع و إن اختلفت فإن وظيفة العازل تبقى واحدة وهي العزل التام للمجال المراد اختباره، أما الفرق الأساسي بين عازل المواسير و عازل الطبقات فهو في مكان نقطة الاستناد أو الارتكاز ، ففي عازل المواسير تكون نقطة الارتكاز موجودة على جدران مواسير التغليف حيث أن هذا النوع من العوازل مزودة بأظافر تعشيق نحو الأسفل تتحرر و تصبح جاهزة للتعشيق بمجرد تدوير المواسير بمقدار معين و البدء بوضع الحمل عليها.

وهناك نوع آخر من هذه العوازل مزودة بالإضافة لأظافر التعشيق نحو الأسفل بأظافر تعشيق نحو الأعلى لمنع تحرر الباكر عند تعرضه لضغوط قوية من الأسفل



الشكل (١-٥) : عازل للمواسير.



الشكل (١-٤) : عازل طبقي

وهذا النوع يستعمل بالإضافة لعمليات الاختبار لإجراء بعض العمليات الإنتاجية الأخرى ، أما مكان نقطة الارتكاز في النوع الثاني من العوازل (عازل الطبقات) تكون نقطة الارتكاز في قاع البئر بواسطة مجموعة الذيل و الحذاء .

- ميكانيكية عمل العازل :

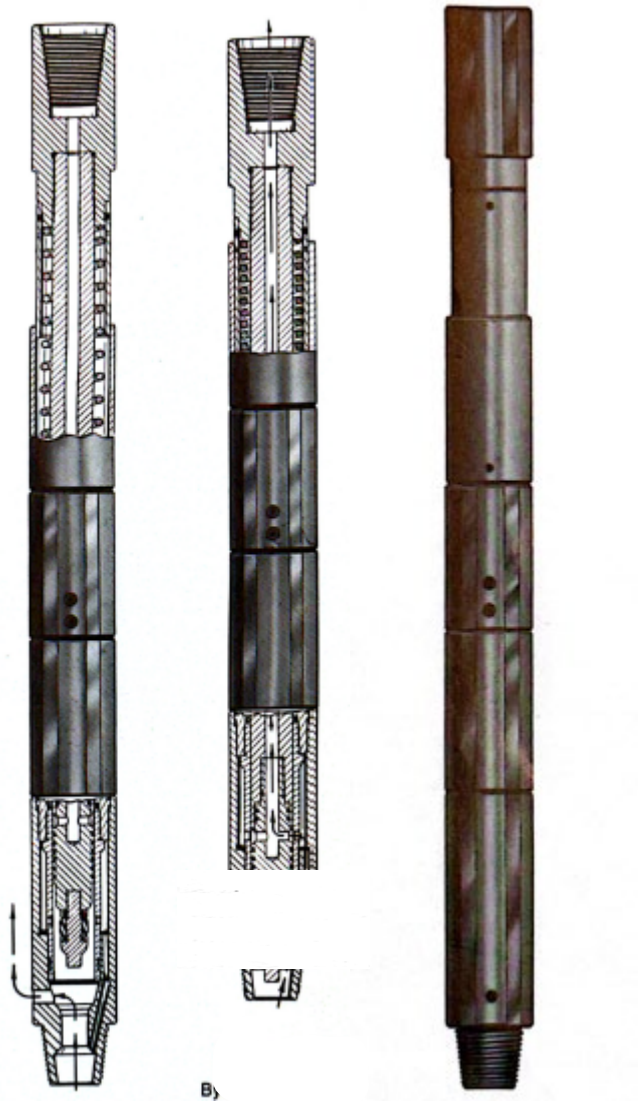
أثناء إنزال الأجهزة و حتى الوصول إلى القاع فإن العازل يكون متمدداً بوضعه الأصلي حيث تكون الوصلة السفلية معلقة مع الوصلة العلوية بواسطة حلقة استناد موجودة أعلى المحور المركزي و يكون الجسم العازل المطاطي مرتبط مع الوصلة العليا و عندما يبدأ التحميل على العازل فإن الجسم المطاطي يبدأ بالانضغاط على السطح العلوي للوصلة السفلية في الوقت الذي تبدأ الوصلة العليا و التي تتلقى الحمل بالهبوط نحو الأسفل حول المحور الرئيسي مما يؤدي لتكدس الجسم المطاطي على شكل تناقص في طوله بمقدار يعادل انتقال الوصلة العليا نحو الأسفل و هذا التناقص في طول العازل يؤدي إلى انتفاخه (تمدده) عرضياً للاستناد على جدران البئر و في هذه الأثناء ينشأ فرق ضغط بين المنطقة فوق العازل و المنطقة المختبرة و نتيجة لهذا الفرق فإن السطح العلوي للجسم المطاطي يستند و يرتص لإحكام العزل على جدار البئر شرط وجود تحميل مستمر و ثابت خلال فترة الاختبار .

ومن الجدير بالذكر أن بعض الطبقات السطحية التي تحتوي على مكامن نفطية و غازية و عندما تستدعي الضرورة اختبار مثل هذه الطبقات /هشة أكثر من المعتاد/هذه الحالة تخلق مشكلة خاصة عندما يقوم طاقم الحفر بالتعامل مع جهاز الاختبار. و تشكيلة الاختبار التقليدية (بعازل ميكانيكي) تحتاج نسبياً لوزن كبير من مجموعة مواسير الحفر للحصول على عزل جيد .

ففي الآبار السطحية يمكن ألا يحقق طول المواسير الوزن الكافي و المطلوب لتثبيت العازل ، أيضاً في الآبار العميقة و عندما تكون الطبقات طرية حيث لا يمكن إسناد ذيل تشكيلة جهاز الاختبار على القاع و بالتالي عدم التمكن من تطبيق الوزن المحدد لانتفاخ العازل و الحصول على العزل الجيد، فإنه يمكن تأمين العزل باستخدام عازل قابل للانتفاخ أو العزل بواسطة السوائل (هيدروليكياً) . وسوف نأتي على دراسة هذا النوع من الأجهزة لاحقاً **١-٥-٣- جهاز الاختبار** : ويتكون من الأجزاء الآتية :

(آ- جهاز اختبار التدفق (Hydro-spring tester:

يقع هذا الجهاز في الجزء السفلي من مجموعة الاختبار، (الشكل ١-٦) ويحوي صماماً نابضياً يفتح بالتحميل عليه بوزن معين . يكون هذا الجهاز مغلقاً أثناء التنزيل . ويمكن التحقق من فتح الصمام من خلال مراقبة مقياس الوزن على السطح ، الذي يسجل تناقصاً مفاجئاً بفعل قوة دفع الموائع المتدفقة .



٣ ٢ ١

الشكل (١-٦) : جهاز اختبار التدفق .

١-منظر عام ،٢- وضعية الجهاز وهو مفتوح (أثناء الاختبار) ، ٣- وضعية الجهاز وهو مغلق

ب- حاضنة العينة الطبقية :

تقع فوق جهاز اختبار التدفق ، وهي عبارة عن فراغ بحجم ٢ ليتر تتجمع فيه العينة النظيفة من الموائع الطبقية في المراحل الأخيرة من الاختبار . تكون الحاضنة مفتوحة أثناء الإنزال ، وتغلق بعد امتلائها بالعينة الطبقية .

جـ- صمام الدوران المعاكس (Reverse circulation ports) :

وظيفة هذا الصمام هي إجراء دوران في البئر بعد الانتهاء من الاختبار وتحرير العازل لقتل الطبقة التي تم تحريضها أثناء الاختبار. وتعمل هذه الصمامات إما بكسر أغطيتها بواسطة قطعة معدنية ترمى داخل مجموعة مواسير الحفر ، أو بكسر أغطيتها برفع الضغط داخل مجموعة مواسير الحفر بواسطة سائل الحفر .

د- صمام الفتح والإغلاق ((Multi flow evaluator))الشكل 7-1:

يقع هذا الصمام فوق جهاز اختبار التدفق ويقوم بالوظائف الآتية :

- تنظيم عملية الاختبار على مراحل .
- تسجيل منحنيات استعادة الضغط داخل البئر.

أثناء الإنزال يكون هذا الصمام مفتوحاً (الفتح الأول للصمام) ، وبعد تثبيت العازل وفتح جهاز اختبار التدفق تمر الموائع الطبقية خلاله باتجاه الأعلى(مرحلة تحريض الطبقة) وتستمر لبضع دقائق ، بعد ذلك يغلق الصمام بتدوير الطاحون عدداً من الدورات (ويحدد عددها تبعاً لنوع الصمام) وخلال ذلك تستمر الموائع بالتدفق ويزداد الضغط داخل البئر ، وتستمر هذه الفترة حتى استقرار الضغط داخل البئر وتحديد الضغط الطبقي تبعاً لذلك (حوالي الساعة) ، ثم يفتح الصمام مجدداً (بتدوير الطاحون) للحصول على كمية كافية من الموائع (الفتح الثاني) لفترة تتراوح بين نصف ساعة وساعتين ، وتسمى فترة الاختبار الحقيقي . بعد ذلك يغلق الصمام مجدداً لتسجيل منحني استعادة الضغط داخل البئر .

توضع أحياناً فالة فوق جهاز اختبار التدفق لتشكيل ضغط معاكس على الطبقة والتخفيف من شدة التدفق .



) صمام الفتح والإغلاق 1-7الشكل (

١-٥-٤- مجموعة الأجهزة المساعدة في الاختبار :

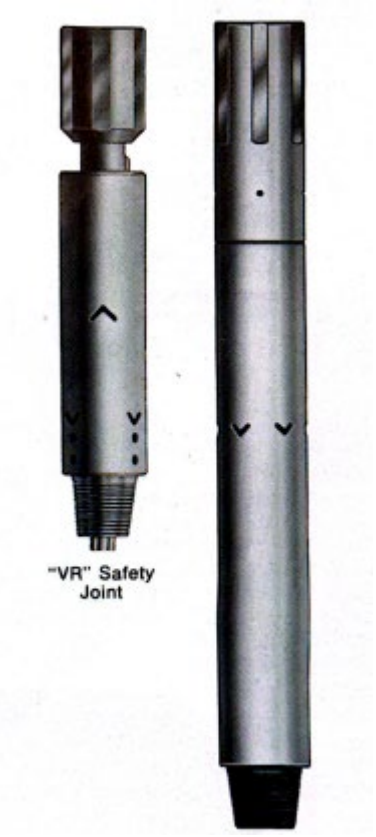
تساهم هذه المجموعة في إنجاح عملية الاختبار ، وتتألف من [٥،٦،٧] :

) :1-8 الشكل ((Safety joint)آ- وصلة الأمان

وتستعمل عند اختبار الطبقات المفتوحة ، وخصوصاً عند وجود طبقات ضعيفة التماسك ضمن المجال المفتوح من البئر والتي قد تتسبب في استعصاء العازل ، وليس لها ضرورة عند اختبار الطبقات المغلقة . توضع وصلة الأمان فوق العازل مباشرةً ، والهدف من استخدامها هو تحرير مجموعة الاختبار ورفعها مع مواسير الحفر إلى السطح عند استعصاء العازل واستحالة تحريره .

آلية عملها :

تتميز وصلة الأمان بشرار يميني بخطوة كبيرة – معاكس لشرار بقية المجموعة وأيضاً شرار مواسير الحفر اليساري ويمكّن من حلها عن العازل بالتدوير إلى اليسار بواسطة الطاحون المركب على السطح . يجب أن تقاوم وصلة الأمان كل الإجراءات التي تتخذ أثناء الاختبار وعند الرفع والتنزيل بحيث لا تحل عن العازل إلا عند الطلب . يوجد أنواع متعددة من وصلات الأمان تختلف فيما بينها بطريقة وصلها وفكها ، وقطرها الداخلي والخارجي ، ونوعية شرارها .



) وصلة الأمان1-8الشكل (

):1-9الشكل (Hydraulic jar) ب- المطرقة الهيدروليكية

تستعمل المطرقة الهيدروليكية في جميع عمليات اختبار الطبقات المفتوحة ، ولا تستعمل في اختبار الطبقات المغلقة . وظيفة المطرقة الهيدروليكية هي المساعدة في تحرير العازل في حال استعصائه .

آلية عملها :

تركب المطرقة الهيدروليكية فوق وصلة الأمان ، وتحول قوة الشد التي تتعرض لها إلى عدة ضربات (اهتزازات) بقوة وسرعة تتناسبان وقوة الشد ونوعية المطرقة نفسها . تؤثر هذه الاهتزازات على العازل –

الملتصق بقوة على جدران البئر – مباشرةً ، مؤديةً لشده بقوة كبيرة ، ومساعدةً في تحريره . وفي حال عدم استخدام المطرقة الهيدروليكية فإن قوة الشد التي يمكن تطبيقها قليلة بسبب حساسية مجموعة الاختبار .

يوجد أنواع متعددة من المطارق الهيدروليكية تختلف عن بعضها بقطرها وقوة الشد التي تتحملها ، وقوة الشد التي تولدها ، وبعدد وسرعة الاهتزازات التي تولدها . يتم التحكم بسرعة وتردد كل هزة بسهولة من قبل الحفار .

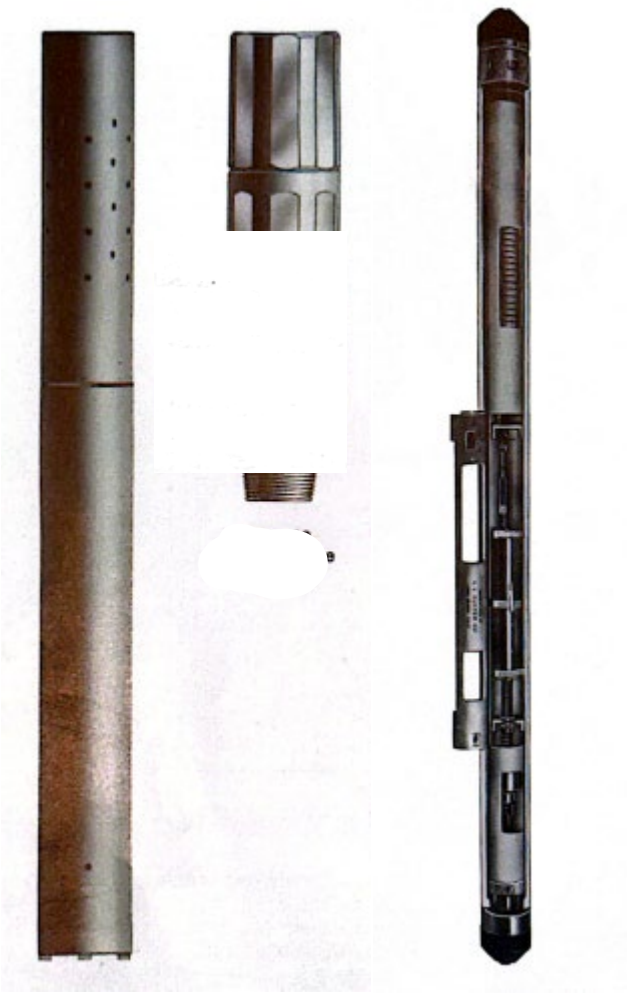


) المطرقة الهيدروليكية1-9الشكل (

)1-10 الشكل ((Pressure and temperature recorders)ج- أجهزة قياس الضغط والحرارة

الهدف من هذه الأجهزة في جهاز الاختبار هو تحديد الضغط ودرجة الحرارة في الطبقة التي يجري اختبارها وذلك من أجل دراسة العينة على السطح ضمن الشروط الطبقية باستخدام أجهزة الضغط والحرارة والحجم

وبالتالي تحديد نظام الاستثمار المثالي للمكامن الهيدروكربونية . توضع هذه الأجهزة ضمن حاضن P.V.T خاص لوقايتها من الصدمات ، والذي يركب فوق أو تحت العازل ، وقد يستخدم حاضنان في



الشكل (١-١٠) : أجهزة قياس الضغط ودرجة الحرارة .

الوقت نفسه ، أحدهما أسفل العازل والمصفاة ، والثاني أسفل جهاز اختبار التدفق . تسجل هذه الأجهزة تحول كل من الضغط والحرارة عند قاع البئر كتابعين للزمن ،وتقوم إبرة حساسة داخل الجهاز برسم منحني التحول على ورقة حساسة مصممة لهذا الهدف.

١-٥-٥- مجموعة مواسير الحفر (Drillpipe):

وتتألف من أعمدة الحفر ومواسير الحفر ، وهي تؤمن رفع وإنزال مجموعة الاختبار ، والتحميل على العازل والصمام النابضي .

١-٥-٦- الأجهزة السطحية التي يزود بها رأس البئر أثناء الاختبار:

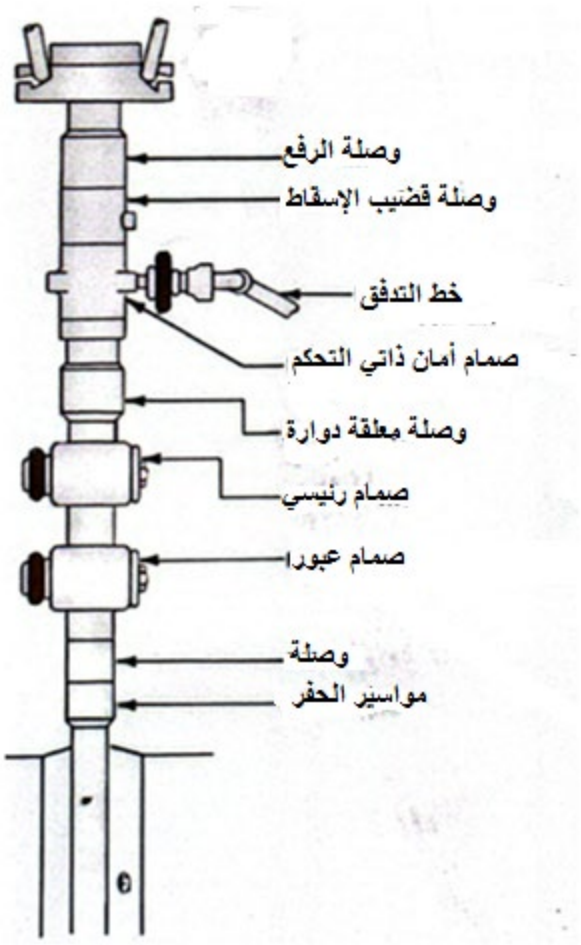
تستخدم هذه الأجهزة بهدف التحكم بعملية الاختبار والسيطرة عليها . ولذلك تستخدم أجهزة تحكم سطحية بأشكال مختلفة [٣]. عند اختبار الطبقات المفتوحة تستخدم وصلة عادية على رأس مواسير الحفر مزودة بتفريعتين ، توصل إحداهما مع خط الشعلة للبئر، والأخرى مع برميل مملوء بالماء بواسطة أنابيب سريعة الفك والتركيب ، ويركب على كل خط صمام يمكن فتحه وإغلاقه عند الطلب . في البداية يفتح الصمام الذي يوصل رأس البئر مع برميل الماء ، ويمكن ملاحظة بدء التدفق من خلال فقاعات الهواء التي تخرج من المواسير ، وعندئذ يفتح الصمام الذي يصل إلى خط الشعلة ويغلق الصمام الآخر .

توصل أجهزة التحكم السطحية مع مجموعة التشعبات السطحية، من خلال خط التدفق ، وتمكن هذه المجموعة من توجيه الموائع المتدفقة من البئر بالاتجاه المطلوب .

تتألف أجهزة التحكم السطحية من الأجزاء الآتية ، الشكل (١-١١) :

١- وصلة الرفع (Lift nipple):

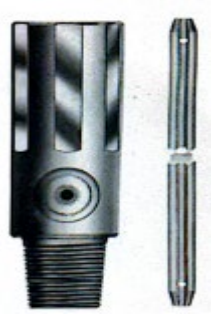
تمكن هذه الوصلة من رفع مجموعة التحكم السطحية حتى خروج جزء من مواسير الحفر فوق السطح (قبل فك الأجهزة السطحية .Slips، ليتم تثبيتها داخل الطاحون بالمزلات)



الشكل (١-١١) : أجهزة التحكم برأس البئر أثناء الاختبار .

الشكل (١-١٢):(Bar drop sub)٢- وصلة قضيب الإسقاط

تمكن هذه الوصلة من رمي قضيب معدني داخل مجموعة مواسير الحفر لفتح صمام الدوران المعاكس ، وفي بعض الحالات لفتح الصمام العلوي من جهاز اختبار التدفق .



الشكل (١-١٢) وصلة قضيب الإسقاط

)1-13 الشكل ((Remote control valve)-صمام ذاتي التحكم 1:)

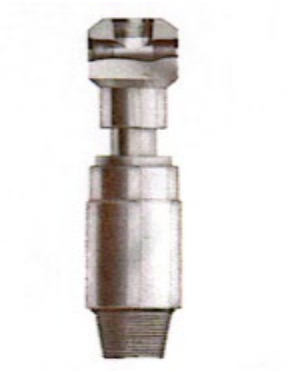
يستخدم هذا الصمام لتشكيل ضغط ثابت على رأس البئر وذلك لكي يتم تدفق الموائع الطبقية ضمن نظام مستقر ، حيث يغير هذا الصمام من اتساع فالته تبعاً لشدة التدفق .



) صمام ذاتي التحكم1-13الشكل (

)1-14 الشكل ((LT-20 swivel)٤- الوصلة المعلقة الدوارة

تؤمن هذه الوصلة إمكانية تدوير مجموعة مواسير الحفر لفتح أو إغلاق صمامات جهاز الفتح والإغلاق إضافةً إلى وصل مجموعة التحكم السطحية بالتشعبات المختلفة (أي أنها تقوم بوظيفة الرأس الهيدروليكي أثناء الحفر العادي) .



) الوصلة المعلقة الدوارة1-14الشكل (

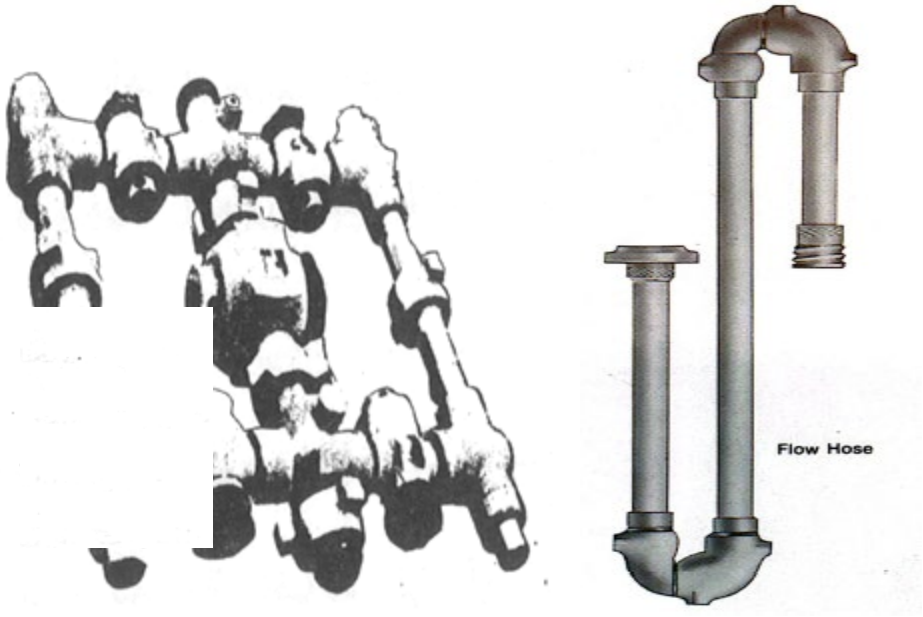
:(Master valve)٥- صمام رئيسي

يتم من خلاله التحكم بسرعة وكمية الموائع المتدفقة من البئر .

: (Access valve)٦- صمام عبور

يوصل هذا الصمام مع مضخات سائل الحفر من إجراء دوران لسائل الحفر بعد الانتهاء من الاختبار وقبل رفع مجموعة مواسير الحفر للسيطرة على الطبقة التي حرضت أثناء الاختبار.

): وتمكن هذه 1-15) الشكل (Flow Hose) وخط التدفق(Manifold٧- مجموعة التشعبات السطحية(المجموعة من توجيه الموائع المتدفقة من البئر بالاتجاه المطلوب .



الشكل (١-١٥) : مجموعة التشعبات السطحية وخط التدفق.

الفصل الثاني

تكنولوجيا اختبار الطبقات

إن الاختيار الصحيح للمعدات والأجهزة المناسبة لاختبار البئر المدروسة، وكذلك الدقة والمهارة في وضع وتنفيذ برنامج الاختبار من أهم العوامل التكنولوجية التي تضمن نجاح عملية الاختبار

، ٢-١-إعداد برنامج الاختبار:

٢-١-١-اختيار العازل المناسب وتحديد مكان تثبيته :

) الذي K_Bيحدد قطر العازل الذي سوف يستخدم مع مجموعة الاختباراعتماداً على مايعرف بمعامل العزل (يعرف بأنه النسبة مابين قطر العازل قبل وبعد التحميل وانتفاخ أجزاءه المطاطية أي :

$$K_B = \frac{D_W}{D_r} \qquad (1-2)$$

حيث أن:

قطر البئر(أو قطر رأس الحفر الذي يستخدم لحفر هذه المرحلة) D_W :

: قطر العازلD_r

ومن أجل أن يؤدي K_B $1.18 \leq$) وبشكل عام فإن $1.08-1.12$ تتراوح القيم العملية لمعامل العزل (العازل وظيفته يجب أن يثبت في منطقة ملائمة(صخور قاسية ذات ثبوتية جيدة) ويتم تحديد نطاق تثبيت العازل اعتماداً على دراسة وتحليل المقطع الجيولوجي للبئر وعلى القياسات الجيوفيزيائية وتحليل العينات الأسطوانية والفتاتية .

بعد تحديد مكان تثبيت العازل يجب تحديد طول المجال الذي سوف يختبر(تحديد طول ذيل مجموعة الاختبار) واعتماداً عليه يتم تحديد نوع أعمدة الحفر والتركيبة المناسبة للذيل بحيث يكون ذا مقاومة كافية تسمح بالتحميل على العازل (يفضل أن يكون طول المجال المختبر صغيراً كي يكون التقييم للمجالات المختبرة أكثر دقة ولا يجوز أن يكون طول هذا المجال أكثر من 30 m.)

إن أقل طول لمجال العزل يعطى بالعلاقة التالية :

$$L_B \geq \epsilon\ H_B + 2 \qquad (2-2)$$

: الخطأ النسبي في قياس عمق البئر جيوفيزيائياً وبالمواسير ويحسب بالعلاقة التالية :ϵ

$$\varepsilon = \frac{H_G - H_t}{H_G} \qquad (3-2)$$

: عمق البئر محدد جيوفيزيائياً وبطول المواسير على التوالي . $H_t\ \ H_G$

: عمق تثبيت العازلH_B

٢-١-٢-التحقق من مقاومة مواسير الحفر لاجهادات تحرير الباكر :

من أجل تجنب انقطاع مواسير الحفر المستخدمة لعملية الاختبار أثناء تحرير الباكر بتطبيق قوة شد إضافية F_{max} محورية قيمتها يجب أن لاتتجاوز

$$F_{max} \leq\ 0.785\ \frac{({d_0}^2 - {d_i}^2)\sigma_T}{S_f} - G_0 \qquad (5-2)$$

القطر الخارجي والداخلي لمواسير الحفرعلى التوالي.d_i, : d_0

: وزن المواسير في السائل.G_0

)1.5-1.3:عامل أمان (S_f

٢-١-٣-تحديد ارتفاع الوسادة المائية في المواسير

وعند إنزال مواسير الحفر في البئر (مفرغة كلياً أو جزئياً) تتعرض لضغط خارجي ولهذا من أجل تجنب انطباقها.يتوجب وضع وسادة مائية أثناء اختبار الطبقات المتوقع أن تكون ذات ضغط مرتقع وذلك من أجل تحقيق ضغط معاكس ولتجنب مايلي:

- الاندفاع وضغط الجريان البدائي العنيف للحصول على إقلاع بطيء للطبقة.
- حدوث صدمات هيدروليكية قوية قد تسبب تهدم الطبقة واستعصاء المواسير.
- تخفيف تأثير الضغط الخارجي السكوني للسائل المحيط بالمواسير .

ويمكن استعمال مواد آخرى غير الماء مثل الغاز الطبيعي أو أي غازخامل (آزوت) ولكنت في جميع الأحوال يجب أن يكون ضغط الوسادة المائية المحدد ارتفاعها في المواسير أقل من ضغط الطبقة حتى نستطيع الحصول على فارق ضغط يضمن تدفق الطبقة وتسجيل منحني استعادة ضغطها.

إن ارتفاع الوسادة المائية تحدده :

١. ثبوتية جدران البئر :إذا كان فارق الضغط كبيراً يمكن أن يحدث تهدم الطبقة ، واحتمال استعصاء المجموعة وكذلك إغلاق ثقوب المصفاة .

٢. تركيب الصخر الخازن : عند فارق ضغط كبير يحتمل إنطباق الشقوق وتقليل النفوذية وأن سرعة تطبيق فارق الضغط الكبير قد يؤدي إلى صدمات تسبب تشقق الطبقة وحدوث تهريب لسائل الحفر.

٣. ثبوتية العازل تقل عند تطبيق فارق ضغط كبير.

٤. انطباق مواسير الحفر عند التفريغ الكبير.

يمكن تحديد ارتفاع الوسادة المائية اعتمادا على فرق الضغط بين الطبقة والبئر والذي يجب تقديره من قبل مهندس الحفر اعتماداً على خبرته ،

.

٢-٢-تنفيذ برنامج الاختبار:

قبل البدء بإنزال تشكيلة الاختباريجب القيام ببعض الاجراءات التحضيرية على البئر والتي تشمل على :

١. التأكد من جدران البئر متوازن القطر في المجال المفتوح ولاتوجد فيه تضيقات قد تؤدي إلى تمزق العازل المطاطي وذلك من خلال عملية رفع وانزال المواسيرعدة مرات حتى نتأكد من الوضعية السليمة له(بمراقبة جهاز قياس الوزن على السطح)

٢. قبل رفع مجموعة مواسير الحفر يجب إجراء عملية دوران لسائل الحفر ولفترة كافية للتأكد من أن سائل الحفرالموجود في البئر أصبح متجانسا والتأكد من أن مواصفاته أصبحت جيدة بحيث تقلل من لزوجته وكذلك من الوزن النوعي لمنع انسداد الماسورة المثقبة والصمامات السفلية، وكذلك لتسهيل غنزال معدات الاختبار مع مجموعة مواسير الحفر وتلافي تشكيل ضغط كبير أسفل العازل، حيث يتم إنزال مجموعة أجهزة الاختبار بصمامات مغلقة أي أن المواسير هي بنهاية مغلقة وتشبه مكبس (أثناء الرفع والتنزيل) كما يعالج السائل بمركبات كيميائية للتقليل من خاصية التهلم لأنه يبقى ساكناً أثناء فترة الاختبار.

٣. إذا كانت البئر مغلفة يجب تنظيف جدران مواسير التغليف بشكل جيد لازالة بقايا الاسمنت الملتصقة خشية تمزق الجسم المطاطي للعازل أو تعشق أظفاره على جدران مواسير التغليف .

٢-٢-١-البدء بإنزال قطع جهاز الاختبار:

بعد التأكد من كل التفاصيل السابقة نبدأ بتجميع وتنزيل أجهزة الاختبار مع مراعاة مايلي :

١. اتباع سرعة إنزال بطيئة حتى نتلافى حدوث ظاهرة الانضغاط في البئر (سرعة إنزال جهاز الاختبار بحدود % 30 من سرعة الانزال العادي) .

٢. مراقبة مقياس الوزن على السطح أثناء الانزال لتدارك أي تحميل مفاجيء على الصمام الرئيسي قد يؤدي إلى فتحه نتيجة وجود انحناءات في البئر .

٣. ملء الكمية اللازمة للوسادة المائية أثناء الانزال كل وصلة أو وصلتين من مواسير الحفر حتى الوصول إلى الطول اللازم للوسادة .

٤. عدم استعمال طاولة الدوران (الطاحون) أثناء ربط المواسير بعضها مع بعض والاكتفاء فقط بالمفاتيح مع إقفال طاولة الدوران خشية دوران المواسير وحل وصلة الأمان .

٢-٢-٢-توضع العازل وفتح صمام الاختبار:

يتم تثبيت العازل من خلال وضع حمل معين مع تدوير المواسير بمقدار معين أيضاً هذا إذا كان العازل في بئر مغلفة ،وأثناء وضع الحمل على العازل يجب مراقبة مستوي الطفلة في الفراغ الحلقي وبشكل دقيق وفي حال ظهور انخفاض في مستوي الطفلة يجب أن يتم رفع الحمل مباشرة ، وإعادة المحاولة حتى يتم تثبيت العازل واتمام العزل ،أما إذا تكرر هبوط الطفلة أكثر من أربع مرات هذا يعني أن الجسم المطاطي من العازل قد تمزق،أو أن مكان تثبيته غير مناسب وهنا يجب الرفع بشكل كامل وتغيير العازل المطاطي الممزق وإعادة النظر في مكان تثبيته ، وفي حال توضعه بشكل طبيعي دون حدوث انخفاض ملحوظ لمستوى الطفلة في الفراغ الحلقي فإنه يجب الانتظار من (5-10 دقائق ليتم فتح الصمام الرئيسي الذي تعرف أنه انفتح بتغيير الحمل الذي طبقناه وهنا يجب وبشكل فوري اعادة الحمل على ماكان عليه قبل انفتاح الصمام الرئيسي وحصول منسميه بالتدفق الأولي نتيجة فرق الضغط بين الطبقة والبئر .

مراحل الاختبار:2-3-

١-٣-٢A، 1-2): مرحلة انزال مجموعة الاختبار في البئر الشكل (

بعد تجميع وتركيب مجموعة الاختبار على السطح يبدأ بانزالها بواسطة مجموعة مواسير الحفر أثناء التنزيل يكون الصمام النابضي لجهاز اختبار التدفق مغلقاً وصمامي العبور الجانبيين مفتوحين ، يمر سائل الحفر من خلال صمامي العبور إلى الفراغ الحلقي ويؤمنان تساوي الضغط في الفراغ الحلقي أعلى وأسفل العازل كما يمنعان ارتفاع الضغط أسفل العازل أثناء التنزيل (بسبب قطر العازل الكبير).

٢-٣-٢B، 1-2:) مرحلة الاختبار الفعلية (يمكن أن تتكون من عدة مراحل) الشكل (

عند وصول جهاز الاختبار إلى قاع البئر تركب أجهزة التحكم السطحية ويجري بعد ذلك التحميل على العازل لتثبيته ثم يزاد الحمل على الصمام النابضي لفتحه يغلق معبري التصريف الجانبيين بعد التحميل على العازل مباشرة– بعد فتح صمام جهاز التدفق تبدأ الموائع الطبقية بالتدفق باتجاه البئر (نتيجة فرق الضغط الكبير بين الطبقة والبئر) تعبر الموائع الطبقية المصفاة أسفل العازل وتتجه إلى الأعلى من خلال جهاز اختبار التدفق ومجموعة أجهزة الاختبار الآخرى ومواسير الحفر.

٣ – ٣-٢C، 1-2: مرحلة تسجيل منحني استعادة الضغط الشكل (

بعد أخذ العينات الطبقية بغلق صمام الفتح والاغلاق وتترك مجموعة الاختبار مفتوحة (تستمر الطبقة المختبرة بدفع موائعها باتجاه البئر) حيث يزداد الضغط داخل البئر باستمرار حتى يتساوى مع ضغط الطبقة

٤ – ٣-٢D، 1-2 :): مرحلة تحرير الباكر الشكل (

بعد انتهاء الزمن المحدد للاختبار يزال الوزن المطبق على العازل . ويغلق الصمام النابضي داخل جهاز اختبار التدفق وتعزل الموائع الطبقية فوق هذا الصمام تفتح المعابر الجانبية فوق العازل مؤمنة تعادل الضغط فوق وأسفل العازل ومسهلة من تحريره. في هذه المرحلة وبعد فتح المعابر الجانبية تعود الطبقة المختبرة للتعرض مجدداً لضغط عمود سائل الحفر الذي يعمل على قتلها.(ضغط عمود سائل الحفر أكبر قليلاً من ضغط الطبقة) .

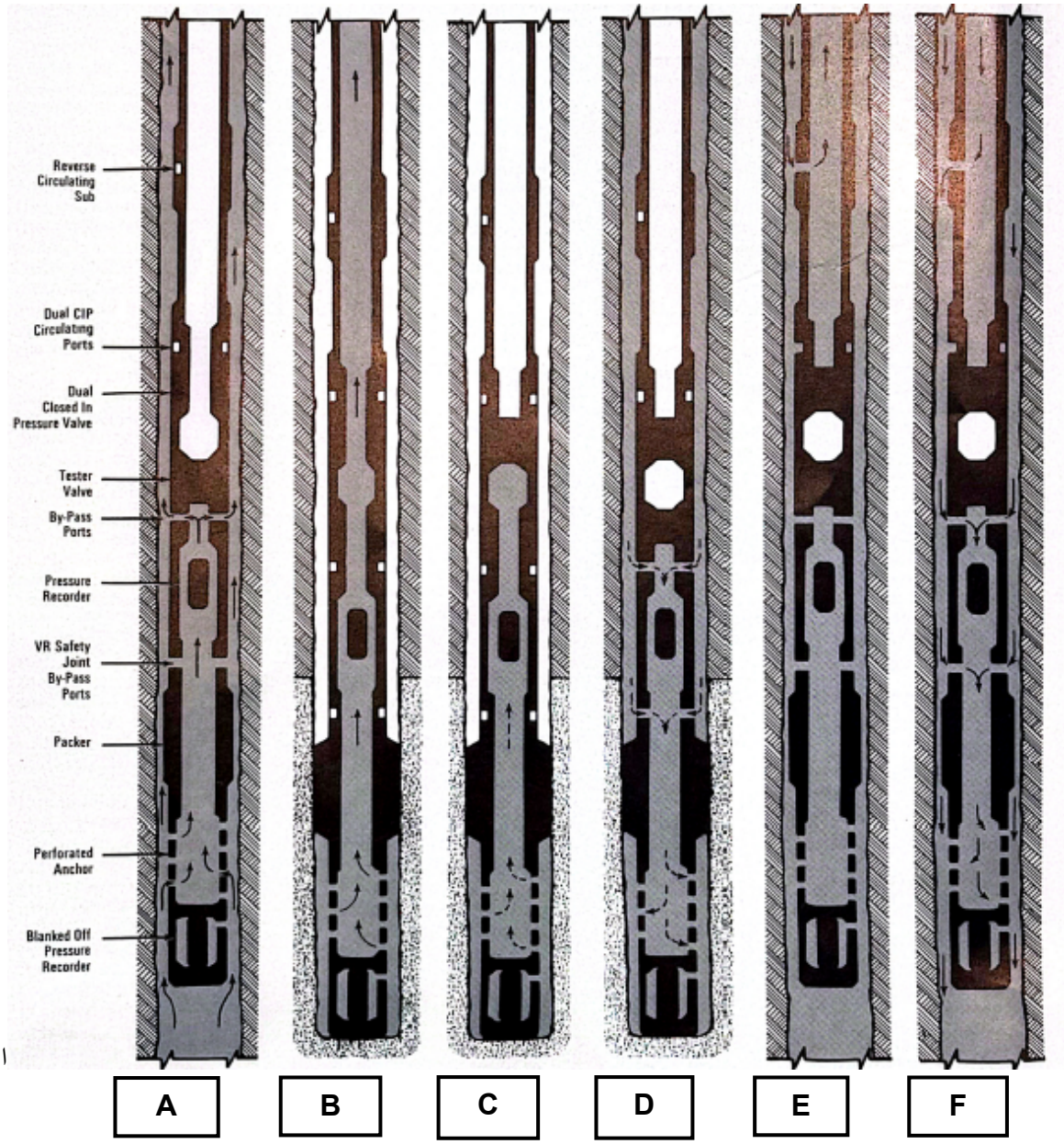
٥- ٣-٢E، 1-2:) مرحلة دوران سائل الحفر الشكل (

في حال حدوث اندفاع شديد للموائع الطبقية قد نضطر لضخ سائل حفر بشكل مباشر أو عكسي لقتل الطبقة التي تحرضت أثناء الاختبار ولتنظيف البئر من نواتج الاختبار، ولتحقيق هذا الدوران يجب فتح صمام الدوران العكسي (إما بزيادة الضغط داخل المواسير أو باسقاط عصى الفتح لكسر غطاء الثقوب الشكل.

٦- ٣-٢F، 1-2:) مرحلة رفع جهاز مجموعة الاختبار الشكل (

بعد الانهاء من دوران سائل الحفر نبدأ بالرفع . في هذه المرحلة يبقى ضمام جهاز التدفق مغلفاً على عينة طبقية فوقه.أما معبر التصريف الجانبيين فهما مفتوحان مانعتان إفراغ البئر من سائل الحفر نتيجة

حركة العازل باتجاه السطح. عند رفع مجموعة مواسير الحفر مع جهاز الاختبار دون إجراء دوران لسائل الحفر(أي تبقى المواسير معزولة عن الفراغ الحلقي) يجب إملاء البئر باستمرار بوصل مضخات سائل الحفر مع الفراغ الحلقي مباشرة .



): مراحل اختبار الطبقات المفتوحة2-1الشكل (

٢-٤- المنحنيات التي تسجلها أجهزة قياس الضغط في جهاز الاختبار:

عند استخدام أي تشكيلة لجهاز الاختبار(جهاز اختبار بعازل واحدمع استناد على القعر،جهاز اختبار بعازلين جهاز اختبار بئر مغلف دون استناد على القعر أي باستخدام عازل مواسير ..... الخ) من المهم تدقيق صحة ومصداقية المعطيات التي نحصل عليها بعد تنفيذ عملية الاختبار .

إحدى طرق معرفة صحة هذه المعطيات ، هي مقارنة منحنيات تحول الضغط مع الزمن التي تسجلها أجهزة قياس الضغط الموزعة في نقاط مختلفة من تشكيلة الاختبار.

على سبيل المثال وعند استخدام أي جهاز اختبار بفضل توزيع أجهزة قياس الضغط على الشكل التالي :

- أسفل الذيل ويتصل مع الفراغ الحلقي بواسطة ثقوب في ماسورة الذيل.
- في المصفاة
- بين جهاز اختبار التدفق (الصمام الرئيسي) وصمام الفتخ والاغلاق.
- في المواسير .

وبمقارنة معطيات مسجل الضغوط الموجود أسفل الذيل ومسجل الضغوط في المصفاة يمكن الحكم بنظافة ثقوب المصفاة ومعرفة سبب عدم نجاح عملية الاختبار.

وفي حال تعطل أحدهما فإن الآخر يعتبر أساسي وبمعطياته يتم تفسير نتائج الاختبار.

كما أن مسجل الضغوط الثاني (المصفاة) والثالث الموجود بين الصمام الرئيسي وصمام الفتح والاغلاق يسجلان منحني استعادة الضغط النهائي وبمقارنة معطياتهما يمكن الحكم على دقة احكام العازل على جدران البئر وبالتالي معرفة فيما إذا كان العزل جيد أم لا ، كذلك احكام وصلات جهاز الاختبار.

أما المقياس الرابع المثبت في المواسير يستخدم لمراقبة احكام وصلات مواسير الحفر.

٢-٥ - المشاكل التي يمكن أن تحدث أثناء تنفيذ عملية الاختبار:

عند تنفيذ عملية الاختبار (يبقى سائل الحفر ساكناً) فإن مشاكل عديدة قد تصادف وتحدث خصوصاً في حال الانتقال السريع من نظام الحفر إلى نظام الاختبار. من المشاكل التي تصادف بكثرة أثناء الاختبار نذكر مايلي :

٢-٥-١-ارتكاز العازل على جدران البئر أثناء الانزال :

يحدث هذا الارتكاز عادة في مناطق التضيق أو الانحراف المفاجىء للبئر بسبب القطر الخارجي الكبير للجزء المطاطي من العازل . عند حدوث هذا الارتكاز بعدة أطنان ولبضع دقائق قد يؤدي إلى فتح صمام اختبار التدفق واندفاع سائل الحفر إلى داخل الجهاز ومنه إلى مواسير الحفر ، في هذه الحالة قد نضطر لرفع مجموعة الاختبار إلى السطح لافراغها من السائل مما يزيد من زمن وكلفة عملية الاختبار .

من أجل تجنب ذلك تتم مراقبة جهاز قياس الوزن باستمرار مع إنزال بطيء لمجموعة الاختبار لجعل الارتكاز في حال حدوثه أقل مايمكن وزناً وزمناً.

٢-٥-٢-انسداد ثقوب مصفاة جهاز الاختبار:

يتم انسداد ثقوب المصفاة بالفتاتات المجتمعة على القعر(وبالتالي عدم تمكن الموائع المتدفقة من الدخول إلى داخل مجموعة جهاز الاختبار) إما بسبب عدم تنظيف البئر قبل انزال جهاز الاختبار أو بسبب اقتلاع هذه الفتاتات من جدران البئر .

يتم تلافي هذه المشكلة بتهيئة البئر جيداً للاختبار (تنظيفه من نواتج الحفر وذلك بإجراء دوران لسائل الحفر ومعالجته بحيث تصبح خواصه مثالية خصوصاً اللزوجة التي يجب أن تكون قليلة)، واعتماد سرعة معتدلة لانزال مجموعة الاختبار خصوصاً عند وصول العازل إلى المناطق المائلة أو المتضيقة التي يحتمل أن يتضيق فيها قطر البئر وذلك لتلافي انسلاخ الفتاتات من جدران البئر و يمكن أن يكون حدوث هذه المشكلة سببًا في تقييم خاطىء للطبقة المختبرة إذا يتم اعتبارها جافة أ، ذات قابلية ضعيفة جداً للانتاج لمنع هذا التقييم الخاطىء يتم فحص المصفاة عند وصولها إلى السطح والتأكد من نظافة ثقوبها .

٢-٥-٣-استعصاء العازل في مكان تثبيته:

تعتبر هذه المشكلة الاكثر حدوثاً وخطورة ويتم التحقق من حدوث الاستعصاء بمراقبة جهاز قياس الوزن أثناء تحرير الباكر، اذ يلاحظ تزايد مستمر للوزن المسجل. من أسباب حدوث استعصاء العازل هو الاختيار الخاطىء لمكان تثبيته عندما يتم ذلك اعتماداً على دراسة الفتاتات الصخرية وعدم الأخذ في الاعتبار تمدد مواسير الحفر يتأثير ثقلها كما يمكن أن يحدث الاستعصاء بسبب انهيار جدران البئر في المجال المفتوح فوق العازل. يمكن تلافي حدوث هذا الاستعصاء بالتحديد الصحيح لمكان تثبيت العازل واعتماداً على عينات اسطوانية مع قياسات جيوفيزيائية بئرية لتحديد العمق الصحيح للصخر الذي يشكل منطقة استناد جيدة للعازل .

في حال حدوث الاستعصاء ولحله تجري محاولة بالشد ضمن امكانية تحمل الجزء الاضعف من مجموعة الاختبار ثم الاستعانة بالمطرقة الهيدروليكية .

إذا لم يتحرر العازل باستعمال المطرقة الهيدروليكية يعمد لرفع مجموعة مواسير الحفر وأجهزة الاختبار بواسطة وصلة الأمان التي تركب فوق العازل مباشرة والتي تتميز بشرار يميني، أي تدوير المواسير إلى اليسار تحل هذه الوصلة عن العازل .بعد رفع مجموعة مواسير الحفر وأجهزة الاختبار وتبعاً لطول الذيل

أسفل العازل إما أن يعمد إلى طحنه(الذيل) مع العازل بواسطة طواحن خاصة أو بصب جسر إسمنتي فوقها ويتم حرف البئر للابتعاد عن مجموعة الذيل مع العازل المتبقية في البئر .

الفصل الثالث

الدراسة التحليلية لمعطيات أجهزة الاختبار

تمتاز المعطيات التي يتم الحصول عليها بمساعدة الاختبار عن تلك الناتجة عن بحث الآبار الجيوفيزيائي ،بأنها سجلت في ظروف مشابهة لظروف البئر الانتاجية ، مما يعطي قيمة عملية كبيرة للمؤشرات الهيدروديناميكية والاستثمارية المستخدمة نتيجة الدراسة والتحليل الدقيق قبل وضع المكمن في الاستثمار .

يمكن تقسيم المعطيات التي يتم الحصول عليها بمساعدة أجهزة الاختبار إلى معلومات عن نوع وطبيعة وتركيب المنتج الطبقي ، ومعلومات عن ضغط وخواص الطبقة المنتجة والتي جرى اختبارها.

فيما يخص المنتج الطبقي فإنه يمكن تمييز ثلاث حالات للحصول على المعطيات :

١. معطيات تؤخذ عندما يصل التدفق إلى السطح، وبتركيب فالات مناسبة يمكن دراسة التدفق والضغوط إضافة إلى تركيب المنتج ونسبة الغاز والماء .....إلخ

٢. معطيات تؤخذ من السوائل المحتجزة في مواسير الحفر وذلك في حالة عدم كفاية الضغط الطبقي وزمن الاختبار لايصال المنتج إلى السطح . ويتم الحصول على هذه السوائل إما بإجراء دوران عكسي، أو أثناء رفع المواسير إلى السطح .

٣. معطيات تؤخذ من تحليل العينة المحتجزة في حجرة العينات في حال وجودها في تشكيلة الاختبار، والتي يتم وإرسالها إلى المخبر المركزي محتفظة بضغط الطبقة والتي تزودنا بمعلومات هامة تفيد بإجراء الحسابات اللاحقة(كثافة المنتج ولزوجته في ظروف طبقية ، عامل حجم النفط ....إلخ

التي تسجلها أجهزة قياس $P = f(t)$ وفي هذا الفصل سوف نتهتم بدراسة وتحليل المخططات الضغط في تشكيلة جهاز الاختبار.

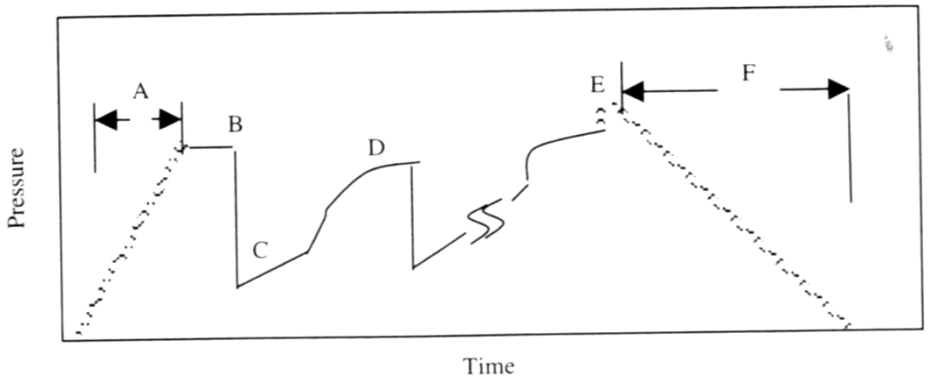
٣-١- سلوك الضغط المسجل أثناء الاختبار (منحني الاختبار) :

٣-١-١- المنحنيات النموذجية لتحول الضغط أثناء الاختبار:

إن شكل منحني تحول الضغط كتابع للزمن يحدده نوع جهاز الاختبار المستخدم ، وكذلك نوع مقياس الضغط ومكان تثبيته في تشكيلة الاختبار .إذ يمكن أن يتكون من مرحلة اختبار وحيدة أو مرحلتين ، وقد

يتكون من مرحلتي اختبار مع فترة إغلاق وحيدة أو فترتي إغلاق ، وفي الشكل (٣-١) نبين نوعين من هذه المنحنيات المسجلة بواسطة أجهزة قياس الضغط . يتكون هذا المنحني من الأجزاء الآتية [٥] :

ونلاحظ على الشكل (٣-١) ما يلي:



الشكل (٣-١) منحني تحول الضغط أثناء الاختبار.

– تزايد الضغط الذي يتعرض له مقياس الضغط نتيجة تزايد ضغط عمود سائل الحفر المؤثر عليه أثناء A إنزال أجهزة الاختبار في البئر .

– مرحلة تركيب أجهزة التحكم السطحية وتثبيت العازل، وتكون قيمة الضغط ثابتة، وتساوي الضغط B الأعظمي لعمود سائل الحفر .

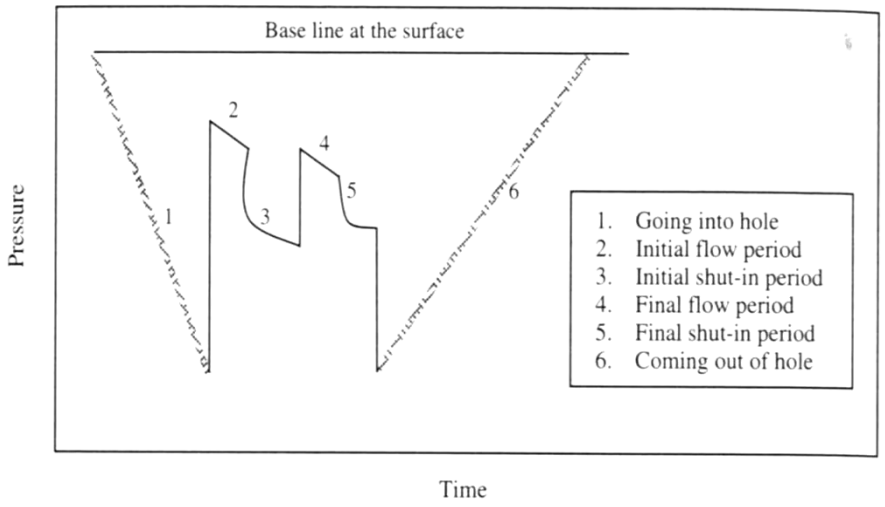
– تمثل لحظة فتح صمام اختبار التدفق ، حيث يحدث تدفق الموائع من الطبقة .C

– إغلاق صمام الفتح والإغلاق وذلك بهدف تسجيل منحني استعادة الضغط .D

– تقابل نهاية الاختبار وتحرير العازل ، الذي يسبب تزايداً حاداً للضغط على جهاز قياس الضغط نتيجة E تعرضه لضغط عمود سائل الحفر .

– رفع معدات الاختبار والموائع الناتجة عن الاختبار .F

في الشكل (٣ – ٢) نبين منحني تحول الضغط المسجل أثناء الاختبار [٨] ، وذلك لمرحلتي اختبار : المرحلة الأولى تشمل فترة التدفق الأولي وفترة استعادة الضغط الأولي ، أما المرحلة الثانية فتشمل فترة التدفق الثانية وفترة استعادة الضغط النهائية .



الشكل (٣ – ٢) منحني تحول الضغط لمرحلتي اختبار.

١– إنزال جهاز الاختبار. ٤ – فترة التدفق النهائي .

٢– فترة التدفق الأولي. ٥ – فترة الإغلاق النهائي .

٣– فترة الإغلاق الأولي. ٦ – رفع أجهزة الاختبار من البئر .

٣–١–٢– الحدود الزمنية اللازمة لكل مرحلة من مراحل التدفق :

إن التقييم الرئيسي للاختبار هو الحصول على نتائج يمكن معالجتها وتفسيرها لاحقاً يفضل اختيار زمن كل مرحلة حسب الضغط الطبقي .

١– الضغط الطبقي عالي :زمن استعادة الضغط يساوي نصف زمن التدفق في كل مرحلة وفي هذه الحالة قد يصل التدفق إلى السطح.

٢- الضغط الطبقي عادي :زمن استعادة الضغط يساوي زمن التدفق وفي هذه الحالة قد يلاحظ ظهور فقاعات دون وصول التدفق إلى السطح .

٣- الضغط الطبقي ضعيف : زمن استعادة الضغط يساوي ضعف زمن التدفق وقد لا يلاحظ ظهور فقاعات إلى السطح .

وبشكل عام فإن الحدود الزمنية لكل مرحلة يجب أن تتراوح :

- تدفق أولي حتى (٥) دقائق
- تدفق رئيسي (نهائي) من (٦٠-١٨٠) دقيقة .

- لاستعادة الضغط البدائي(زمن الإغلاق الأولي) تتراوح عادةً بين (٩٠ - ٦٠ دقيقة) [٨]

-استعادة الضغط النهائي ا فترة الإغلاق الرئيسية (الثانية) تتراوح بين (١٨٠-٦٠) **دقيقة**

إن الحدود الزمنية وعدد مراحل الاختبار تابع لنوعية البئر وضغط الطبقة

- يتم وصف التدفق حسب شدته على الشكل التالي :

- تدفق ضعيف : $(0 - 0.2)\ ft^3 / min$
- تدفق متوسط : $(0.20 - 0.4)\ ft^3 / min$
- تدفق جيد : $(0.4 - 0.8)\ ft^3 / min$
- تدفق قوي : $(0.8) > ft^3 / min$

٣-٢- تفسير نتائج اختبار الطبقات :

٣-٢-١- التفسير النوعي لنتائج الاختبار:

تسجل أجهزة قياس الضغط تحول الضغط عند قاع البئر كتابع للزمن ، حيث تقوم إبرة حساسة داخل الجهاز برسم هذا المنحني على لوحة معدنية حساسة مطلية باللون الأسود ومصممة لهذا الهدف لنحصل على ما يسمى شارت

(منحني) الاختبار (DST Charts [٥] ، حيث يجب أن يتمتع شارت الاختبار الجيد بالميزات الآتية :

١ - أن يكون خط الضغط مستقيماً وواضحاً .

٢ – تسجيل الضغط الهيدروستاتيكي (الأولي والنهائي) لعمود سائل الحفر ، والذي ينسجم مع العمق والوزن النوعي لسائل الحفر .

٣ – تسجيل منحنيات التدفق واستعادة الضغط بشكل منحني سلس .

٣-٣-تحليل ومعالجة معطيات الاختبار [٤:

تستخدم في معالجة المعطيات الناتجة عن عملية الاختبار طرق عديدة ، نستعرض فيما يلي أهمها :

٣-٣-١- تقنية تحليل استعادة الضغط في الآبار النفطية (التحليل الكمي):

يعتبر اختبار استعادة الضغط من التقنيات الأكثر استخداماً في الصناعة النفطية ، والتي تعتمد على إغلاق البئر عند السطح بعد تدفقه بمعدل ثابت ولفترة زمنية معينة ، والتي تسمح بتسجيل تزايد الضغط بالعلاقة مع الزمن

[٥،٦،٧] .

تقسم تقنية تحليل استعادة الضغط إلى :

آ- اختبار استعادة الضغط المثالي :

نفرض أن الاختبار يتم في مكمن متجانس وغير متناه ، ويحوي مائعاً أحادي الطور بخواص متجانسة وتم تسجيل ضغط قاع t_P خلال زمن qوذو انضغاطية مهملة ، فإذا تم إغلاق البئر بعد أن أنتجت بمعدل و $\log(t_P+\Delta t)/\Delta t$ سوف يعطي خطاً P_{WS} عند الزمن Δt ، فإن التمثيل البياني للعلاقة بين P_{WS}البئر مستقيماً يمثل بالعلاقة الآتية :

$$P_{WS} = P_i - \frac{183 q_O.\mu_O.B_O}{K.h}\log\left(\frac{t_P+\Delta t}{\Delta t}\right) \quad (3 - ١)$$

– P_i من منحني استعادة الضغط ، mحيث أن المقدار $183q_O.\mu_O B_O / K.h$ هو ميل الجزء المستقيم ضغط الطبقة الأولي ، والذي ينتج من تقاطع الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط عند $(t_P+\Delta t)-\Delta t=1$ ، حيث أن القيمة المطلقة للميل تستخدم في تحليل نتائج الاختبار .

يمكن أن تحسب من الميل وذلك بالعلاقة الآتية :Kنفوذية الطبقة

$$K = \frac{183 q_O.\mu_O.B_O}{m.h} \quad (3 - 2)$$

) يحسب من العلاقة :Skin Factorومعامل الظاهرة السطحية (

$$S = 1.151\left[\frac{P_{1hr} - P_{WS}(\Delta t = 0)}{m} - \log\left(\frac{K}{\phi.\mu_O.C_t.r_W^2}\right) + 5.10\right] \qquad (3 - 3)$$

ب- اختبار استعادة الضغط الحقيقي في مكمن غير محدود :

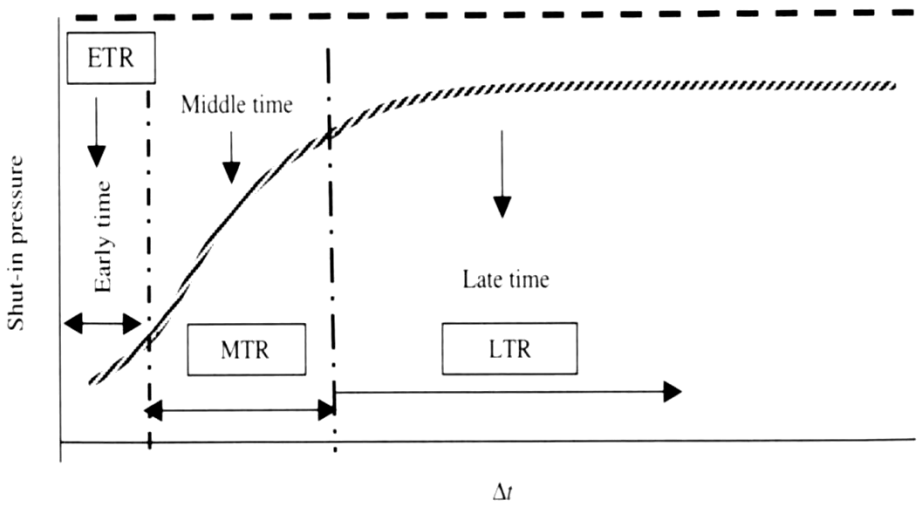
يمكن أن نقسم منحني استعادة الضغط (الشكل ٣ – ٣) إلى ثلاثة أقسام [٢] :

١ – منطقة الزمن المبكر (Early - Time Region (ETR) : وفي هذه المنطقة ينتقل الضغط خلال الطبقة الأقرب لجدار البئر .

٢ – منطقة الزمن المتوسط (Middle - Time Region (MTR) ، حيث يتحرك الضغط بعيداً عن جدار البئر .

٣ – منطقة الزمن المتأخر (Late - Time Region (LTR) : وفي هذه المنطقة فإن الضغط يصل إلى حدود منطقة تأثير البئر .

إن منطقة الزمن المتوسط هي عبارة عن خط مستقيم ، وهذا الجزء من منحني استعادة الضغط يجب تحديده وتحليله ، حيث أن تحليل هذا الجزء يعطينا إمكانية تحديد خواص المكمن للبئر المختبرة بموثوقية كبيرة .



الشكل (٣ – ٣) سلوك الضغط عند إغلاق البئر النفطية .

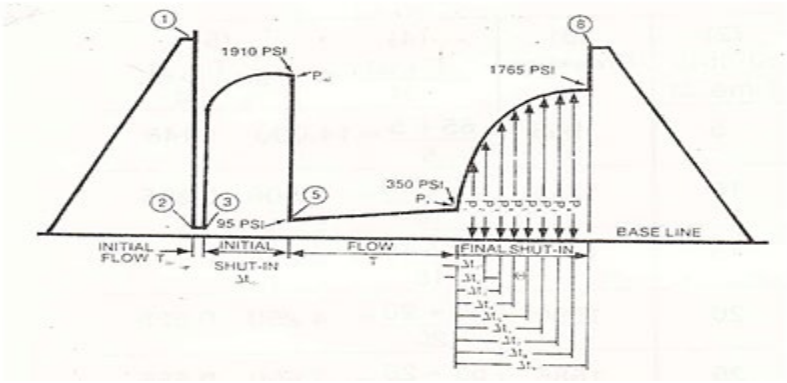
في منطقتي الزمن المبكر والزمن المتأخر يحدث التواء أو تشويه للخط المستقيم ، سببه في منطقة الزمن المبكر يتعلق بالنفوذية المتغيرة قرب جدار البئر ، وبتخزين البئر .

٣-٢-٢- تحليل منحني استعادة الضغط يطريقة هورنر:

) باستخدام طريقة هورنر يعتمد على أن سماكة الطبقة ولزوجة DST إن تقنية تحليل معطيات الاختبار (المائع يجب أن تكون معلومة ، وأن زمن الإغلاق يجب أن يكون كبيراً بشكل كاف ، وأن تأثير تخزين البئر يجب ألا يكون مسيطراً .

) إلى عدد من الأقسام تتراوح 3-4- يتم تقسيم منحني استعادة الضغط داخل البئر بعد الاغلاق (الشكل مابين

(P_{ws} , Δt) (٢٠ - ١٠) قسم حيث يحدد الضغط والزمن الموافق لكل قسم أي (



الشكل (٣-٤): يمثل المعالجة البيانية لمنحني استعادة الضغط بطريقة هورنر

يتم تحليل منحني استعادة الضغط في مكمن غير متناه باستخدام طريقة هورنر يشمل الخطوات التالية] :4,٦،٥[

: Oil or water Testing<u>أولاً</u>: عندما يكون ناتج الطبقة نفط أو ماء

$$P_{ws} = P_i - i \log\left(\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}\right)$$

- رسم أو تمثيل العلاقة بين الضغط داخل البئر بعد الإغلاق P_{WS} و $(t_P + \Delta t)/\Delta t$ على ورقة نصف لوغاريتمية - أو العلاقة بين P_{WS} و $\log[(t_P + \Delta t)/\Delta t]$ على ورقة ميليمترية

–تحدد النقاط المقابلة لأقسام منحني استقرار الضغط (لكل قسم نقطة) نصل بين النقاط بخط مستقيم ونمدده حتى يتقاطع مع محور الضغط ، نقطة التقاطع تمثل الضغط الطبقي .

يشترط لتطبيق هذه الطريقة أن تقع ثلاث نقاط (النقاط النهائية للمنحني) كحد أدنى على خط مستقيم.

) وتحديد ضغط MTR إيجاد ميل الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط في منطقة الزمن المتوسط (الطبقة وذلك من خلال تمديد هذا المستقيم إلى الزمن غير المتناه ، أي عند $(t_P + \Delta t)/\Delta t = 1$

– تحديد الضغط بعد ساعة من الإغلاق (P_{1hr}) عند $\Delta t = 1hr$ وذلك على الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط أو في الجزء الذي تم تمديده .

يمكن تحديد خواص أو بارامترات المكمن على الشكل التالي: .

١ – حساب معدل التدفق الوسطي :

يتم حساب معدل التدفق الوسطي وفق الخطوات الآتية :

- حساب ارتفاع السائل المنتج ، وذلك بالعلاقة :

$$H = \Delta P/(gradP_h.\rho) \qquad (٤ - ٣)$$

حيث أن :

ΔP at. – تغير ضغط قاع البئر خلال فترة التدفق ،

$gradP_h$ – تدرج الضغط الهيدروستاتيكي عند الشروط السطحية ($9.797x10^{-2} at/m$).

– كثافة السائل المنتج (بدون واحدة) وتحسب بالعلاقة : ρ

$$\rho = \frac{141.5}{131.5 + API^o} \qquad (٥ - ٣)$$

حيث أن API^o – درجة الجودة حسب معهد النفط الأمريكي .

– **حساب حجم السائل المنتج** : وذلك بالعلاقة الآتية :

$$V_O = H.CP \qquad (٦ - ٣)$$

حيث أن : CP – سعة المتر الطولي الواحد من المواسير (m^3/m) .

– **حساب معدل التدفق الوسطي** : وذلك بالعلاقة :

$$q_o = \frac{1440V_o}{t_p} \ m^3/day \qquad (٣ - ٧)$$

حيث أن t_P – زمن التدفق ، دقيقة .

٢ – حساب سعة التدفق ونفوذية الطبقة :

تحدد نفوذية الطبقة من العلاقة الآتية :

$$K = \frac{183q_O.\mu_O.B_O}{m.h} \qquad (٣ - ٨)$$

إذا كانت سماكة الطبقة المختبرة غير معروفة فإن سعة التدفق تحدد من العلاقة الآتية :

$$K.h = \frac{183q_O.\mu_O.B_O}{m} \qquad (٣ - ٩)$$

إذا كانت جميع بارامترات المكمن غير معروفة فإن ناقلية الطبقة تحسب بالعلاقة :

$$\frac{K.h}{\mu_O.B_O} = \frac{183q_O}{m} \qquad (٣ - ١٠)$$

٣ – تحديد معامل الظاهرة السطحية :

يؤثر معامل الظاهرة السطحية على شكل منحني استعادة الضغط ، حيث أن انحراف المنحني عن الجزء المستقيم في منطقة الزمن المبكر (ETR) ينتج بسبب الظاهرة السطحية ، وكذلك بسبب تخزين البئر . إن القيمة الموجبة لمعامل الظاهرة السطحية (S>0) تشير إلى حدوث تلوث للطبقة المحيطة بالبئر ، أما القيمة السالبة لمعامل الظاهرة السطحية (S<0) فتدل على حدوث تحسن للبئر . ومعامل الظاهرة السطحية قيمة بدون واحدة ، ويعطى بالعلاقة الآتية (٣-٢٣) :1

$$S = 1.151\left[\frac{P_{1hr} - P_{Wf}(\Delta t = 0)}{m} - \log\left(\frac{K}{\phi.\mu_O.C_t.r_W^2}\right) + \log\left(\frac{t_P + 60}{t_P}\right) + 5.10\right] \quad (3-11)$$

كبيراً .S يهمل عادةً عندما يكون $t_P >> 1hr$ أو عندما يكون $\log\left(\frac{t_P + 60}{t_P}\right)$ إن الحد

في العلاقات السابقة :

m at. – ميل الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط ،

q_O – معدل تدفق النفط ، K mD – نفوذية الطبقة ، . cm^3/s.

. Poise. μ_O – لزوجة النفط ، m h – سماكة الطبقة المختبرة ،

.at/1 C_t – عامل الانضغاطية الكلي ،

. ϕ – مسامية الطبقة ، % .m r_W – نصف قطر البئر ،

B_O – عامل حجم النفط .

) ، ويؤخذ مقابل الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط at P_{1hr} – الضغط بعد ساعة من الإغلاق (

.

) ، ويؤخذ عادةً عند نهاية التدفق أو بعد الإغلاق .at– ضغط التدفق عند قاع البئر، (P_{Wf}

)Pressure Drop Due to Skin Effect:٤– تحديد انخفاض الضغط الناتج عن الظاهرة السطحية(

ويدعى أيضاً انخفاض الضغط الإضافي ΔP_{SKIN} خلال المنطقة المتغيرة المجاورة لجدار البئر ، ويعطى) بالعلاقة الآتية :MTRفي منطقة (

$$\Delta P_{SKIN} = 0.869 m.S = \frac{159 q_O.\mu_O.B_O.S}{K.h} \qquad (٣ - ١٢)$$

) :Apparent Wellbore Radius٥ – تحديد نصف قطر البئر الظاهري(

وهو مفهوم يستخدم بشكل خاص في عمليات التشقيق الهيدروليكي ، ويحدد بالعلاقة الآتية :

$$r_{Wa} = r_w.e^{-S} \qquad (٣ - ١٣)$$

) :Flow Efficiency٦ – حساب فعالية (مردود) التدفق (

مردود التدفق هو نسبة معامل الإنتاجية الفعلي للبئر إلى معامل الإنتاجية المثالي :

$$FE = \frac{I_{actual}}{I_{ideal}} \qquad (٣ - ١٤)$$

$$I_{actual} = \frac{q_O}{P_i - P_{Wf}} \qquad (٣ - ١٥)$$

$$I_{ideal} = \frac{q_O}{P_i - P_{Wf} - \Delta P_{SKIN}} \qquad (٣ - ١٦)$$

) :Damage Ratio٧ – **حساب نسبة التلوث** (

وهي النسبة بين معدل الإنتاج النظري q_t (عند عدم حدوث تلوث) ومعدل الإنتاج الفعلي الحقيقي q_O الناتج خلال الاختبار :

$$DR = \frac{q_t}{q_O} = \frac{P_i - P_{Wf}}{m\left[\log(\frac{K.t_P/60}{\phi.\mu_O.C_t.r_w 2}) - 5.10\right]} \qquad (٣ - ١٧)$$

ويمكن حساب نسبة التلوث اعتماداً على علاقة معامل الظاهرة السطحية وذلك وفق العلاقة الآتية :

$$DR = \frac{1}{FE} = \frac{I_{ideal}}{I_{actual}} = \frac{P_i - P_{Wf}}{P_i - P_{Wf} - \Delta P_{SKIN}} \qquad (٣ - ١٨)$$

٨Damage Factor:) – تحديد عامل التلوث (

ويحدد بالعلاقة الآتية :

$$DF = 1 - FE = \frac{\Delta P_{SKIN}}{(P_i - P_{Wf})} \qquad (3 - 19)$$

٩Radius of Investigation:) – تحديد نصف قطر البحث (

إن نصف قطر البحث خلال الاختبار يكافئ نصف قطر منطقة تأثير البئر ، ويعطى بالعلاقة:

$$r_i = \sqrt{\frac{K.\Delta t_{\max}/60}{7.143x10^4.\phi.\mu_O.C_t}} \qquad (٣ - ٢٠)$$

التي يمكن أن تستخدم بشكل خاص في الاختبار Van Poollenيمكن تحديد نصف قطر البحث بعلاقة في نظام تدفق شعاعي غير متناه :

$$r_i = \sqrt{\frac{K.\Delta t_{\max}/60}{4.34x10^6.\phi.\mu_O.C_t}} \qquad (٣ - ٢١)$$

حيث أن : $\Delta t_{\max}$ – زمن الإغلاق الأعظمي ، دقيقة .

– زمن التدفق قبل إغلاق البئر ، دقيقة . t_P

)Gas well Testingثانياً: عندما يكون ناتج الطبقة غاز(

$$P_{ws}^2 = P_i^2 - i\log\frac{t_p+\Delta t}{\Delta t}$$

إن تحليل منحني استعادة الضغط في مكمن غير متناه وباستخدام طريقة هورنر يتم بالشكل التالي :

- رسم أو تمثيل العلاقة بين P^2_{WS} و $(t_P + \Delta t)/\Delta t$ على ورقة نصف لوغاريتمية، أو العلاقة بين P^2_{WS} و $\log[(t_P + \Delta t)/\Delta t]$ على ورقة ميليمترية .

- إيجاد ميل الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط .

- تحديد ضغط الطبقة الأولي P_i وذلك من خلال تمديد الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط إلى $\log(t_P + \Delta t)/\Delta t = 1$.

- تحديد الضغط بعد ساعة من الإغلاق (P_{1hr}) عند $\Delta t = 1hr$ وذلك على الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط أو في الجزء الذي تم تمديده .

- تحديد خواص أو بارامترات المكمن على الشكل التالي :

-

١ – حساب نفوذية الطبقة ، وذلك باستخدام العلاقة الآتية :

$$K_g = 1.288T.Q_g.\mu_g.Z/(h.m_g) \qquad (٢٤-٣)$$

٢ – تحديد معامل الظاهرة السطحية (S) **:**

$$S_g = 1.151\left[\frac{P^2_{1hr} - P^2_{Wf}}{m_g} + \log(\frac{t_P + 60}{t_P}) - \log(\frac{K_g}{\phi.\mu_g.C_t.r_W^2}) + 5.10\right] \qquad (٢٥-٣)$$

٣ – تحديد نسبة التلوث :

$$DR = \frac{P_i^2 - P^2_{Wf}}{m_g\left[\log(\frac{K_g.t_P/60}{\phi.\mu_g.C_t.r_W^2}) - 5.10\right]} \qquad (٢٦-٣)$$

٤ – تحديد نصف قطر البحث :

$$r_i = \sqrt{\frac{K.\Delta t_{\max}/60}{7.143x10^4.\phi.\mu_g.C_t}} \qquad (٢٧-٣)$$

٥ – حساب معدل التدفق الحر المطلق AOF: (cm^3/s) مقدراً بـ

$$AOF = \frac{K_g.h.P_i^2}{1.288\mu_g.Z.T\left[\log(\frac{K_g}{\phi.\mu_g.C_t.r_W^2}) - 5.10 + 0.869S_g\right]} \qquad (٢٨-٣)$$

٦ – حساب المعدل النظري للتدفق الحر المطلق $(AOF)_t$:

$$(AOF)_t = (AOF).DR \qquad (٢٩ - ٣)$$

٧ – حساب معدل تدفق الغاز عند الشروط القياسية :

$$Q_{SC} = \frac{(P_i^2 - P_{Wf}^2).K_g.h}{2.57\mu_g.Z.T(\log 0.472\frac{r_e}{r_W} + \frac{S_g}{2.303})} \qquad (٣٠ - ٣)$$

حيث أن :

Z – معامل انضغاطية الغاز . T – درجة حرارة الطبقة ، K^o.

Q_g – معدل تدفق الغاز (cm^3/s) . μ_g – لزوجة الغاز (Poise.) .

P_{1hr} – الضغط بعد ساعة من الإغلاق ، at. m_g – ميل الجزء المستقيم ، at.

K_g – نفوذية الطبقة ، mD. P_{Wf} – ضغط التدفق عند قاع البئر ، at.

C_t – الانضغاطية الكلية ، 1/at. r_W – نصف قطر البئر ، m

t_P – زمن التدفق ، (دقيقة) . P_i – ضغط الطبقة ، at.

S_g – معامل الظاهرة السطحية عند إنتاج الغاز . r_i – نصف قطر البحث ، m.

AOF – اقصى معدل للجريان المفتوح ، (cm^3/s) .

Q_{SC} – معدل تدفق الغاز الحر عند الشروط القياسية ، (cm^3/s) .

r_e – نصف قطر الكونتور ، m.

الفصل الرابع

تقييم عمليات اختبار الطبقات في بعض الحقول السورية

دراسة واقع عمليات الاختبار في الحقول السورية 4-1-

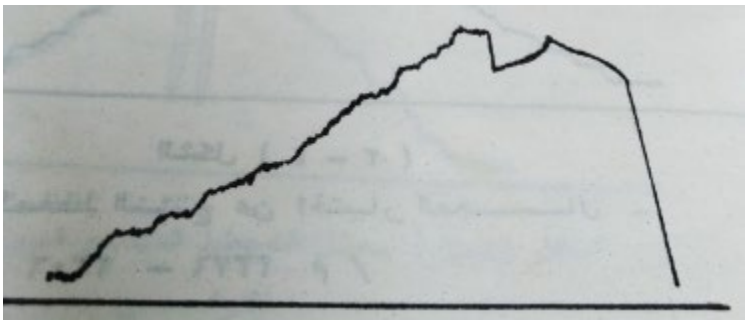
-اختبارات بئر التنف رقم /١/

تم إجراء /٥/ اختبارات مفتوحة و /١٠/ اختبارات مغلقة لمجالات مختلفة من البئر. وبشكل عام فإن معظم الاختبارات المفتوحة كانت غير ناجحة وعلى سبيل المثال عند اختبار المجال (2184-2234 m) جرت عدة محاولات لتثبيت الباكر دون جدوى وفي كل مرة يقع أمام الطبقة الغضارية .ولدى تكرار المحاولة حدث استعصاء لمجموعة الاختبار وكسر في مواسير الحفر تم اصطياد/ 550 m. / والقسم الآخر بقي في البئر

كما تم تنفيذ عدة اختبارات مغلقة (أجريت في البئر بعد تغليفها) نذكر منها على سبيل المثال :

)1-4) الشكل (3027-3376 m-المجال (

حيث من الواضح أن عملية العزل لم تنجح وأن فتح جهاز الاختبار أدى إلى تسرب سائل الحفر داخل / مليئة بسائل الحفر ولوحظ أيضاً أن الجزء المطاطي 2000 m المواسير . /وعند رفع المواسير وجد حوالي / للعازل تالف تماماً.

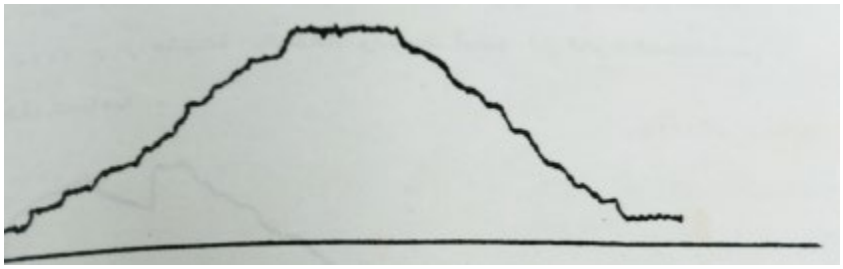


)3027-3376 m(: المخطط الناتج من اختبار المجال (1-4الشكل (

) مياه طبقية .m^3 3.5ولدى إعادة عملية الاختبار بعد تبديل العازل تم الحصول على تدفق (

- المجال /3306-3376 m/ :

) وبشكل واضح أنه لم يتم التمكن من تثبيت العازل رغم 2-4يبين المخطط الناتج الشكل (المحاولات المتعددة لفتحة لكن دون جدوى، حيث لم يحصل أي تغير للضغط الأعظمي والذي يساوي ضغط عمود الطفلة في البئر. ولدى سحب التشكيلة إلى السطح تبين أن الجزء المطاطي من العازل متشقق وشبه تالف .



)3306-3376 m(: المخطط الناتج من اختبار المجال (2-4الشكل (

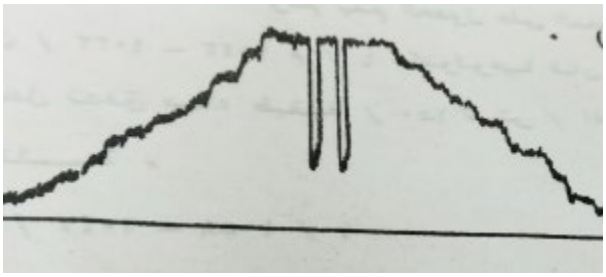
/:m 3316-3023المجال /-

جرت عدة محاولات غير ناجحة لاختبار هذا المجال، وأول محاولة لم تنجح فنياً بسبب تعطل الصمام الرئيسي وبعد استبداله جرت عدة محاولة ثانية وبعد تثبيت العازل وفتح الصمام لمدة (6.5 hour) لوحظ خلالها انخفاض طفيف في مستوى سائل الحفر ولدى رفع التشكيلة تبين عدم صلاحية المواسير نتيجة تشققها وبالتالي السبب في انخفاض مستوى الطفلة .

المجال / 2778–2788 m:/

جرت عدة محاولات لاختبار هذا المجال وكانت غير ناجحة فالمحاولة الأولى (الشكل (3–4)) تدل أن الصمام الرئيسي لم يفتح رغم المحاولات المتعددة لفتحه .أما المحاولة الثانية وبعد استبدال جهاز الاختبار وتم فتح جهاز اختبار التدفق مباشرة ولوحظ انخفاض في مستوى الطفلة ناتج عن 4 tf تمت بتحميل ( ) تلف سريع لمطاط العازل وتبين ذلك لدى استرجاع الجهاز من البئر.

إن تحليل واقع عمليات الاختبار التي تمت على هذا البئر (التنف /١/) تدل بوضوح على أن أسباب عدم نجاحها هو عدم الاختيار الصحيح لعامل العزل ولنوعية المطاط (استخدام مطاط غير مقاوم). مما أدى إلى هدر الوقت وبالتالي الكلفة المادية دون الحصول على نتائج تذكر ولم نتمكن من دراسة وتحليل أي مخطط من مخططات اختبار هذا البئر .



الشكل (3–4)

- **اختبارات بئر الحباري رقم /٤/:**

أجريت لهذا البئر تسع اختبارات ثلاث منها في الجذع المفتوح أثناء الحفر.

المجال / 450–610 m(من سائل $2\ m^3$) / : فترة التدفق ثلاث ساعات جرى خلالها تدفق الحفر ولم يتم الحصول على المخطط

/ من L 20/ إضافة إلى/ L 150/ حصل تدفق مياه طبقية / m 1043–1033–المجال /
سائل الحفر

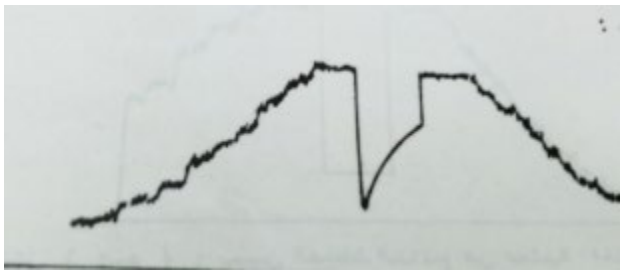
/: لم يلاحظ أي تدفق خلال مدة الاختبار.m 1058–1047–المجال /

6.25كما أجريت مجموعة من الاختبارات المغلقة لمجالات مثقبة واستغرقت فترة الاختبار الأول (
) ولم تظهر أي 5 hours) والاختبارالثالث فقد استغرق (3h) والاختبار الثاني فقد استغرق (h
شواهد هيدروكربونية على الاطلاق .

-اختبار بئر تووينان رقم /٤/:

- رقم الاختبار /٢/ –المجال المختبر/m 1706–1672/: كانت مدة الاختبار (hour 1)
وكان ناتج الاختبار نفط

بعد رفع جهاز الاختبار إلى السطح كان المخطط الناتج على الشكل التالي:



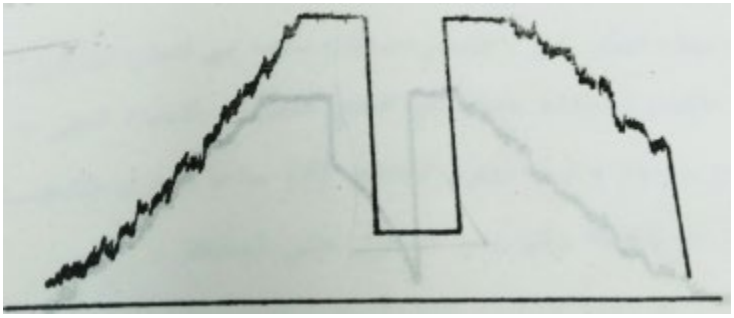
/m 1706–1672): المخطط الناتج من اختبار المجال/ 4–5الشكل (

لقد تم هذا الاختبار في الجذع المفتوح من البئر أثناء الحفر إلا أنه لم تجري محاولة إغلاق صمام أخذ الضغوط

(صمام الفتح والإغلاق) وذلك من أجل الحصول على منحني استعادة الضغط وبالتالي دراسة وتحليل هذا المنحني وتحديد مؤشرات الطبقة الهيدروديناميكية .

اختبار بئركراتشوك رقم /٣٠٣/:-

) وكان ناتج الاختبارmin 90/: كانت مدة الاختبار (m 3665–3642رقم الاختبار /٢/ –المجال المختبر/
) نبين المخطط الناتج عن عملية الاختبار4–6/ من الطفلة . وفي الشكل (/L 2200



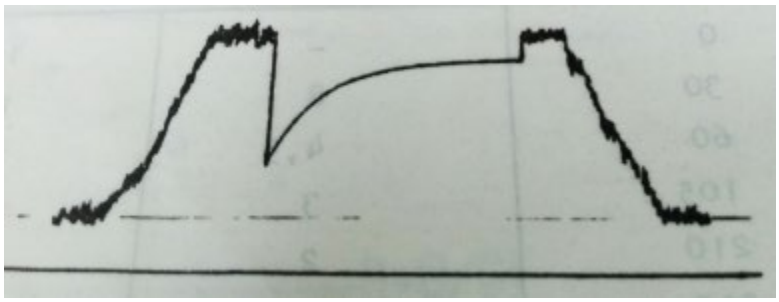
/m 3665-3642): المخطط الناتج من اختبار المجال/4-6الشكل (

/ أنه لم تظهر أي زيادة في الضغط m 3665-3642حيث نلاحظ من المخطط الناتج من اختبار المجال/ بعد فتح جهاز اختبار التدفق ويمكننا القول أنه عندما تم اعتماد هذا المجال للاختبار بناء على مايلي :

- على الفتاتات الناتجة عن الحفر والتي أظهرت آثار شواهد هيدروكربونية وعند تنفيذ الاختبار لم يظهر تدفق إما بسبب اللزوجة العالية جداً والضغط الطبقي الضعيف كما أن تلوث المنطقة المجاورة للبئر شديداً ويمكن أن يكون سبباً في عدم تقدم هذه الموائع بالإضافة إلى ما ذكر .
- أو تم اعتماد هذا المجال بناءاً على تسرب للطفلة أثناء الحفر(الطبقة نفوذة) وهذا السبب هو أكثر واقعية .

- تفسير نتائج اختبار بئرشمال الحسين رقم /١/:

اعتماداً على الدراسة التحليلية لنتائج الاختبار التي تم استعراضها في الفصل الثاني قمنا بإجراء الحسابات على نموذج جيد للتحليل والناتج عن معطيات اختبار بئر شمال الحسين رقم /١/ حيث تم اختبار على /. وبعد رفع أجهزة الاختبار على السطح كان منحني تحول الضغط مع الزمن m 1472-1446المجال / كما في الشكل أدناه :



/1446–1472 m): المخطط الناتج من اختبار المجال/4–7الشكل (

المعطيات :

/–الطبقة المختبرة الكامشوكاm 1450–1420/:المجال المثقب /m 1472–1446– المجال المختبر/

: $\phi = 15\%$ – المسامية $\gamma_f = 1.08 \frac{g_f}{cm^3}$ –الوزن النوعي لسائل الحفر:

السماكة الفعالة $h = 13\ m$: : $t_p = 210\ min$: معامل حجم النفط ، $b_o = 1.05$ ، زمن التدفق

: لزوجة النفط $\mu_o = 12.78\ mPa.s$: الانضغاطية ، $C_t = 1.1 \times 10^{-5}\ \frac{1}{KPa}$

$8.6\ m^3$ ، الحجم الناتج 17.5 hors زمن الاختبار

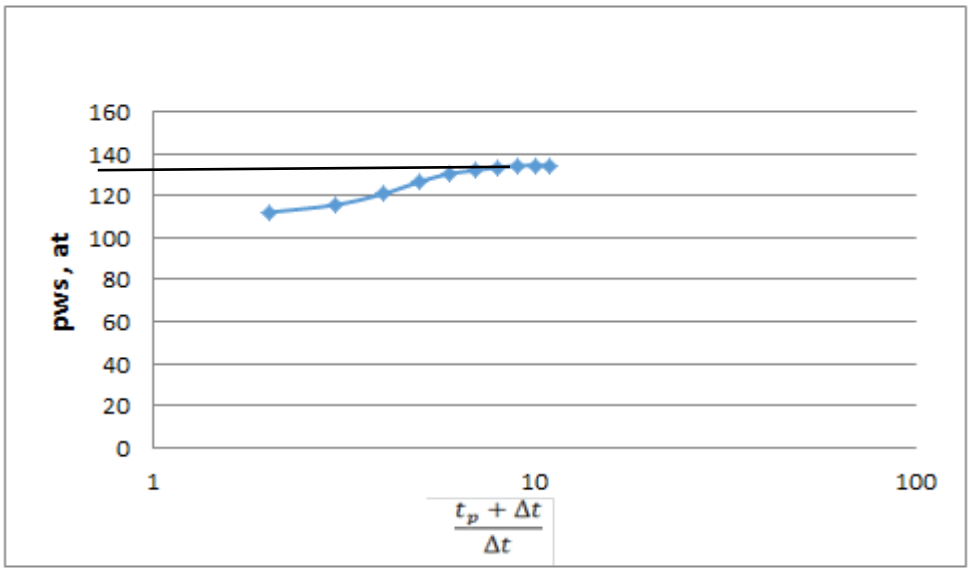
) نبين قيم تزايد الضغوط المسجلة من خلال المنحني الناتج :4–1 وفي الجدول (

) قيم تزايد الضغوط المسجلة من خلال المنحني الناتج4–1 الجدول (

$\Delta t\ ,min$	$\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$	$P_{WS}\ ,at$
٠	–	100.12
٣٠	٨	112
٦٠	4.5	115.58
١٠٥	٣	120.85
٢١٠	٢	126.76
٣١٥	1.6	130.49
٤٢٠	1.5	131.98
٥٢٥	1.4	133.48
٦٣٠	1.33	134.22

٧٣٥	1.28	134.37
٨٤٠	1.25	134.44

)4-8نرسم منحني استعادة الضغط بالاحداثيات نصف لوغارتمية الشكل (



) منحني استعادة الضغط بالاحداثيات نصف لوغارتمية4-8الشكل (

) نحدد مايلي :4-8من الشكل (

✓ ضغط الطبقة الأولي (نقطة تقاطع الجزء المستقيم من منحني استعادة الضغط مع محورالضغط p_{ws} وهو

$$P_i = 137.9 \text{ at}$$

✓ ميل الجزء المستقيم : m= 2.78 at

١- حساب معدل الانتاج **من العلاقة :**

$$q_O = \frac{V_O}{t} = \frac{8.6}{17{,}5} \times 24 = 11.79\ m^3/day$$

٢- حساب نفوذية الطبقة باستخدام العلاقة :

$$K_o = \frac{183 q_o \mu_0 B_O}{m.h} = \frac{183 \times 11.79 \times 10^6 \times 12.78 \times 10^{-2} \times 1.05}{2.78 \times 13 \times 24 \times 3600}$$

$$K_o = 92.7\ mD$$

٣-حساب معامل الظاهرة السطحية باستخدام العلاقة **:**

$$S = 1.151 \left[\frac{P_{1hr} - P_{wf(\Delta t=0)}}{m} - \log\left(\frac{K_o}{\emptyset \mu_o C_t {r_w}^2} + 5.10 \right] \right.$$

$$S = 1.151 \left[\frac{115.58 - 100.12}{2.78} - \log\left(\frac{92.7}{0.15 \times 12.78 \times 10^{-2} \times 1.1 \times 10^{-3} \times 0.1^2} + 5.10 \right] \right.$$

$$S = 2.3$$

) نبين نتائج حسابات اختبار بئر شمال الحسين -٤١-2وفي الجدول (

) نتائج حسابات اختبار بئر شمال الحسين -٤١-2الجدول (

المجال المختبر.m	1472-1446
ضغط الطبقة الأولي، at	137.9
معدل التدفق، m^3/day	11.79
نفوذية الطبقة، mD	92.70
معامل الظاهرة السطحية	2.3

.

النتائج والمقترحات

أولاً: من خلال دراسة تقييم الاختبارات الطبقية في بعض الحقول السورية نلاحظ مايلي :

فشل عملية الاختبارات الطبقية ولاسيما في الاختبارات المفتوحة نتيجة تمزق الجزء المطاطي من العازل والذي ينجم عن اهمال قواعد اختيار العازل المناسب أي عدم الاختيار الصحيح لعامل العزل ولنوعية المطاط (استخدام مطاط غير مقاوم)، مما أدى إلى هدر الوقت وبالتالي الكلفة المادية دون الحصول على نتائج تذكر

لذلك نقترح :

١–التقيد بمضمون الجدول الارشادية والمرافقة للعوازل والتي تحدد أقطار المجالات التي يفضل استخدام العوازل فيها .

٢–عدم استخدام العازل مرة ثانية دون اختبار قوة عزله قبل انزاله مجدداً في البئر .

ثانياً: في معظم عمليات الاختبار التي جرى تنفيذها في الطبقات المفتوحة والمغلقة لم نلاحظ أي منحني لاستعادة الضغط (وخاصة في الآبار المغلقة حيث تسمح ظروف البئر في ذلك) ويقتصر الاختبار على منحني التدفق فقط ومعرفة الحجم الناتج خلال فترة التدفق دون الاهتمام بتحليل المعطيات وتفسير منحنيات الضغط والاستفادة من نتائجها لذلك نقترح :

١– استخدام صمام الفتح والاغلاق حيث يسمح هذا الصمام بتنظيم عملية الاختبار على مراحل وتسجيل منحنيات استعادة الضغط داخل البئر وبالتالي اختصار زمن الاختبار في الطبقات المفتوحة

٢– كما أن استخدام هذا الصمام في الاختبارات المغلقة يسمح بتسجيل منحني استعادة الضغط خلال فترة أقل نسبياً في حال عدم استخدامه وبالتالي اختصار زمن الاختبار ومايتبع ذلك من تقليل في الكلفة .

ثالثاً –العمل على تزويد جهاز الاختبار بأكثر من مسجل للضغوط وذلك كي نؤمن حد أدنى من مطابقة النتائج وتجنب فشل عملية الاختبار من خلال المقارنة بين منحنيات تحول الضغط مع الزمن التي تسجلها أجهزة قياس الضغط الموزعة في نقاط مختلفة من تشكيلة الاختبار .

المراجع العلمية

آ- باللغة العربية :

1 – الهيتي ، أكرم حمودي ، أسود، زياد عبد الرزاق، المشاط ، علي محسن. هندسة حفر الآبار النفطية للمرحلة الثالثة. جامعة بغداد ١٩٨٨ .

2 – نصور ، طاهر حسن . هندسة الحفر – ١ . منشورات جامعة البعث ١٩٩١ – ١٩٩٢

3 – خضور ، محمد ، فرج ، يوسف . عملي هندسة الحفر-١. منشورات جامعة البعث ٢٠٠٨-٢٠٠٩

4 -مرهج، أحمد ، دراسة إمكانية تطوير الاختبارات الطبقية للآبار النفطية في الحقول السورية 1992-1993

ب – باللغة الإنكليزية :

5. Amanat, U., Chauhdry . "Drill-Stem testing".2004

6. Black, W. M., " A Review of Drill-Stem Testing Techniques 2000

7. Dolan, J. P., " Special Applications of Drill-Stem Test Pressure Data," Journal of Petroleum Technology, Nov, 1996

8. Suman, J. R., "Drilling Testing and Completion," in Elements of the Petroleum Industry. New York: AIME,.1998