برنامج تغليف البئر

Casing program

3-1- برنامج بناء البئر :

يشكل برنامج بناء البئر مخططاً عاماً، يوضع بعد تحديد موقع البئر من قبل مهندس دراسات الحفر في الحقل. ويجب أن ينفّذ بشكل دقيق أثناء حفر البئر. يوضع هذا البرنامج بعد دراسةٍ وافية للعمود الجيولوجي المتوقع مصادفته.

يتضمن برنامج بناء البئر[5,17,29]:

1- مواسير التغليف التي ستنزل في البئر: حيث يحدد عدد مراحل التغليف للبئر ، والعمق الذي ستنزل إليه كل مرحلة، إضافةً إلى تحديد هيكلية مواسير التغليف في كل مرحلة بحيث تؤدي وظيفتها الأساسية بأقل كلفة ممكنة (أي تحديد قطر مواسير التغليف لكل مرحلة، وسماكة جدارها، ونوع المعدن أو الخليطة التي تصنع منها).

2- رؤوس الحفر التي سوف تستعمل في إنجاز البئر: يجب تحديد قطر مجموعة رؤوس الحفر لكل مرحلة، حيث تتميز المرحلة بقطر ثابت، وتحفر بعدد من رؤوس الحفر ذات القطر المتجانس. كما يحدد نوع هذه الرؤوس، وذلك تبعاً لنوع الصخور المتوقعة في العمود الجيولوجي، إضافةً إلى تحديد المجالات التي سوف تؤخذ منها عينات أسطوانية، وطول هذه المجالات.

3- مجموعة مواسير الحفر التي ستستخدم في كل مرحلة من مراحل البئر: حيث يحدد طول أعمدة الحفر، ونوعية العناصر المؤلفة لكل مجموعة حفر (أعمدة الحفر، مواسير الحفر، قلم الحفر، الوصلات الخاصة ضمن كل مجموعة) وتحديد قطر وسماكة جدار كل عنصر فيها.

4- تحديد المجالات التي يقترح حفرها بمحركات مغمورة (بالحفر التوربيني أو الكهربائي)، مع تحديد نوع المحرك وقطره، وكافة الخصائص المطلوبة منه ليكون الحفر مثالياً.

5- تحديد المجالات التي يجب عزلها بالإسمنت في كل مرحلة على حدة.

6- تحديد الطريقة المقترحة لكل من عمليتي التغليف والسمنتة ، مع ترك مجال لتعديلها من قبل مهندس الحفر تبعاً للشروط الحقيقية التي صادفها أثناء الحفر.

٧ -**تحديد نوع سائل الحفر وخصائصه المختلفة في كل مرحلة من مراحل البئر.**

3-2- برنامج التغليف (Casing program):

يتضمن برنامج التغليف النقطتين الأولى والثانية من برنامج بناء البئر، أي عدد مراحل التغليف، وعمق كل منها، وقطر مواسير التغليف، وأقطار رؤوس الحفر لكل مرحلة من مراحل التغليف.

3-2-1- العوامل المؤثرة على برنامج التغليف :

إن تحديد برنامج التغليف المثالي يتطلب معرفة كاملة للعوامل المؤثرة عليه، وكيفية هذا التأثير. وهذه العوامل هي الآتية[5,28,29]:

1- العوامل الجيولوجية (Geological factors):

تشمل العوامل الجيولوجية معرفة طبيعة الصخور المتوقع اختراقها، وتحديد وضعيتها وخصائصها، ودرجة تشبعها بالموائع الطبقية (نفط ، غاز ، ماء)، ومدى تأثرها بالحركات التكتونية من خلال احتوائها على الفوالق، ودرجة ثبوتيتها بعد الحفر، ومدى تأثرها بسوائل الحفر التي يمكن استعمالها.

وتشترط العوامل الجيولوجية إنزال مواسير التغليف لعزل المجالات التي تعتبر مصدراً للمشاكل أثناء الحفر (تسرب سائل الحفر في الطبقة، تهدم الطبقات، اندفاع المركبات الهيدروكربونية . . . إلخ). كما تحدد العمق الذي يجب أن تنزل إليه (بعد اختراق الطبقة المسببة للمشكلة حتماً). ولا يجوز اعتماد هذه العوامل فقط لتحديد برنامج التغليف، بل يجب دراسة كافة الإمكانيات الفنية والتقنية المتوفرة، التي تسمح بمتابعة الحفر مع السيطرة على الصعوبات التي تسببها تلك المجالات (التي تتطلب عزلها بالتغليف وفقاً للعوامل الجيولوجية) دون الحاجة لإنزال مواسير التغليف، وذلك باستخدام سائل الحفر الفعال ذي التأثير القليل على الطبقات، وذي الخواص المناسبة لتلك المجالات الخطرة من وجهة نظر مهندس الحفر (سوائل حفر خاصة ، سوائل حفر ممنعة . . . إلخ).

2- العوامل الفنية (Technical factors):

تختص العوامل الفنية بدراسة الإمكانيات المادية المتوفرة عند تنفيذ حفر البئر، وهي تحدد المعادن المناسبة لإنجاز عملية التغليف، وضرورة توفر مجموعات كبيرة من المواسير بأقطار خارجية وسماكات جدار مختلفة، وبنوعيات مناسبة لمناطق الوصل (الشرار)، القادرة على العزل المحكم وتحمّل الإجهادات التي ستتعرض لها – وذلك تبعاً لعمق البئر. إضافةً إلى توفّر الأجهزة السطحية التي تتمكن من إنزال الأوزان الكبيرة عند التغليف، والمواد الكيميائية اللازمة لمعالجة سائل الحفر، وجعله يتمتع بخواص ملائمة لبعض المجالات. كما تشمل العوامل الفنية توفر الأجهزة التي سوف تستخدم أثناء الإنتاج بمراحله المختلفة (الإنتاج الذاتي، الرفع الغازي، الإنتاج بالضخ . . . إلخ) مثل المصافي التي تنزل في البئر، وفواصل الغازات عن النفط عند قاع البئر، صمامات التشغيل بأنواعها، مواسير الإنتاج، قضبان الضخ، المضخات الجوفية . . . إلخ، حيث يجب أن يسمح برنامج التغليف بتطبيق مختلف طرق الإنتاج، من أجل استثمار كامل مخزون المكامن النفطية والغازية.

3- العوامل التقنية (Technological factors):

تدرس هذه العوامل الإمكانيات المتوفرة، التي تسمح بالحفر إلى أعماق كبيرة دون الحاجة إلى التغليف. إن توفر إمكانية تطبيق التقنيات المتطورة مع الخبرة المناسبة تسمح بالتقليل من عدد مراحل التغليف، والإسراع بإنجاز البئر. ومن المعلوم أن استخدام سوائل الحفر الفعالة تزيد من ثبوتية جدران البئر لفترة معينة تتناسب وطبيعتها، لذلك يجب البحث باستمرار عن طرق حفر جديدة (تقنيات جديدة) تسمح بزيادة سرعة الحفر، والتقليل من عدد مراحل التغليف.

4- العوامل الاقتصادية (Economical factors):

تهدف العوامل الاقتصادية إلى تأمين برنامج تغليف جيد من وجهة نظر فنية، وبأقل تكاليف ممكنة . تقسم العوامل الاقتصادية التي يجب أن تؤخذ بالاعتبار عند وضع برنامج التغليف إلى مجموعتين: مجموعة تتبع لكلفة مواسير التغليف، والأخرى لطريقة التغليف المطبقة. تشكّل كلفة التغليف نسبة كبيرة من الكلفة الإجمالية لحفر البئر (15-20%) أثناء الحفر في شروط جيولوجية بسيطة، وتزداد هذه النسبة مع ازدياد تعقيد شروط الحفر، وقد تصل إلى 50% .

فيما يتعلق بكلفة مواسير التغليف، فإن هذه الكلفة تتعلق بقطر هذه المواسير، حيث تزداد بزيادة هذا القطر. وبالتالي فإنه يجب استعمال أصغر قطر لمواسير التغليف يؤدي إلى الحصول على بئر ناجحة فنياً، وذلك للاعتبارات الآتية:

آ – إذا فرضنا وجود بئر تامة من وجهة نظر هيدروديناميكية (أي تخترق كامل الطبقة المنتجة، وجريان الموائع من الطبقة باتجاه البئر يتم من خلال كامل المقطع المخترق) في وسط مسامي متجانس، ويحوي سوائل غير انضغاطية ومتجانسة، وجريان السائل في الوسط المحيط بالبئر هو من النوع الشعاعي في نظام ارتشاح خطي، عند ذلك فإن معدل الإنتاج من هذه البئر حسب رأي دارسي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$Q = \frac{2\pi Kh(P_C - P_f)}{b.\mu.\ln\frac{R_C}{r_w}} \ldots\ldots\ldots (m^3/24h) \qquad (1\text{-}3)$$

حيث إن:

K – نفوذية الطبقة المنتجة (D).

h – سماكة الطبقة المنتجة (m).

P_C – ضغط الموائع المتواجدة في الطبقة (الضغط الطبقي (kgf/cm^2)).

P_f – الضغط داخل البئر عند مستوى الطبقة المنتجة (kgf/cm^2).

μ – لزوجة النفط المنتج (CP). b – عامل حجم النفط.

R_C – نصف قطر منطقة تأثير البئر، أي نصف قطر منطقة السحب للبئر (m).

r_w – نصف قطر البئر، أي نصف قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية (m).

وكما هو واضح من العلاقة (3-1) فإن تأثير قطر البئر (قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية) على معدل الإنتاج قليل جداً، لأنه موجود في العلاقة بشكل لوغاريتمي. إذن ليس هناك ضرورة لاستخدام أقطار كبيرة لمواسير التغليف الإنتاجية لزيادة معدل الإنتاج، أو أن زيادة هذا القطر لا تؤدي إلى زيادة كافية في الإنتاج تبرر ذلك.

ب – إن زيادة قطر مواسير التغليف يتبعه زيادة كلفة سائل الحفر، الذي يزداد حجمه في كل مراحل إنجاز البئر. حجم سائل الحفر لكل مرحلة من مراحل إنجاز البئر يعطى بالعلاقة الآتية:

$$V_f = V_{re} + V_w = V_{re} + \frac{\pi}{4}.D^2.H \qquad (2\text{-}3)$$

حيث إن:

V_{re} - حجم سائل الحفر الذي يخزن في الخزانات الاحتياطية (m^3).

V_w - حجم سائل الحفر في البئر (m^3)، وهو حجم متغير.

D – قطر البئر أو قطر رأس الحفر، الذي يحسب كتابع لقطر مواسير التغليف (m).

H – عمق البئر (m).

من العلاقة (3-2) نلاحظ أن حجم سائل الحفر يتناسب طرداً ومربع قطر البئر. إن تكاليف سائل الحفر من حيث كلفة المواد المستعملة في تحضيره أو معالجته وصيانته تزداد بالتأكيد مع زيادة حجمه. كما أن كلفة عمليات تثبيت المواسير بالإسمنت تزداد هي الأخرى بزيادة قطر مواسير التغليف، نظراً لازدياد حجم الإسمنت الذي يجب ضخه خارجها، والزمن اللازم لذلك.

جـ – إن استعمال مواسير تغليف بقطر كبير يزيد من كلفة إنجاز البئر، ليس من خلال ارتفاع أسعارها وكلفة إنزالها فقط، بل ومن خلال تكاليف أخرى تتبع لهذا القطر. إن استعمال مواسير تغليف بقطر كبير يتطلب حفر البئر برؤوس حفر بأقطار كبيرة، وهذا يعني سرعة تقدم قليلة (حيث تتناسب سرعة الحفر عكساً وقطر رأس الحفر) والحاجة إلى زمن كبير لإنجاز البئر، وبالنتيجة زيادة كلفة إنجاز البئر. إضافةً إلى ارتفاع كلفة تحضير وصيانة سوائل الحفر. وأيضاً فإن زيادة قطر البئر تؤدي إلى زيادة حجم الفراغ الحلقي خلف مواسير التغليف، أي زيادة حجم السائل الإسمنتي اللازم لإنجاز العمليات الإسمنتية،مع ما يترتب على ذلك من كلفة تحضيره وزيادة الزمن اللازم لضخه وعدد أجهزة الضخ، وبالنتيجة زيادة كلفة إنجاز البئر .

مما سبق نخلص إلى أن تحديد قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية يجب أن يتم اعتماداً على الإنتاجية المتوقعة من الطبقة والعوامل الاقتصادية معاً، بحيث نحقق بئراً بأقل كلفة ممكنة، ولكنها تمكّن من استثمار محتويات المكمن باللجوء إلى استعمال مختلف طرق الإنتاج (الذاتي، الرفع بالغاز، الضخ . . . إلخ).

3-2-2- تصميم برنامج التغليف (Design of casing program):

يتضمن تصميم برنامج التغليف تحديد العناصر الآتية[22,5]:

1 – تحديد عدد مراحل التغليف اللازمة لإنجاز البئر، وعمق إنزال كل مرحلة. ويتم ذلك اعتماداً على العمود الجيولوجي المتوقع مصادفته أثناء الحفر. ويجب أن تؤخذ بالاعتبار مجموعة العوامل التي ذكرت سابقاً (الفنية والتقنية والاقتصادية).

2 – تحديد نوع رؤوس الحفر (أو رؤوس التلبيب) وفقاً لنوعية الصخور.

3 – تحديد أقطار مواسير الحفر، وكذلك أقطار رؤوس الحفر لكل مرحلة على حدة.

وسوف نقوم فيما يلي بدراسة البند الثالث من برنامج التغليف .

سوف نعتمد طريقة حساب الأقطار من الأسفل إلى الأعلى، أي نبدأ بالحساب من قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية، والذي يعطى عادةً أو يتم اختياره، لأن هذا القطر يشكّل الهدف الذي يجب الوصول إليه، أي أن تصميم برنامج التغليف يتم بعكس التنفيذ، أي يتم الانطلاق من حساب مواسير التغليف الإنتاجية، والانتهاء بمواسير التغليف للمرحلة السطحية، بينما يبدأ التنفيذ بالمرحلة السطحية وينتهي بالإنتاجية.

يتم اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية (وهو الأساس في تصميم برنامج التغليف) اعتماداً على:

- الإنتاجية المتوقعة من البئر.
- نوع المكمن (نفط أو غاز).
- طرق الإنتاج المحتمل اعتمادها أثناء استثمار محتويات المكمن.
- عدد مراحل التغليف وعمق البئر.

وفي الجدول (3-1) نبين طريقة اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية اعتماداً على نوع المكمن، والغزارة المتوقعة من البئر[29,5].

نوع المكمن	نفط			غاز			
الإنتاجية المتوقعة من البئر	Ton/24 h.			10^3 m^3/24 h.			
	< 40	40 - 120	> 120	< 75	75 - 210	210 - 500	> 500

قطر مواسير التغليف الإنتاجية (in)	$4^{1/2}$	5	$6^{1/4}$	4 ½	5	7	$9^{5/8}$
		$5^{1/2}$	$6^{5/8}$ - 7		$6^{5/8}$	$5^{5/8}$	10 ¾

الجدول (3-1): طريقة اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية اعتماداً على نوع المكمن والغزارة المتوقعة من البئر.

الطريقة الأولى:التصميم اعتماداً على قيمة الفراغ الشعاعي بين رأس المواسير وجدران البئر:

بعد اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية نحسب قطر مجموعة رؤوس الحفر لهذه المرحلة بالعلاقة الآتية:

$$D_{Be} = D_M + 2\,Jr \qquad (3\text{-}3)$$

حيث إن :

D_{Be} – قطر رأس الحفر في المرحلة الإنتاجية للبئر (mm).

D_M – القطر الخارجي عند الرأس لمواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية (mm) (وذلك بفرض أن المواسير ذات نهايات مغلظة، وهي الأكثر استعمالاً، لسهولة التعامل معها أثناء الرفع والإنزال. وهذا القطر يؤخذ من الجداول الخاصة بالمواسير.

Jr – الفراغ الشعاعي بين رأس مواسير التغليف وجدران البئر. تتراوح قيمة هذا الفراغ في المجال (10 – 50 mm) وتؤخذ كتابع لقطر مواسير التغليف وفق الجدول (3-2).

يؤخذ من جدول رؤوس الحفر القطر الصناعي لرأس الحفر الأقرب إلى القطر الحسابي الذي حصلنا عليه من العلاقة (3-3). يعاد بعد ذلك حساب الفراغ الحلقي الشعاعي على النحو الآتي:

شروط حفر معقدة		**شروط حفر عادية**		**Jr**	**قطر مواسير التغليف**
Ca	**R**	**Ca**	**R**	**mm**	**inch**
0.137	0.06 -	0.11 -	0.05 –	10 - 15	4 ½ - 5

				15 - 20	5 ½
				20 - 25	6 5/8 – 7 5/8
				25 - 30	8 5/8 – 9 5/8
0.19 - 0.25	0.08 - 0.1	0.137 - 0.22	0.06 - 0.09	30 - 35	10 ¾ - 11 ¾
				35 - 40	12 ¾ - 13 ¾
				45 - 50	≥14 ¾

الجدول (3-2): قيم الفراغ الشعاعي تبعاً لقطر المواسير.

$$J_r^{'} = \frac{D_B - D_M}{2} \qquad (4\text{-}3)$$

حيث إن :

D_B – القطر الصناعي لرأس الحفر المأخوذ من جداول رؤوس الحفر.

كما يتم حساب نسبة الفراغ الحلقي (والتي تسمّى أيضاً نسبة التغليف) بالعلاقة الآتية:

$$R = \frac{D_B - D_M}{2D_B} \qquad (5\text{-}3)$$

وأخيراً يحسب معامل الفراغ الحلقي بالعلاقة الآتية:

$$C_a = \frac{D_B - D_M}{D_M} \qquad (6\text{-}3)$$

تقارن نسبة الفراغ الحلقي (R) والمعامل (Ca) مع القيم المعطاة في الجدول (3-2)، وفي حال عدم التطابق بين القيمتين تؤخذ قيم أخرى للفراغ الحلقي الشعاعي (Jr) ويعاد الحساب مجدّداً.

إن حساب قطر رؤوس الحفر للمرحلة الإنتاجية ينهي تصميم هذه المرحلة، ويتم بذلك الانتقال إلى تصميم المرحلة الوسطية.

يحسب القطر الداخلي لمواسير التغليف للمرحلة الوسطية، بحيث يسمح لرؤوس حفر المرحلة الإنتاجية بالمرور خلاله، أي أن القطر الداخلي الأصغري لمواسير هذه المرحلة يجب أن يكون أكبر من قطر رؤوس الحفر للمرحلة الإنتاجية.
يحسب القطر الداخلي بالعلاقة الآتية:

$$d_{\min} = D_B + 2J_{r1} \qquad (7\text{-}3)$$

حيث إن :

D_B – القطر الصناعي لرأس الحفر للمرحلة الإنتاجية (mm).

J_{r1} – الفراغ الشعاعي بين رأس الحفر للمرحلة الإنتاجية، والقطر الداخلي لمواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية (mm).

قيمة الفراغ (J_{r1}) تتبع لنوع رأس الحفر المستخدم، وتتراوح بين (3 – 6 mm). يجري البحث بعد ذلك في جداول مواسير التغليف عن القطر الخارجي للمواسير ذات القطر الداخلي الأصغري (الذي يقابل سماكة الجدار العظمى)، والأكبر مباشرةً أو على الأقل المساوي للقطر الداخلي (dimin). يؤخذ من الجداول أيضاً القطر الخارجي عند الرأس للمواسير (D_M)، ثم يحسب قطر مجموعة رؤوس الحفر للمرحلة الوسطية بالعلاقة (3-3).

تكرّر العملية الحسابية السابقة حتّى حساب رؤوس الحفر للمرحلة السطحية من البئر.

الطريقة الثانية: التصميم اعتماداً على نسبة الفراغ الحلقي الشعاعي:

إن تصميم برنامج بناء البئر يمكن أن يتم أيضاً اعتماداً على نسبة الفراغ الحلقي الشعاعي، والتي تمثّل النسبة بين سماكة الإسمنت في الفراغ الحلقي وقطر البئر (الذي يساوي قطر رأس الحفر)، والمعطاة بالعلاقة (3-5)، وذلك على النحو الآتي:

$$R = \frac{\delta}{2D_B} = \frac{D_B - D_M}{2D_B} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{D_M}{D_B}\right)$$

$$2R = 1 - \frac{D_M}{D_B} \Rightarrow D_B = \frac{1}{1-2R}.D_M = f.D_M \qquad (8\text{-}3)$$

حيث إن : $f = \frac{1}{1-2R}$ ، وهو عامل يأخذ قيم تتراوح في المجال (1.4 – 1.1) تبعاً لدرجة ثبوتية الصخور المتوقع اختراقها، ودرجة تأثرها بسائل الحفر المستخدم، وطول المجال المفتوح (غير المغلّف) من البئر، وقطر مواسير التغليف، وأخيراً مجموعة من العوامل تتعلق بخواص سائل الحفر. تستخدم القيم القريبة من النهاية الصغرى عندما تكون شروط الحفر عادية، والطبقات الجيولوجية المفتوحة لا تتسبّب بأية مشاكل هامة (تستخدم في مثل هذه الشروط القيمة (

$f = \sqrt{\frac{3}{2}}$). أما عند الحفر ضمن شروط جيولوجية معقدة مع احتمال كبير لحدوث مشاكل خطيرة فإنه يجب استخدام القيم الأكبر لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي.

إن القيم المثالية لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي هي القيم الصغرى التي تمكّن من تغليف البئر دون صعوبات تذكر، مع تأمين عزل محكم وتام للطبقات المفتوحة أثناء تثبيت مواسير التغليف بالإسمنت.

تتأثّر نسبة الفراغ الحلقي الشعاعي بسلسلة من العوامل: طول المجال المفتوح من البئر، قطر ونوع مواسير التغليف، خصوصية البئر في المجال الذي سيغلق (درجة الشاقولية،

الوضع العام للبئر، نوعية الصخور، سائل الحفر المستخدم وخواصه . . إلخ). تستخدم القيم الكبيرة لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي عند تغليف مجالات طويلة وتضم طبقات تتسبّب في بعض المشاكل (تهدم ، تضيّق ، استعصاء . . إلخ)، وأيضاً عند استخدام سائل حفر غير فعّال (ذي نوعية لا تتناسب والمجال المحفور من البئر)، وكذلك عند استخدام مواسير تغليف ذات قساوة كبيرة (بقطر أكبر من $8\ ^{5/8}$ in)، وعند تغليف الآبار الاستكشافية، حيث المعلومات المتوفرة عن الصخور غير دقيقة بشكل عام.

نظراً لأن عمق الآبار التي تحفر يتزايد بشكل مستمر مع متابعة البحث عن مكامن النفط والغاز لتغطية الحاجة المتزايدة للمشتقات النفطية لتوليد الطاقة، وكذلك للصناعات البتروكيميائية المختلفة، فإنه يخطط في الوقت الحاضر لتحقيق الهدفين الآتيين:

1 – تغليف الآبار بأكبر أطوال ممكنة للمجالات المفتوحة، وباستخدام مواسير تغليف بأقطار متقاربة، أي تحقيق برامج تغليف مكثّفة (الفرق بين قطر مواسير التغليف لمرحلة وأخرى صغير).

2 – اعتماد قيم لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي تؤمن إنجاح عمليات تثبيت مواسير التغليف بالإسمنت بشكل تام (تحقيق سرعة صعود كبيرة للسائل الإسمنتي في الفراغ الحلقي من أجل تأمين إزاحة تامة لسائل الحفر من قبل السائل الإسمنتي) .

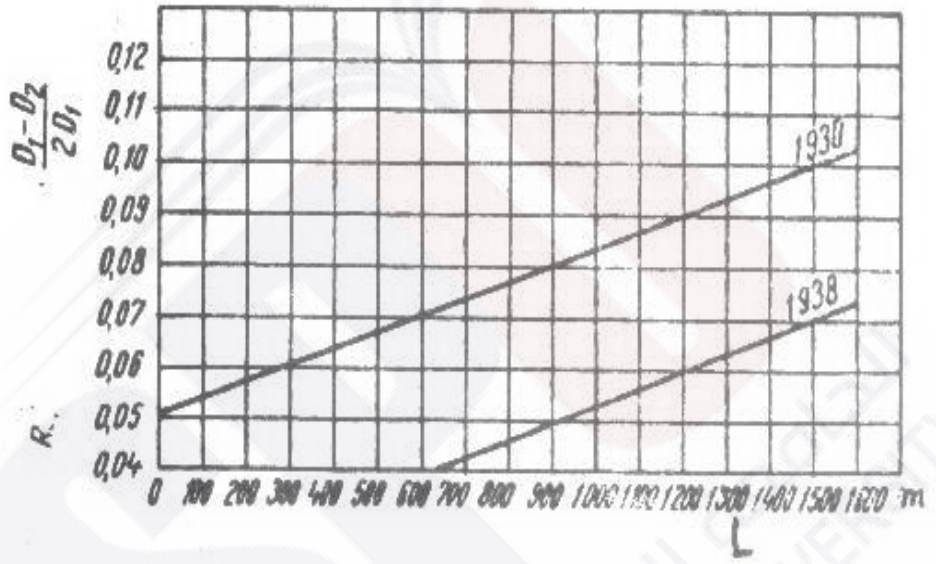
إن تحقيق هذين الهدفين يتطلب اعتماد فراغ حلقي صغير بين مواسير التغليف وجدران البئر. هذا الأمر يتطلب بدوره استعمال سائل حفر ذو نوعية جيدة، ويؤمن ثبوتية كافية للصخور المشكّلة لجدران البئر. وقد جرت العادة أن تتم معالجة سائل الحفر قبل البدء بإنزال مواسير التغليف (خاصةً في الآبار ذات الشروط الجيولوجية المعقدة) بمسحوق الفحم وبنسبة (% 1.5 – 1) وزناً، وكذلك بزيت الديزل بنسبة (% 10 – 8) حجماً، وذلك للتقليل من معامل الاحتكاك بين المواسير وجدران البئر أثناء إنزال مواسير التغليف.

إن تعيين القيم المثالية لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي اعتماداً على العلاقات الرياضية ليست دائماً ممكنة، وذلك بسبب كثرة العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار. ينصح باستخدام الطريقة التحليلية لنتائج استخدام نسب مختلفة في نفس الحقل، حيث تنشأ منحنيات تمثل العلاقة بين نسبة الفراغ الحلقي وقطر مواسير التغليف كتابع للعمق، كما هو موضّح في الشكل (3-1).

إذن، إن تعيين القيم المثالية لنسب الفراغ الحلقي الشعاعي لكل حقل يتم اعتماداً على

التجارب المكتسبة من تغليف عدد كبير من الآبار في الحقل.

إن دراسة وتحليل العدد الكبير من برامج التغليف المنفذ ة حديثاً بيّنت إمكانية اعتماد نسب التغليف المعطاة في الجدول (2-3)، والمقابلة للشروط السهلة من أجل تغليف مجالات كبيرة (أو شروط حفر معقدة)، شريطة استخدام سائل حفر فعّال أثناء إنجاز المرحلة (وهذه النسبة تتراوح بين 0.1 – 0.05). علماً أن استخدام قيم أصغر من 0.05 غير مرغوب فيه لأن عمليات السمنتة لن تكون ذات فعالية جيدة.



الشكل (1-3): منحني تعيين نسبة الفراغ الحلقي الشعاعي.

بعد تعيين قيمة المعامل (f) اعتماداً على نسبة الفراغ الحلقي المختارة، يحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الإنتاجية بالعلاقة (3-3)، ثم يختار القطر الحقيقي (الصناعي) الأقرب من جداول رؤوس الحفر.

يتم تصميم مواسير التغليف للمرحلة الوسطية بحساب القطر الداخلي الأصغري الذي يمكّن من إمرار رؤوس الحفر للمرحلة الإنتاجية وذلك بالعلاقة :

$$d_{i\,min} = D_B + 2a \qquad (9\text{-}3)$$

حيث إن :

D_B - قطر رأس الحفر الحقيقي للمرحلة الإنتاجية (mm).

a – معامل الفراغ الحلقي الشعاعي بين رأس الحفر والقطر الداخلي لمواسير التغليف.

تعتمد قيمة هذا المعامل على نوع رأس الحفر المختار، وقطر مواسير التغليف، وشكل واتجاه البئر (شاقولية أو مائلة). عند استعمال رؤوس حفر ذات تروس مخروطية تختار قيمة المعامل (a) ضمن المجال (2 – 4 mm).

يتم البحث في جداول مواسير التغليف عن المواسير التي تتمتع بقطر داخلي أصغري (مقابل السماكة العظمى للجدار) الأكبر مباشرةً، أو على الأقل المساوي للقطر الداخلي الحسابي ($d_{i\ min}$). يؤخذ القطر الخارجي عند الرأس لهذه المواسير (أيضاً من جداول المواسير)، ثم يحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية.

تكرّر هذه العمليات الحسابية حتى الوصول إلى تحديد قطر مواسير التغليف للمرحلة السطحية ورؤوس الحفر لهذه المرحلة .