

المحاضرة 7

الفصل السابع

اختبار الآبار الغازية

تخضع الآبار الغازية لمجموعة من الاختبارات والقياسات والدراسات بغية الحصول على معلومات كاملة عن خواص الطبقة المنتجة وخصوصاً لمنطقة المجاورة لقعر البئر وعن الخواص الفيزيائية للسوائل الموجودة في الطبقة ووضع البئر التي تخترق الطبقة المنتجة... إلخ.

من المعلوم أن خواص الصخور يتم تحديدها عن طريق العينات الصخرية التي تؤخذ أثناء عملية الحفر وكذلك الأمر تؤخذ عينات من المواقع الطبقية لدراستها مخبرياً. أما صفات المنطقة المحيطة بحفرة البئر والموقع الموجود فيها وحالة المنطقة القاعية والبئر نفسها يتم دراستها عن طريق القياسات الجيوفيزيائية والهيدروديناميكية.

1-7- أهداف اختبار الآبار الغازية:

تسمح الدراسات والقياسات الحقلية في آبار الغاز والكوندنسات بتحديد الأمور التالية:

- 1 - المقاييس الهندسية للمكمن ووجود مجالات غير نفوذية ووضع خط التماس (غاز - ماء).
- 2 - المؤشرات الارتشاحية للطبقة.
- 3 - مدى مقاومة صخور الطبقة المنتجة والتي بدورها تحدد الإمكانية الإنتاجية للبئر
- 4 - الصفات الفيزيائية والكيميائية للغازات والسوائل الموجودة في الطبقات.
- 5 - شروط تحرك السوائل والحببيات الصلبة باتجاه قاع البئر وإزاحتها إلى السطح.
- 6 - التحولات الطورية التي تطرأ على المواقع في الطبقة والبئر والتجهيزات السطحية
- 7 - تغيرات الاحتياطي مع الزمن.
- 8 - الشروط الترموديناميكية والهيدروديناميكية لعمل البئر.

بالنسبة للأبار الإنتاجية يتم اختبارها عادة مرة واحدة في العام، حيث تجرى القياسات عند النظام المستقر وغير المستقر وتسمح بتحديد ما يلي:

- الضغط الطبقي السكوني
- علاقة الإنتاجية بفرق مربع الضغط
- عوامل مقاومة الارتشاح a, b .
- تعيين علاقة الإنتاجية بأبعاد الفالة
- نصف قطر البئر المصغر.
- معامل فتح الطبقة

- معامل المقاومة الهيدروليكيه للجريان ضمن أنابيب ثلاثة.

في هذا الفصل سوف نتطرق إلى طريقة القياسات الهيدروديناميكية من حيث تجهيز رأس البئر، وخطوات تنفيذ القياسات، كون هذا العمل من مهمة مهندس الإنتاج.

2-7- اختبار الآبار عند النظام المستقر:

1-7-7- تجهيز البئر للاختبار:

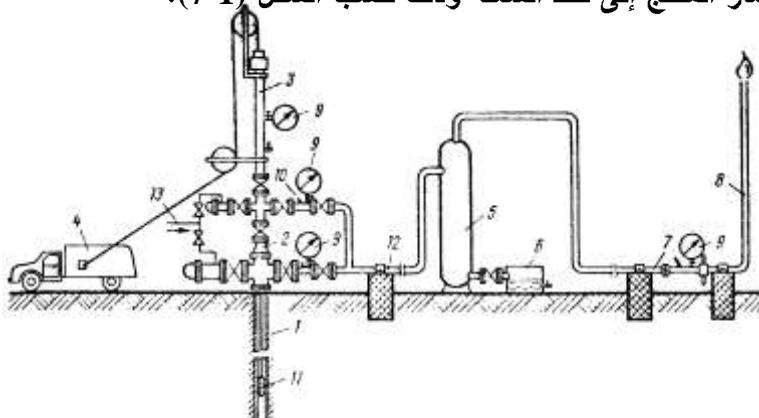
بعد انتهاء البئر الغازية من الحفر يتم إدخالها وفق نظام لا يسمح بتشكل السدادات الرملية في قاع البئر، وفي حال إمكانية حدوث تهدم في الطبقة المنتجة واحتمال زحف المياه القاعدية فإنه يجب الانتباه إلى عدم تطبيق فرق ضغط كبير بين الطبقة وقاع البئر.

من الضروري، وقبل بدء الاختبارات أن يتم تنظيف البئر من كافة الشوائب ويتم ذلك بمراقبة منتجات البئر في أثناء عملها وفق عدة أنظمة (4-5) أي عدة فتحات للفالة وذلك ابتداءً من الفتحة الصغرى ومن ثم الأكبر وبحيث تنتج البئر عند كل نظام لفترة 30-40 min. خلال ذلك تتم مراقبة كمية الشوائب التي يحملها تيار الغاز وذلك من خلال مروره في الفوائل.

ترتبط مع رأس البئر التجهيزات اللازمة لعملية الاختبار وذلك حسب نماذجين:

النموذج الأول:

حيث يتم تصرف الغاز المنتج إلى خط الشعلة وذلك حسب الشكل (7-1).



الشكل (7-1) يوضح تجهيزات رأس البئر غير الموصول إلى محطة التجميع

1- البئر 2- شجرة الجيلاد 3- موجة 4- ونش 5- فاصل 6- وعاء لقياس كمية السائل

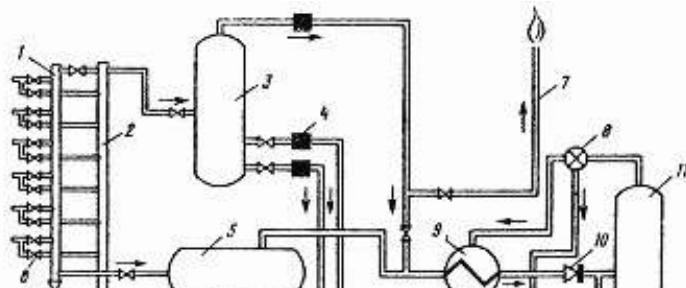
7- مقياس التدفق الحراري 8- خط الشعلة 9- مقياس ضغط 10- ميزان حرارة

11- جهاز القياس الجوفي 12- مثبت خط الطرد 13- أنبوب ضخ المواد الكيميائية (inhibitor)

النموذج الثاني:

يتم حسب هذا النموذج وصل رأس البئر مع محطة تجميع ومعالجة الغاز وذلك حسب الشكل

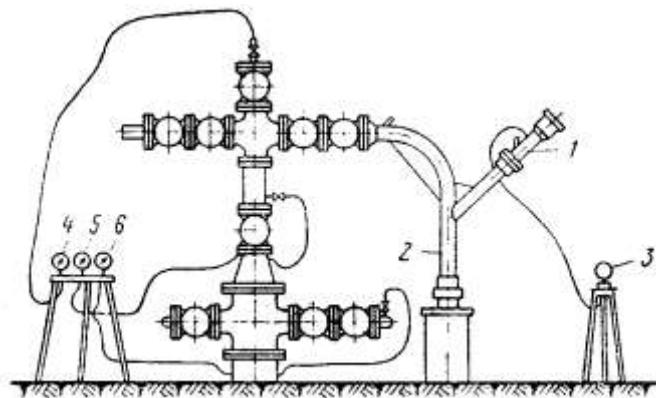
(7-2).



الشكل (7-2) تجهيزات البئر الموصول إلى محطة التجميع والمعالجة

- 1- خط الدخول الرئيسي (المانيفون) 2- خط القياس 3- فاصل القياس 4- عدادات القياس (للسوائل) 5- فاصل المرحلة الأولى 6- خزان فصل 7- خط الشعلة 8- منظم حراري 9- مبادل حراري
10- فلة (صمام) 11- فاصل المرحلة الثانية

في الآبار الغازية الإنتاجية، وحيثما يوجد تصوّر واضح عن قيم الضغط الطبيعي وتكون كمية السوائل قليلة أو أن الإمكانيّة الفنية لقياسات الجوفية بواسطة جهاز الأميركيّة غير متوفرة فإنه يمكن الاعتماد على الطرق الحسابية الموضحة في الفصل السادس من أجل تحديد قيمة ضغط القاع وعندها تختصر التجهيزات اللازمّة لاختبار لتصبح أبسط كما في الشكل (7-3).



الشكل (7-3) مخطط تجهيزات فوهة البئر عند الاختبار باستخدام جهاز التدفق الحر

- 1- المقاييس الغشائي (الحرج) 2- مصيدة المواد الصلبة 3- مقاييس ضغط

تسمح التجهيزات الموضحة بالشكل (7-3) بقياس قيم الضغط والحرارة في الفراغ الحلقى وعلى رأس مواسير الإنتاج وتقدير كمية المواد الصلبة والسائلة التي يحملها تيار الغاز إلى السطح وقياس إنتاجية البئر عند أقطار مختلفة لفلايات مقياس التدفق الحر.

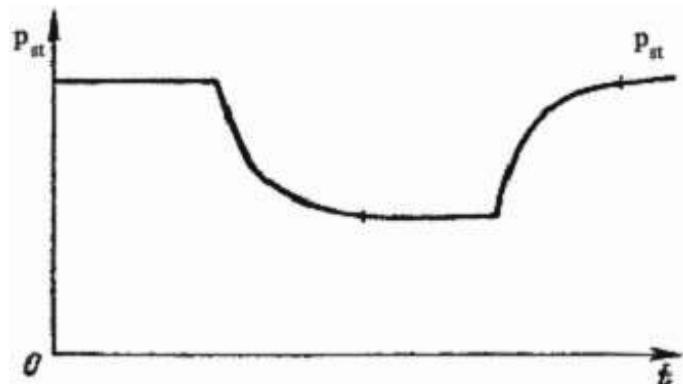
7-2-2 طريقة إجراء الاختبار:
تنفذ عملية الاختبار وفق الترتيب التالي:

1- تنظيف البئر تماماً من المواد الصلبة والسائلة وذلك بفتح البئر لمد (15-20) دقيقة وربما أكثر لحين التأكد من التنظيف الجيد مع الانتباه إلى عدم تشكيل فرق ضغط كبير بين الطبقات العلوية والعلوية عند توقيع إمكانية حصول تهدم في الطبقة المنتجة بعد ذلك تغلق البئر حتى الاستقرار التام (ثبات قيمة الضغط على رأس البئر) وقد يستغرق ذلك من (2-3) ساعة أو أكثر وهذا يتعلق بالمواصفات الخزنية للطبقة

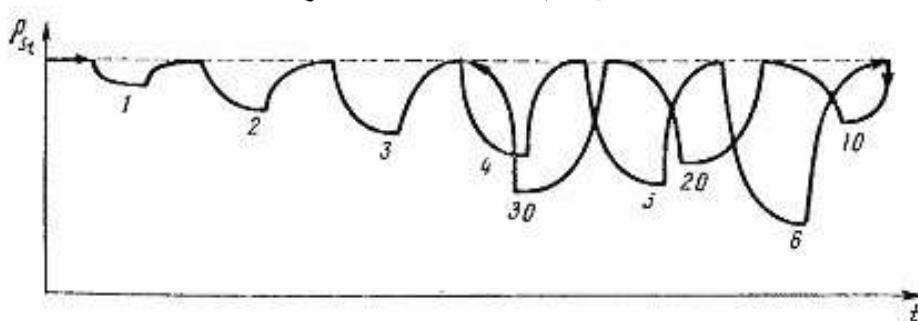
2- يربط جهاز التدفق الحرج مع تجهيزات فوهة البئر وترك فيه فالة بقطر d_1 ومن ثم يتم فتح البئر حتى الوصول إلى حالة الاستقرار التي يصفها ثبات قيم كل من الضغط والحرارة . تسجل قيم الضغط والحرارة ومن ثم تغلق البئر من جديد ويتم الانتظار ليت ammonia الضغط على رأس البئر حتى القيمة p_{st} الشكل (7-4).

3- يتم تبديل الفالة في جهاز التدفق الحرج بقطر d_2 بحيث $d_2 > d_1$ وتفتح البئر ومن جديد تتم مراقبة قيم الضغط والحرارة حتى الاستقرار . تكرر العملية السابقة من (4-6) مرات باستخدام أقطار متزايدة للفالة.

4- للتأكد من الوصول إلى حالة الاستقرار في الخطوات السابقة، فإنها تعاد ابتداءً من القطر الأكبر للحالات. كما هو موضح بالشكل (7-5).



الشكل (7-4) يمثل تغير الضغط في البئر الغازي العامل على نظام واحد مستقر بالعلاقة مع الزمن



الشكل (7-5) مخطط تغير الضغط خلال الاختبار البئر الغازي عند عدة أنظمة مستقرة
1- اختبار مباشر 30-10- اختبار عكسي

3-7-2- معالجة نتائج الاختبار:

خلال جريان الغاز من الطبقة إلى قاع البئر يحدث ضياع للضغط في الطبقة، ويمكن التعبير عن ضياع الضغط هذا بالعلاقة مع الإنتاجية بموجب علاقه دارسي:

$$p_f^2 - p_w^2 = aq + bq^2 \quad (7-1)$$

حيث أن:

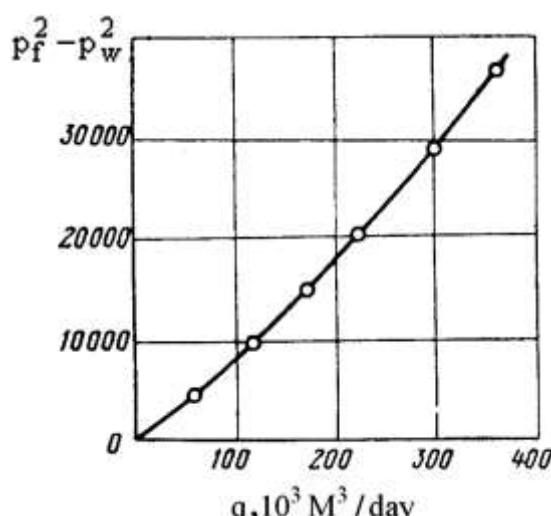
- عوامل مقاومة الارتشاح، تتعلق قيمة هذه العوامل بخواص المنطقة المجاورة لقاع البئر وبطبيعة قاع البئر (طبقة مفتوحة أو مغلقة).

- الإنتاجية في الشروط القياسية ($p = 1\text{at}$, $T = 293\text{k}^\circ$) وتقدير بوحدة $1000\text{M}^3/\text{day}$.

- الضغط الطبقي وضغط قاع البئر، p_w, p_f

تسمى العلاقة البيانية التي تربط $p_f^2 - p_w^2$ وكمية الإنتاج q بموجب المعادلة (7-1) بالدليل البياني الموضح بالشكل (7-6).

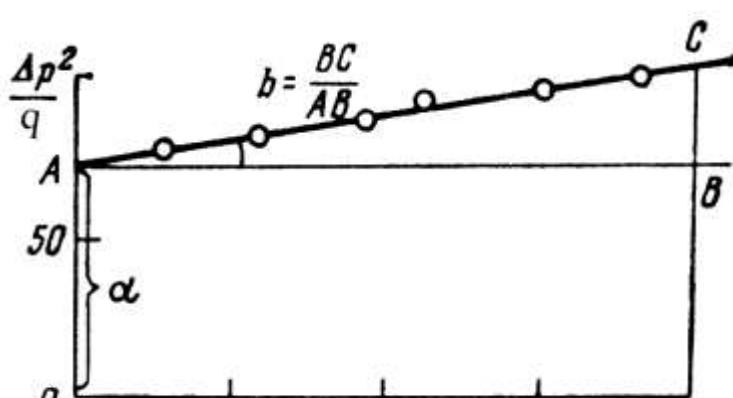
تستخدم عدة طرق من أجل تحديد قيمة العوامل a, b .



الشكل (7-6) علاقة الإنتاجية q مع مربع انخفاض الضغط $p_f^2 - p_w^2$

تعتبر الطريقة البيانية أسهل هذه الطرق، حيث يتم تمثيل العلاقة بين $\frac{p_f^2 - p_w^2}{q}$ والإنتاجية q

ويكون الشكل الناتج هو مستقيم كما في الشكل (7-7). تمثل نقطة تقاطع المستقيم مع محور العينات قيمة المعامل a وميل المستقيم يمثل قيمة المعامل b .



الشكل (7-7) العلاقة بين $\frac{p_f^2 - p_w^2}{q}$ و

يمكن تحديد قيمة a ، b حسابياً وذلك من العلاقة التالية:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta p^2}{q} \sum q^2 - \sum q \sum \Delta p^2}{N \sum q^2 - (\sum q)^2} \quad (7-2)$$

$$b = \frac{N \sum \Delta p^2 - \sum q \sum \frac{\Delta p^2}{q}}{N \sum q^2 - (\sum q)^2} \quad (7-3)$$

حيث أن N عدد أنظمة الاختبار.

في الحالات التي تكون فيها قيمة الضغط الباقي غير معلومة فإنه يمكن تحديد قيمة b ، a رياضياً كما يلي:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_{wi} - p_{wn}}{q_n - q_i} \sum_{i=1}^n (q_n + q_i)^2 - \sum_{i=1}^n (q_n + q_i) \sum_{i=1}^n \frac{(p_{wi} - p_{wn})(q_n + q_i)}{q_n - q_i}}{N \sum_{i=1}^n (q_n + q_i)^2 - \left[\sum_{i=1}^n (q_n + q_i) \right]^2} \quad (7-4)$$

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^n \frac{(p_{wi}^2 - p_{wn}^2)(q_n + q_i)}{q_n - q_i} - \sum_{i=1}^n (q_n + q_i) \sum_{i=1}^n \frac{p_{wi} - p_{wn}}{q_n - q_i}}{N \sum_{i=1}^n (q_n + q_i)^2 - \left[\sum_{i=1}^n (q_n + q_i) \right]^2} \quad (7-5)$$

تحدد قيمة N المستخدمة في العلاقات (7-4) ، (7-5) بالعلاقة $N = \sum (m-1)$ حيث أن m = i و m - العدد الإجمالي لنقاط الاختبار.

يمكن استخدام العلقتين (7-4) ، (7-5) فقط عند توفر عدد كبير من النقاط (أنظمة اختبار) (15-20) وإلا ستكون النتائج غير دقيقة.

بعد تحديد قيمة a ، b يمكن الحصول على قيمة الضغط الظبي بالعلاقة:

$$p_f = \sqrt{p_w^2 + aq + bq^2} \quad (7-6)$$

3- العوامل المؤثرة على شكل الأدلة البيانية:
أصبح من الواضح تماماً، أنه بنتيجة الاختبارات الصحيحة للأبار الغازية عند النظام المستقر، يتم الحصول على الدليل البياني من الدرجة الثانية والذى يمثل العلاقة بين انخفاض الضغط $(p_f^2 - p_w^2)$ والإنتاجية q بموجب العلاقة (7-1).

في كثير من الأحيان، تنتج أشكالاً للأدلة البيانية لا تنسجم مع العلاقة (7-1). يعود عدم الانسجام هذا إلى مجموعة من الأسباب منها:

- التحديد غير الدقيق لقيم ضغط القاع والضغط الظبي نتيجة عدم الوصول إلى الاستقرار التام.

- تجمع كمية من السوائل في قاع البئر.

- ارتكاب خطأ في تحديد القيم الحقيقة لمقاومة جريان الغاز من قاع البئر حتى الفوهه .

لذلك، ومن أجل الحصول على نتائج صحيحة للاختبارات في الحالات المذكورة أعلاه لابد من إعادة القياسات، ولكن عندما يكون ذلك غير ممكن فإنه يتم استخدام طرق تقريبية لمعالجة المعطيات التجريبية.

1- الضغط الظبي لم ينكمش بشكل تام أثناء الاختبار
لدراسة هذا التأثير على شكل الدليل البياني سوف نستعرض الحالة التالية : بعد إغلاق البئر والانتظار فترة لكي يستقر ضغط قاع البئر (الضغط الظبي) قبل البدء بقياسات الاختبار، نفترض أن الضغط لم يتناهى بشكل كامل وإنما اختلفت قيمته عن القيمة الحقيقة بالمقدار δ_1 وهذا يعني:

$$p_f = p'_f + \delta_1 \quad (7-7)$$

- قيمة الضغط الظبي المقاسة.

عندئذ، ستكون معادلة الدليل البياني من الشكل:

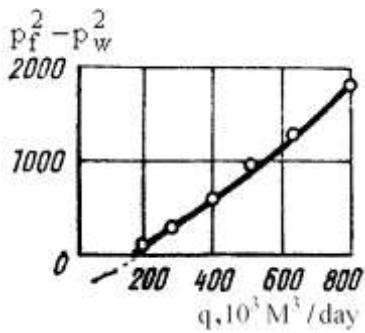
$$p'^2_f - p_w^2 = aq + bq^2 - \Delta f \quad (7-8)$$

حيث أن: $\Delta f = 2p'_f \delta_1 + \delta_1^2$

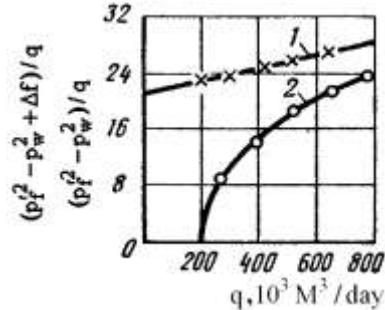
لتسهيل معالجة النتائج نقسم طرفي العلاقة (7-8) على q :

$$\frac{p_f'^2 - p_w^2}{q} = a + bq - \frac{\Delta f}{q} \quad (7-9)$$

يوضح الشكل (7-8) والتمثيل البياني للفيزياء مع $p_f'^2 - p_w^2$ بالعلاقة مع q أما الشكل (7-9) فيبين الدليل البياني بعد المعالجة:



الشكل (7-8)



الشكل (7-9)

علاقة $p_f'^2 - p_w^2$ مع q

- علاقه $q(p_f'^2 - p_w^2 + \Delta f)/q$ مع q

- علاقه $q(p_f'^2 - p_w^2)/q$ مع q

يتم الحصول على قيمة Δf من خلال تقاطع المنحني البياني مع محور العينات الشكل (7-8) ومن ثم تمثل العلاقة البيانية من جديد بالإحداثيات الوضحة بالشكل (7-9)، حيث تحدد قيمة a, b . أما قيمة الضغط الطبيعي الحقيقية ف تكون:

$$p_f = \sqrt{p_f'^2 + \Delta f} \quad (7-10)$$

2- ضغط قاع البئر لم يستقر:

نفترض أن ضغط قاع البئر p_w لم يستقر عند قيمته الحقيقة خلال مختلف أنظمة الاختبار وإنما اختلف عنها بقيمة واحدة هي δ_2 ، أي أن:

$$p_w = p_w' - \delta_2 \quad (7-11)$$

وتأخذ المعادلة (7-1) في هذه الحالة الشكل التالي:

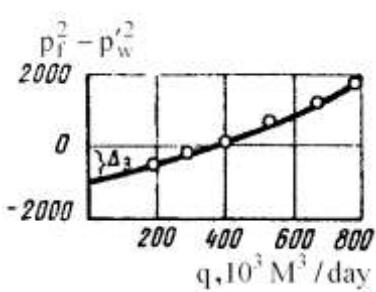
$$p_f^2 - p_w'^2 = aq + bq^2 - \Delta f_1 \quad (7-12)$$

حيث أن:

$$\Delta f_1 = 2p_w' \delta_2 - \delta_2^2 \quad (7-13)$$

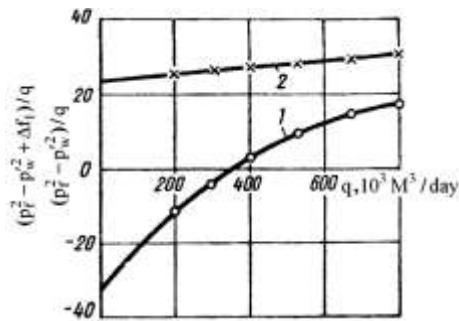
الشكل (7-10) يوضح الدليل البياني المرسوم بموجب القيم المقاسة.

أما الشكل (7-11) فيوضح الدليل البياني بعد معالجة المعطيات.



الشكل (7-10)

علاقة $p_f^2 - p_w'^2$ مع q



الشكل (7-11)

- علاقة $(p_f^2 - p_w'^2)/q$ مع q

- علاقه $(p_f^2 - p_w'^2 + \Delta f_1)/q$ مع q

تم معالجة الدليل البياني وفق الخطوات التالية:

- من الشكل (7-10) تحدد قيمة $\Delta f_1'$ المقابلة لـ $q = 0$.
- تحسب قيمة δ_2 بعد معرفة $\Delta f_1'$ بالعلاقة (7-13).
- يتم إيجاد قيمة Δf من أجل كل نظام اختبار.
- يرسم الدليل البياني بالإحداثيات $(p_f^2 - p_w'^2 + \Delta f)/q$ ، q . الشكل الناتج هو مستقيم ومنه نحدد قيمة a ، b .

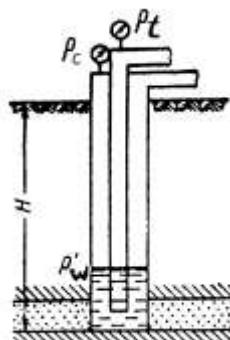
عملياً تكون قيمة δ_2 متغيرة من نظام لآخر وتزداد قيمتها مع زيادة الإنتاجية.

3- وجود سوائل في قاع البئر:

- نفترض أنه خلال توقف البئر، قد تتجمع في قاع البئر كمية من السوائل كما في الشكل (7-12).

من الطبيعي أن تكون قيمة ضغط القاع p_w' المحسوبة اعتماداً على ضغط الفوهه p_t أقل من القيمة الحقيقية أي أن:

$$p_w' = p_w - \delta_1 \quad (7-14)$$



الشكل (7-12) يوضح بثر غازية مع وجود سوائل في القاع

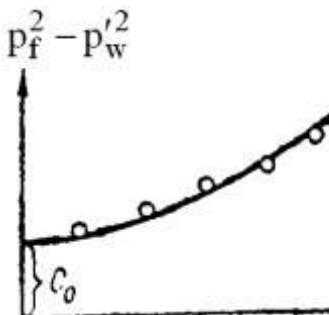
سوف يشكل عمود السائل مقاومة إضافية C ، وبالتالي فإن معادلة الدليل البياني ستأخذ الشكل

التالي:

$$p_f^2 - p_w'^2 = aq + bq^2 + C \quad (7-15)$$

الدليل البياني المرسوم بالعلاقة (7-15) سوف يقطع محور العينات عند القيمة C_0 الشكل (7-13).

$$C_0 = 2p_f \cdot \delta_l - \delta_l^2 \quad (7-16)$$



الشكل (7-13)

الدليل البياني في حال تجمع سوائل في قاع البئر الغازي

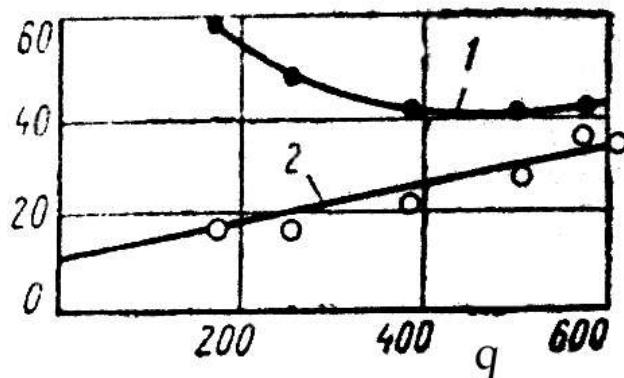
تتغير قيمة C بالعلاقة مع تغير ضغط القاع وتحسب بالعلاقة:

$$C = 2p_w' \cdot \delta_l + \delta_l^2 \quad (7-17)$$

بمعرفة C_0 من الشكل (7-13) يمكن حساب قيمة δ_l بموجب العلاقة (7-16) ومن ثم حساب قيمة C لكل نظام اختبار.

بعد إدخال قيم C في المعادلة (7-15) يتم رسم الدليل البياني بالإحداثيات $(p_f^2 - p_w'^2 - C)/q$ ، q ويكون الناتج خط مستقيم الشكل (7-14) ومنه نحدد قيمة العوامل a ، b .

$$(p_f^2 - p_w'^2)/q, (p_f^2 - p_w'^2 - C)/q$$



الشكل (7-14) الدليل البياني بوجود سوائل في قاع البئر

1- علاقـة $(p_f^2 - p_w'^2 - C)/q$ مع q 2- علاقـة $(p_f^2 - p_w'^2)/q$ مع q

4-7- معدل إنتاج البئر الغازي :

إن معرفة القدرة الإنتاجية للأبار الغازية في غاية الأهمية وذلك من أجل التخطيط الصحيح لاستثمار أي مكمن غازي، إضافة لذلك لا بد من معرفة تغير الإنتاجية من أجل قيم مختلفة لضغط جريان قعر البئر (Bottom hole pressure). في أي وقت خلال عمر المكمن الغازي مع الأخذ بالاعتبار التغيير في الإنتاجية مع تغير متوسط ضغط المكمن.

تعتبر طريقة الاختبار متعدد النقاط من أكثر الطرق شيوعاً لتحديد عطاء البئر الغازي حيث يتم فيها إنتاج البئر بعدة معدلات مختلفة (عادة تكون أربعة) وفي أثناء ذلك تجرى قياسات الإنتاجية وقيم ضغوط جريان قعر البئر اللازمة لوضع معادلة أدائية التدفق (Equation in flow) . هناك عدة طرق من الاختبارات التي تؤدي لهذا الغرض:

- اختبارات معدلات الجريان المتعاقبة (Flow after flow).

- الاختبار المتساوي الزمن (Isochronal testing).

- اختبار الفترات الزمنية المتساوية المعدلة (Modified isochronal testing).

تستند نظرية هذه الاختبارات على معادلة جريان الحالة المستقرة . (7-1) والتي يمكن كتابتها

على الشكل التالي:

$$q = C(p_f^2 - p_w^2)^n \quad (7-18)$$

حيث أن:

- معامل الجريان.

- n - معامل يعكس درجة الاضطراب وتتراوح قيمته بين (0.5-1).

من خلال تعريف قيمة معامل الجريان C والأى n فإنه يمكن حساب معدل الجريان المقترن بأى قيمة لضغط قاع البئر p_w وبالتالي يمكن رسم منحنى أدائية التدفق.

هناك حد شائع لتصنيف أو مقارنة الآبار الغازية، وهو معدل الجريان الذي قد يتواجد إذا ما انخفضت قيمة p_w إلى الصفر، وهذا ما يسمى أقصى معدل للجريان المفتوح (Absolute open flow) .

يتضح من المعادلة (7-18) أن رسم العلاقة $q = C(p_f^2 - p_w^2)^n$ على ورقة ذات محاور لوغارitmية. سيكون على هيئة خط مستقيم يميل $\frac{1}{n}$. وأيضاً عندما تكون $n=1$ فإن $q = C$ وهذا ما هو واضح من المعادلة (7-18).

$$\lg(p_f^2 - p_w^2) = \frac{1}{n} \lg q - \frac{1}{n} \lg C \quad (7-19)$$

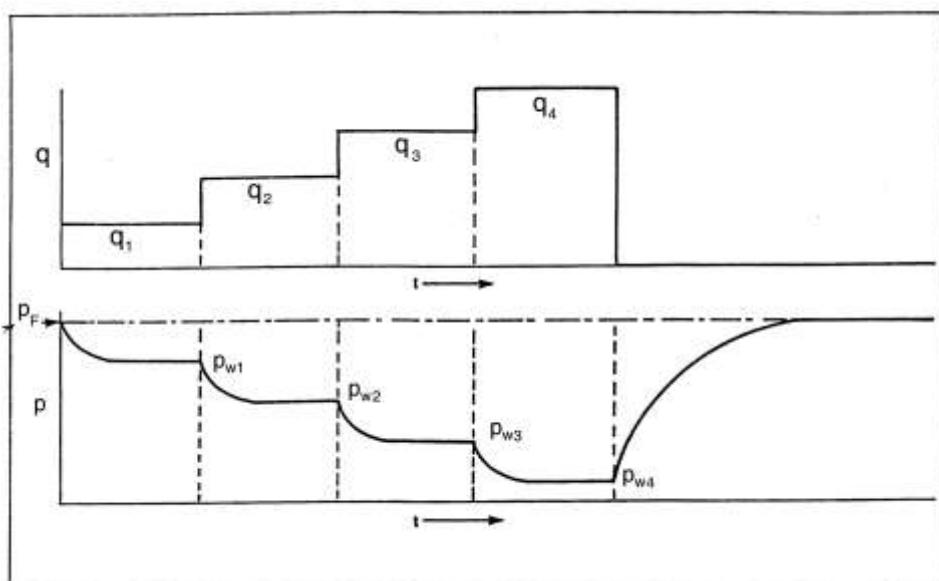
بعد تحديد قيمة الأس n يمكن حساب C باستخدام بيانات أحد الاختبارات التي تقع على الخط

المستقيم:

$$C = \frac{q}{(p_f^2 - p_w^2)^n} \quad (7-20)$$

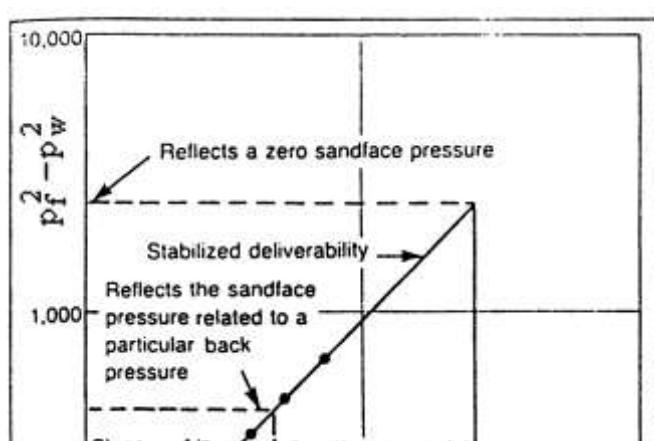
7-4-1. اختبار معدلات الجريان المترافقية:

يبدأ اختبار معدلات الجريان المترافقية من حالة الإغلاق، وذلك بتشغيل البئر على فتحة معينة للفترة حتى استقرار معدل الجريان والضغط p_w وهذا يتطلب زمناً معيناً يعتمد على نفوذية صخور المكمن. بشكل عام يعتبر عمل البئر مستتراً إذا لم يتغير الضغط بعد مرور 15 min عن قيمة معينة. تفاصيل قيم كل من q و p_w ، ثم يتم تغيير معدل الإنتاج ويعاد الاختبار لعدة معدلات (يجب أن لا تقل عن أربعة). الشكل (7-15) يبيّن رسمياً نموذجياً لبيانات اختبار معدلات الجريان المترافقية.



الشكل (7-15) مخطط معدل الجريان ولضغط لاختبار معدلات الجريان المترافقية.

تعالج بيانات الاختبار برسم العلاقة $(p_f^2 - p_w^2)$ ، q حسب الشكل (7-16).



الشكل (7-16) المخطط البياني لاختبار معدلات الجريان المتعاقبة.

مثال:

تم تنفيذ اختبار معدلات الجريان المتعاقبة لبئر يقع ضمن م كمن ذو ضغط منخفض ونفوذية عالية وكانت نتائج الاختبار:

N_o	q, MSCfd	p_w
0	0	201 (p_f)
1	2730	196
2	3970	195
3	4440	193
4	5550	190

والمطلوب:

- 1 - أحسب قيم (C) و (n) لمعادلة الجريان.
- 2 - حدد أقصى معدل للجريان المفتوح (AOF).
- 3 - أحسب الإنتاجية المقابلة لقيمة ضغط قاع البئر $p_w = 160 \text{ psia}$.

2-4-7- اختبار الفترات الزمنية المتتساوية: (Isochronal test)

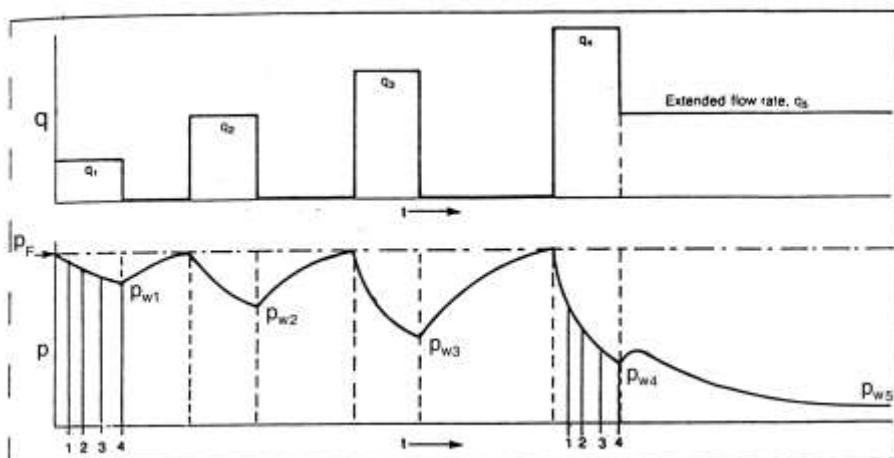
يستند هذا الاختبار على النظرية التي تنص على أنه من أجل فترات زمنية متتساوية للجريان من الطبقة إلى البئر، يتأثر نفس الحجم من المكمن وذلك بغض النظر عن قيمة معدل الجريان.

اقتصر اختبار الفترات الزمنية المتتساوية كوسيلة لتحديد معدل الإنتاج من الآبار الغازية القليلة الإنتاجية والتي تتطلب فترة طويلة من الزمن للوصول إلى الاستقرار. على كل حال يجب أن تتوفر لدينا نقطة واحدة على الأقل تمثل الجريان المستقر لكي يصبح بالإمكان تقييم المعامل (C) في معادلة الجريان.

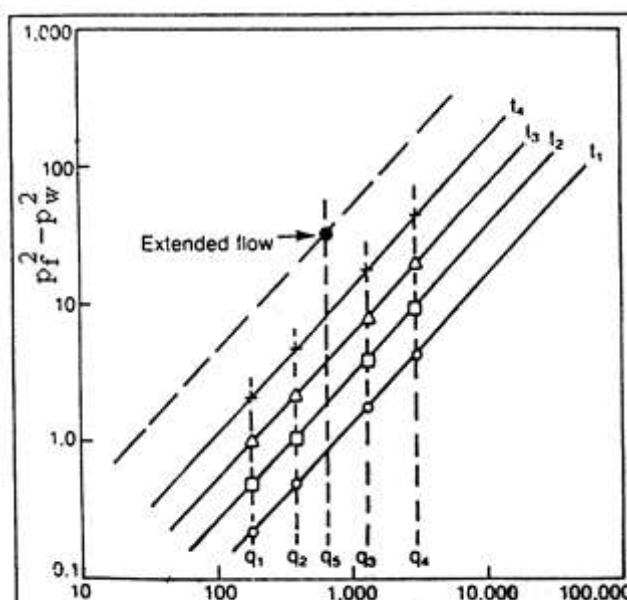
إن الأسلوب المتبوع في إجراء اختبار الفترات الزمنية المتتساوية يتضمن ما يلي:

- 1- يبدأ الاختبار من حالة إغلاق البئر، حيث يتم فتح البئر على فالة قطر d_1 لفترة من الزمن وتقاس قيم الإنتاجية q و p_w عند أزمنة معينة لنفس قطر الفالة d_1 .
- 2- إغلاق البئر لحين العودة إلى الضغط الأولى p_F .
- 3- يفتح البئر من جديد على فالة أكبر $d_2 > d_1$ وتقاس الإنتاجية والضغط عند نفس الأزمنة في الخطوة (1). ليس من الضروري أن تكون الفترات الكلية للجريان متساوية، ولكنها عملياً تكون كذلك.
- 4- إغلاق البئر لحين تنامي الضغط حتى القيمة p_F .
- 5- تكرر العملية من أجل عدة أقطار للفالة، عادة أربعة.
- 6- عند آخر فتحة للفالة، يسمح للبئر بالجريان حتى الوصول إلى حالة الاستقرار وهذا قد يتطلب عدة ساعات أو حتى أياماً وذلك تبعاً لخواص الطبقة.

يوضح الشكل (7-17) اختبار الفترات الزمنية المتساوية أما الشكل (7-18) فيوضح البيانات الناتجة.



الشكل (7-17) اختبار الفترات الزمنية المتساوية



الشكل (18-7) بيانات اختبار الفترات الزمنية المتساوية

يتم تحليل نتائج الاختبار برسم العلاقة بين قيم $p_f^2 - p_w^2$ مقابل q على ورقة لوغارتمية لكل فترة جريان أخذت عندها القياسات . إن هذا سيعطي خطًا مستقيماً لكل فترة جريان، حيث ستكون ميلول هذه الخطوط متساوية.

ميل أحد هذه الخطوط يسمح بتحديد الأس (n). بينما يتم تحديد المعامل (C) باستخدام معدل الجريان المستقر أو الموسع (Extended).

مثال:

تم تنفيذ اختبار الفترات الزمنية المتساوية لبئر يقع ضمن مكمن، معدل الضغط فيه 1952 Psia . وتم الجريان في البئر على أربع فتحات مختلفة للفالة وقياس الإنتاجية وضغط جريان قعر البئر عند 3 ساعات و 6 ساعات لكل فتحة فالة. ومن أجل نقطة الاستقرار تحت المراقبة لفترة 72 ساعة حيث كانت الإنتاجية 6.0 مليون قدم مكعب في اليوم وقيمة ضغط قاع البئر $p_w = 1151 \text{ psia}$. نتائج القياسات هي التالية:

$t = 3 \text{ hr}$		$t = 6 \text{ hr}$
$q, \text{ MSCfd}$	p_w	p_w
2600	1793	201 (p_f)
3300	1757	196
5000	1623	195
6000	Extended flow. $t = 72 \text{ hr}$	1151

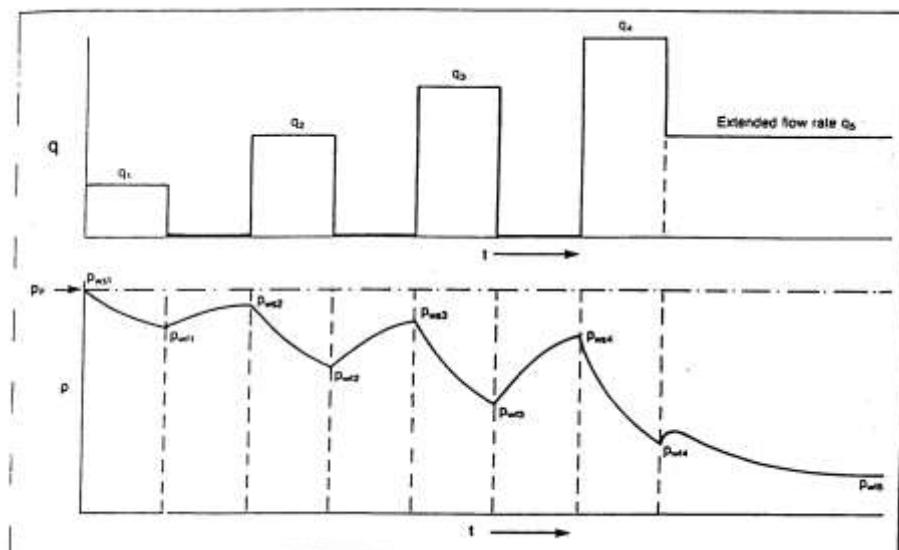
والمطلوب:

- 1- معادلة الجريان المستقرة.
- 2- أقصى معدل للجريان المفتوح (AOF).
- 3- رسم منحنى أدائي التدفق (العلاقة بين q و p_w)

3-7-4-3- اختبار الفترات الزمنية المتساوية المعدل (Modified Isochronal testing)

أدخل أسلوب اختبار الفترات الزمنية المعدلة لتقليل فترة اختبار الفترات الزمنية المتساوية الذي تمت مناقشته أعلاه. إن طريقة الاختبار هذه تختلف عن سابقتها من حيث أن فترة الإغلاق بين كل معدل جريان هي ليست بالمددة الكافية التي تسمح للبئر بالعودة إلى متوسط الضغط الابتدائي للمكمن.

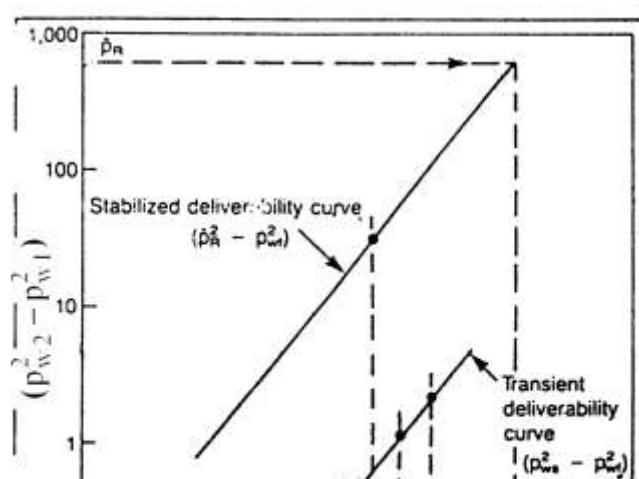
في الطريقة المعدلة يكون البئر في وضع الإغلاق لنفس الفترة الزمنية التي سمح لها بها بالجريان لكل فتحة للفالة، خلال هذه الفترة سيتم إعادة تنامي الضغط الساكن للبئر إلى قيمة معينة p_{ws} التي ستتخفض بعد كل فترة جريان. يوضح الشكل (19-7) تغير الضغط ومعدل الجريان مع الزمن.



الشكل (19-7) اختبار الفترات الزمنية المتساوية المعدل

لا تزال فترة الجريان المستقر مطلوبة من أجل تقييم معامل الجريان C. من أجل تحليل نتائج الاختبار، يتبع نفس الأسلوب في اختبار الفترات الزمنية المتساوية مع الفارق التالي:

إن القيمة $\Delta(p^2) = p_{wsi}^2 - p_{wf}^2$ يتم رسمها مقابل q للحصول على (n). ومن ثم تحسب قيمة (C) باستخدام الضغط الساكن الابتدائي أو متوسط ضغط المكمن وقيم الاختبار المستقر لـ p_{wf} و q . يوضح الشكل (20-7) رسمًا بيانيًّا لبيانات اختبار الفترات الزمنية المتساوية المعدل.



الشكل (7-20) بيانات اختبار الفترات الزمنية المتساوية المعدل

5-7- العوامل المؤثرة على معدل الإنتاج:

بعد اختبار البئر الغازية ووضع معادلة أداية التدفق، يجب أن تكون لدينا المقدرة على تخمين مدى تأثير تغير بعض العوامل على معدل الجريان . وهذه العوامل يمكن أن تكون التغيرات نتيجة لنضوب المكمن أو للزمن أو قد تنتج عن عمليات الإصلاح (Workovers).

إن تأثير التغيرات المختلفة يمكن أن تقدر من خلال المقارنة بين المعادلين: