الجمهورية العربية السورية
الجامعة السورية الخاصة
كلّية الهندسة البترولية

دراسة البئر الاستكشافي في تركيب تل مرمر

رسالة مقدمة لنيل درجة الإجازة في الهندسة البترولية

إعداد الطالبين:

حسام خالد شحادة عكروش

جورج يوسف عازر

إشراف:

الدكتور المهندس يوسف فرج

2024-2023

كلمات عابرة

ها هي الأيام قد مرّت مُسرعة وها أنا اليوم أصل إلى نهاية رحلتي الدراسية طاوياً خلفي أيام مضت بحلولها ومُرّها حملت في طيّاتها لحظات لا تُنسى وذكريات لا تُمحى ومواقف حُفرت في القلب قبل الذاكرة..

ها أنا اليوم أنهض من جديد تاركاً خلفي سهرَ الليالي وتعبَ السنين... ماضياً في حلمٍ جديد..

كما يطيب لي عرفاناً بالجميل أن اتقدم بجزيلِ الشُكر والامتنان إلى كل من وقف بجانبي خلالَ مسيرتي الدراسية..

مُعلمين وداعمين، عائلة واقرباء، رفاق وزملاء.

كما أتقدم بجزيل الشكر لكلّ من ساهم من قريب أومن بعيد في إنجاز هذا البحث سواء بالخبرة والإرشاد والطباعة والتدقيق والتحكيم من خلال توفير معلومات والبيانات.

الفهرس

الموضوع	الصفحة
المقدمة	**5**
الفصل الأول: دراسة للوضع الجيولوجي للمنطقة المدروسة	**6**
1-1- الموقع والوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة	**6**
2-1- الوضع التكتوني لمنطقة الدراسة	**7**
الفصل الثاني: دراسة واقع عملية الحفر في تل مرمر	**9**
2-1- مبررات الحفر الاستكشافي في تل مرمر	**9**
2-2- الدراسة السيزمية لبئر تل مرمر	**10**
2-3- المأمولية النفطية لمنطقة تل مرمر	**12**
الفصل الثالث: تدعيم الآبار	**13**
3-1- تغليف الآبار	**13**
3-1-1- وظائف مواسير التغليف	**13**
3-1-2- أنواع مواسير التغليف	**14**
3-2- تصميم برنامج التغليف	**16**
3-3- تصميم مواسير التغليف	**17**
3-4- سمنتة الآبار	**20**
3-4-1- أهمية عملية السمنتة	**20**
3-4-2- حسابات عملية السمنتة بمرحلة واحدة	**22**
3-4-3- حسابات عملية السمنتة بمرحلتين	**23**
الفصل الرابع: الحسابات التصميمية للبئر (تل مرمر) المقترحة بعمق3500 m	**27**
4-1- حساب برنامج التغليف للبئر النموذجي	**27**
4-2- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف	**29**
4-3- حسابات عملية السمنتة للبئر المقترحة	**39**
النتائج والمقترحات	**48**
المراجع العلمية	**51**

المقدمة

شَهدت الصناعة النفطية تطوراً كبيراً في الآونة الأخيرة، وبدأ التطور سريعاً عندما أصبح النفط ومشتقاته المادة الأساسية للصناعات الكيميائية، والعصب الحساس للصناعة بمختلف فروعها ولما يتمتع به النفط والغاز من تأثير كبير على تطور الاقتصاد الوطني ورفع المستوى المادي والحضاري للإنسان المعاصر.

ويشغل حفر الآبار حيزاً كبيرا من هذا التطور، كونه يشكل الحلقة الأساسية والمهمة التي لابد منها في سلسلة الصناعة النفطية، ونلحظ ذلك من خلال الأساليب الحديثة والتكنولوجيا المتطورة والمتجددة في مجال حفر آبار النفط والغاز. وفي قطرنا العربي السوري شملت عمليات الاستكشاف والحفر كافة أنحاء القطر وهي في توسع مستمر، وهي في توسع مستمر، بهدف استثمار ما أمكن من الثروة النفطية والغازية، وذلك باستخدام أحدث الأساليب العلمية. ونهدف في هذا المشروع إلى دراسة واقع عملية حفر بئر في تركيب تل مرمر، ومن ثم نقوم بإجراء دراسة تصميمية لحفر بئر جديدة نموذجية في هذه المنطقة.

ولتحقيق هذا الهدف فإن هذا المشروع يتضمن أربعة فصول:

– الفصل الأول: دراسة الوضع الجيولوجي والوضع التكتوني للمنطقة المدروسة متضمناً وصفاً ستراتغرافياً للطبقات المتوقع مصادفتها في حوض منخفض الفرات.

– الفصل الثاني: دراسة واقع عملية الحفر في تل مرمر يتضمن: مبررات الحفر الاستكشافي في منطقة تل مرمر ،1–الدراسة السيزمية لبئر تل مرمر–1، المأمولية النفطية لمنطقة الدراسة، بالإضافة إلى وصفاً ستراتغرافياً للطبقات المتوقع مصادفتها أثناء حفر البئر الجديدة.

– الفصل الثالث: دراسة أهمية تدعيم الآبار (التغليف والسمنتة) بالإضافة الى العلاقات المستخدمة في حساب برنامج التغليف، وفي تصميم مواسير التغليف، والعلاقات المستخدمة في حسابات عمليات السمنتة (مرحلة واحدة، أو مرحلتين) لمواسير التغليف.

– الفصل الرابع: يتضمن دراسة تصميمية (تصميم برنامج التغليف، تصميم مواسير التغليف وحسابات عمليات السمنتة) للبئر المقترحة في تل مرمر وبعمق 3500 m

وفي النهاية توصلنا إلى مجموعة من النتائج والمقترحات التي يمكن الاستفادة منها في حفر آبار جديدة في المنطقة.

ونحن إذ نقدم هذه الدراسة، فإننا نأمل أن نكون قد حققنا هدفنا الذي وضعناه، وأن نقدم لطلبتنا وللاختصاصيين، وللعاملين في هذا المجال كل ما هو مفيد، وذلك خدمةً لصناعتنا النفطية والغازية المتنامية.

الفصل الأول

دراسة الوضع الجيولوجي للمنطقة المدروسة

1-1- الموقع والوضع الجيولوجي للمنطقة المدروسة:

يقع تركيب تل مرمر في منطقة منخفض الفرات ونتيجة دراسة وتفسير المعطيات الجيوفيزيائية والجيولوجية للمنطقة الواقعة إلى الشرق من تركيب عكاش المنتج للنفط من تشكيلتي أرك مارل ومرقدة وإلى الجنوب من حقل الرتقة المنتج من تشكيلتي أرك مارل والرطبة واعتماد بناء خارطة زمنية (3D) جديدة بالاستعانة بخطوط (2D) في المنطقة لتوضح البنية الجيولوجية تبين تواجد بنية تركيبية تحت سطحية تأخذ شكل بلوك فالقي معزول عن تركيب عكاش يتضمن إغلاق بنيوي يغلق على الفالق من جهة الشرق أطلق عليه تركيب تل مرمر.

تعود هذه البنية إلى وحدة منخفض الفرات والذي يمثل حوضاً رسوبياً قديماً ترسبت ضمنه سماكات كبيرة من الرسوبيات (دور الكريتاسي) وخاصة رسوبيات تشكيلة الشيرانيش المولدة للنفط بسماكة 1000 m والتي تتوضع بعدم توافق فوق السطح الحتي مع احتمال وجود سحنة حطامية تعود لعمر كريتاسي أسفل – ترياسي اعلى، من المتوقع أن تكون تشكيلتي الرطبة و السبرجلو[]،

أما بالنسبة إلى حوض الفرات بشكل عام وبعد تنفذ عدة مسوحات جيولوجية وجيوفيزيائية (سيزمية بصورة خاصة) باشرت شركة بكتن بحفر أول بئر تنقيبية في حقل التيم (بئر التيم-1) حيث تم العثور على النفط التجاري _ ولأول مرة في القطر_ من خزان الرطبة (كريتاسي أسفل) كما تم العثور على النفط التجاري من خزانات (دبانة_ فرات) ثم توالت عمليات الاستكشاف والتنقيب حتى الوقت الحاضر.

ويبين الشكل (1): خارطة لأهم مواقع الحقول في منخفض الفرات

لقد بينت الدراسات الجيوكيميائية لعدد من آبار حوض الفرات أن توضعات الماستريخت والكمبانيان من عمر الكريتاسي الأعلى ذات غنى متوسط إلى جيد بالمادة العضوية وهي مدفونة على أعماق بين (2500-3500 m) ذات مستوى نضج يرشحها لتوليد النفط وتجدر الإشارة لأهمية الصخور الغضارية والشيلية من عمر الباليوزويك (كربوني – سيلوري) في توليد المواد الهيدركربونية وذلك وفقا لنمط المادة العضوية السائدة فيها، ومستويات النضج العالية.

أما صخور التریاسي الأوسط والأسفل فهي محذوفة في منطقة التركيب والمناطق المجاورة له [3].

أما بالنسبة للصخور الخازنة في آبار منخفض الفرات فتتألف من التشكيلات التالية:

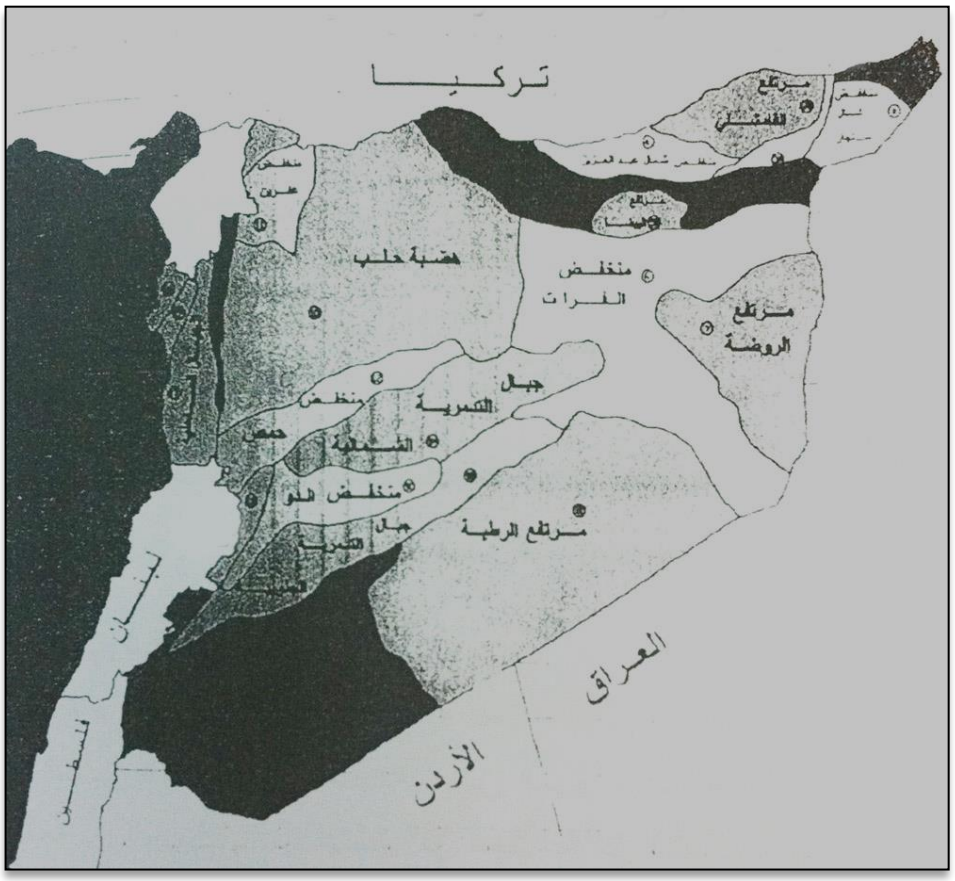
- تشكيلة أرك: من عمر الكريتاسي الأعلى، وتتألف من حجر كلسي ويشكل نطاق مسامي شقي ذو مواصفات خزنية جيدة، مع احتمال وجود سحنة حطامية محدودة السماكة في أعلى أو أسفل التشكيلة مرتبطة بالسطح الحتي في المنطقة.
- تشكيلة الرطبة: من عمر الكريتاسي الأسفل، تمثل الخزان الرئيسي الحامل للنفط في آبارمنخفض الفرات، وتمثل سحنة حطامية تتألف من الحجر الرملي والغضار
- تشكيلة السيرجيلو: من عمر التریاسي الأعلى ذات رسوبات حطامية وهي حاملة للنفط في بعض تراكيب منطقة الفرات.
- تشكيلة مرقدة: من عمر الباليوزويك الأعلى وهي حاملة للنفط في حقل عكاش المجاور، وتتألف من غضار وحجر رملي وحجر كلسي [3].

1-2-الوضع التكتوني لمنخفض الفرات:

تحد المنطقة فوالق مرتفع الرطبة ومنطقة النطاق التدمري جنوبا، ويفصله عن هضبة حلب من الغرب فالق الرصافة، ومن الشرق مرتفع الروضة.

ويتكون مقطعه من الجنوب باتجاه الشمال من مجموعة من المحدبات الصغيرة والنجود والأغواروأن معظم الفوالق التي حددت المعالم البنيوية الرئيسية لحوض الفرات قد بدأت خلال الكريتاسي الأعلى.بدأ تشكل هذا المنفض في الكريتاسي العلوي، واستمر حتى النيوجين ولذلك تشاهد فيه سماكات كبيرة من الرسوبيات البحرية والشاطئية والقارية لأعمار مختلفة، وقد أدى التجاوز الذي بلغ أوجه في السانتونيان إلى توضع صخور ذات إمكانيات توليدية جيدة متمثلة بتشكيلة السخنة وقسمها العلوي المسمى رماح شيرت الغنية بالمادة العضوية وقد تصل قيم الكربون العضوي إلى 18%.

وفي الشكل (2): نبين الوحدات التكتونية في سوريا



الشكل (2): الوحدات التكتونية في سورية

الفصل الثاني

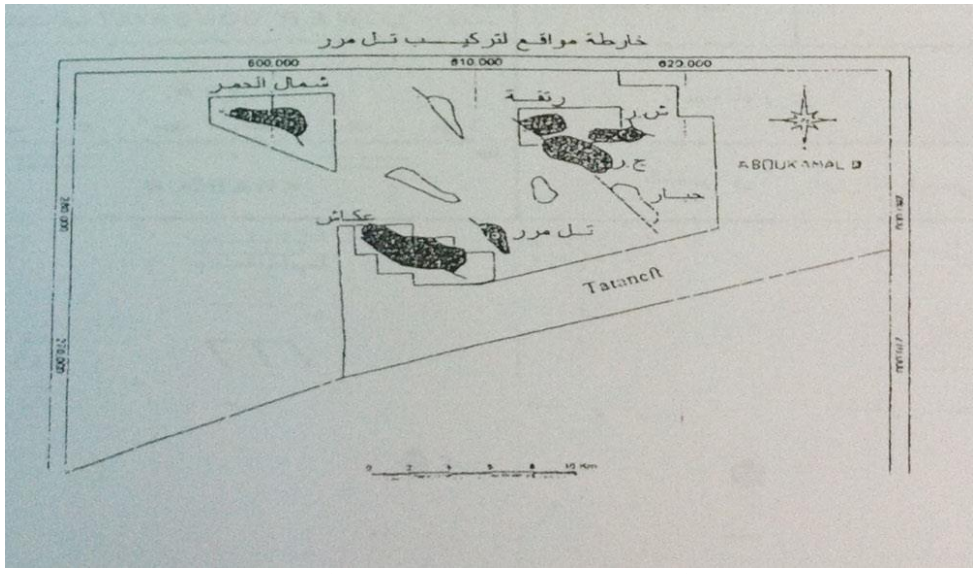
دراسة واقع عملية الحفر في منطقة تل مرمر

2-1-مبررات الحفر الاستكشافي في منطقة تل مرمر-1:

تأتي الأهمية البترولية لتركيب تل مرمر كونه يقع ضمن منطقة عالية المأمولية (منخفض الفرات) تعرض لنفس مراحل التطور الجيولوجي للتراكيب المجاورة المنتجة مثل تراكيب عكاش، شمال الحمر، والرتقة والتي أدت إلى تجمع الهيدروكربونات فيها بالإضافة إلى تواجد الصخور المولدة والخازنة والغطائية ضمن المقطع الستراتغرافي المتوقع اختراقه في منطقة التركيب.

كل هذه العوامل ساعدت وشجعت الشركة السورية للنفط على التنقيب والحفر في تركيب تل مرمر [3] حيث أجريت عمليات الحفر في ذلك التركيب فحفرت عدة آبار وكانت الطبقة المنتجة للنفط هي طبقة الرطبة ويتوقع أن توجد أيضا طبقة المرقدة وهذا ما سوف تثبته صحة عمليات الحفر هناك.

وفي الشكل نبين خارطة مواقع لتركيب تل مرمر.



الشكل (1): خارطة مواقع تركيب تل مرمر

ويمكن تلخيص مبررات الحفر الاستشافي التنقيبي في منطقة تل مرمر–1 كما يلي:

ضرورة استكشاف البنيات التركيبية في مناطق بلوك الفرات كونها ذات مأمولية نفطية عالية

1– وجود تركيب فالقي يحقق شروط المصيدة النفطية المناسب للحفر الاستكشافي بالمقارنة مع آبار عكاش–101، الرتقة 101، شمال الحمر 101، كون هذه الآبار تقع ضمن منطقة جيولوجية واحدة.

2– تواجد صخور الغطاء والصخور الخازنة في المقطع الرسوبي مع وجود الإغلاق الجيد يحقق شروط المصيدة القادرة على حفظ التجمعات الهيدروكربوية.

3- تحديد الإمكانيات الخزنية والإنتاجية لخزانات تشكيلات أرك مارل والرطبة والسيرجيلو ومرقدة في تركيب تل مرمر.

2–2–الدراسة السيزمية لبئر تل مرمر–1:

تم تعيين بئر تل مرمر 1 اعتمادا على المسح السيزمي ثلاثي الأبعاد(3D) للتركيب وعند نقطة تقاطع الخطين الزمنيين Inline: 842& Cross Line: 409 ضمن مسح ثلاثي الأبعاد (3D) لتركيب الحمر وفق الإحداثيات النهائية التالية:

x=610998

Y=278343

وفق شبكة لامبير، على أن تحفر بعمق نهائي أولي 3000 + / – 100 م بهدف تقييم تشكيلات أرك، الرطبة، السيرجيلو ومرقدة، مع ضرورة إجراء اختبارات أثناء الحفر وفقا لظهور الشواهد لباقي التشكيلات [3].

من خلال المسح السيزمي الثلاثي الأبعاد لتركيب (الحمر، عكاش) وتمت المقارنة مع (بئر الرتقة –بئر الرتقة شرق) ومع حقل عكاش ومن خلال نتائج الدراسة تم إصدار خارطتين زمانيتين للمنطقة.

حيث تم تحديد مصيدة محورها الرئيسي جنوب شرق –شمال غرب مقطوعة بفالق تبلغ رميته باتجاه الشمال الشرقي حواليm 400–350 تغلق هذه المصيدة على الفالق المذكور ضمن مجال زمني 100 ميلي ثانية ما يعادل m 200 ضمن تشكيلات ما تحت عاكس عدم التوافق حيث من المؤمل إما أن تكون طبقة الرطبة أو السيرجيلو[3].

يتوقع من هذا البئر اختراق مقطع رسوبي مشابه لآبار عكاش – 101،الرتقة – 101 مع ملاحظة وجود تسمك في رسوبيات الشيرانيش السفلي بحدود 400m عن هذه الآبار.

وفي الشكل (1): نبين خارطة لمواقع تل مرمر–1.

وفي الجدول (أ) يبين المقطع الرسوبي المتوقع اختراقه في بئر تل مرمر –1

العمر	التشكيلة	العمق m	السماكة M	الليثيولوجيا
ميوسين أعلى	فارس أسفل	السطح	235	غضار وانهدرات مع وجود نطاق ملحي في الجزء من التشكيلية
ميوسين أوسط	انتقالية	235	35	انهدريت وكربونات وغضار
ميوسين أوسط	جريبة	270	75	حجر كلسي مع وجود طُبيقات انهدريت
ميوسين أوسط	فرات	345	85	حجر كلسي غضاري مع احتمال وجود رمل
باليوجين	شيلو	430	200	حجر كلسي وحجر كلسي مارل
	جدالا	630	200	حجر كلسي وحجر كلسي غضاري ومارل مع وجود عقد أو رقائق من الصوان أسفل التشكيلة
باليوجين أسفل	كيرماف	1260	310	مارل وحجر كلسي غضاري
كريتاسي علوي	شيرانيش	1570	840	حجر كلسي وحجر كلسي مارلي وغضاري

	أرك مارل	2410	70	حجر كلسي وحجر كلسي مارلي
	رماح+ جوديا	2480	50	دولوميت وحجر كلسي
كريتاسي أسفل	رطبة	2530	80	غضار وحجر رملي مع طُبيقات من الكربونات
ترياسي أعلى	سيرجيلو	2610	90	حجر رملي وغضار وشيل وكربونات
كربوني	مرقدة	2700	3000	غضار وحجر رملي وكربونات

الجدول (أ)

2-3- المأمولية النفطية لمنطقة تل مرمر:

الصخور المولدة:

تعتبر طبقة الشيرانيش من أهم الصخور المولدة فهي موجودة بسماكات جيدة حول المصيدة المكتشفة في بئر تل مرمر وما يميز أهمية حفر هذه المصيدة هوالشيرانيش السفلي المتواجد بسماكات جيدة أعمق من المصيدة بما يعادل 300 م مما يجعها طبقة مهيأة هجرة النفط أو الغاز إلى مصيدة تل مرمر.

كما لوحظ وجود طبقتين مولدتين للمواد الهيدروكربونية هما: الرماح شيرت والعبا (السيلوريان) في بئر الرتقة شرق.

الصخور الخازنة:

مقارنة مع بئر الرتقة شرق بشكل رئيسي والرتقة 102. 101 وآبار حقل عكاش بشكل عام تبين أن الصخور التابعة للتشكيلات التالية: (أرك مارل، رماح شيرت، ديرو، رطبة، مولوسا) هي صخور خازنة.

وفي الشكل (3): يبين مقطع زمني يربط بين بئر تل مرمر والرتقة شرق 101 وفق الخط لزمني 2D.

الفصل الثالث

تدعيم الآبار

3-1- تغليف الآبار:

تعتبر عمليات تدعيم الآبار (التغليف والسمنتة) من أهم العمليات التي تهدف إلى زيادة عمر البئر. وتأتي أهمية التدعيم كونها تمثل المرحلة الأساسية في بناء أو انجاز البئر، كونها تمثل المرحلة النهائية للحفر، والقاعدة التي تبدأ منها مرحلة الإنتاج، وكلما كانت أكثر إيجابية وأقل كلفة كانت أكثر نجاحاً.

3-1-1- وظائف مواسير التغليف:

تعتبر مواسير التغليف الجزء البنائي الرئيسي للآبار، وهي مواسير (أنابيب) اسطوانية ذات قطر كبير، تصنع من خلائط من الفولاذ، تنزل في البئر المفتوح، وتسمنت في مكانها.

ومع زيادة عمق البئر من الضروري تغليف جدران البئر بمجموعة متداخلة (تلسكوبية) من الأنابيب المعدنية، اتفق على تسميتها مواسير التغليف.

تشكل كلفة مواسير التغليف جزءاً لا بأس به تقدر بحوالي 20% من الكلفة الإجمالية للبئر. لذلك فإن احتيار قطرها ونوعها وغمق إنزالها هي من الاعتبارات الهندسية والاقتصادية الهامة جداً.

ويمكن تلخيص الوظائف الهامة لمواسير التغليف كما يلي [2]:

1- الحفاظ على ثبوتية جدران البئر، أي تؤمن دعم الطبقات الضعيفة والمتشققة، ومنع تكهف جدران البئر خلال عمليات الحفر.

2- عزل الطبقات المسامية التي تحتوي على موائع طبقية ذات خواص فيزيائية مختلفة وتتواجد ضمن شروط طبقية مختلفة. وينجز ذلك من خلال العمل المشترك لعمليات التغليف والسمنتة.

3- منع تلوث الطبقات القريبة من السطح والحاملة للمياه العذبة.

4- تشكل قناة لمرور السوائل الهيدروكربونية، حيث أن معظم عمليات الإنتاج تتم من خلال مواسير الإنتاج التي تنزل داخل مواسير التغليف.

5- تؤمن التحكم بالآبار كونها تشكل قاعدة متينة ومحكمة لتثبيت المعدات المختلفة (أجهزة منع الانفجار BOPs التي تجهز بها فوهة البئر أثناء الحفر)، أو كشجرة الميلاد ومواسير الإنتاج أثناء الإنتاج.

6- تؤمن بئراً بقطر وعمق مناسبين يمكنان من إنزال أجهزة الاختبار وتجهيزات الإنهاء للآبار.

3-2-1- أنواع مواسير التغليف

تصنف مواسير التغليف اعتماداً على الوظائف الأساسية لمجموعة مواسير التغليف، والتي تستخدم بشكل متكرر على الشكل التالي **[2]**.

- **مواسير التغليف الموجهة (الدليلة):**

تنزل مواسير التغليف الموجهة من السطح إلى غمق قليل، وذلك لحماية الطبقات الغير متماسكة القريبة من السطح، وعزل الطبقات الحاملة للمياه العذبة من التأثر بسائل الحفر، كما تؤمن عودة سائل الحفر من البئر إلى خزانات سائل الحفر.

يتراوح عمق إنزال مواسير التغليف الموجهة من 100-400 ft، أما قطرها الذي يستخدم في الشرق الأوسط) "5/8 18 أو"20)، أما في بحر الشمال فإن قطرها يكون عادةً "26 أو"30 تسمنت مواسير التغليف الدليلة إلى السطح.

- **مواسير التغليف السطحية:**

تعتبر مواسير التغليف السطحية المجموعة الأولى التي تنزل بشكل إلزامي في البئر، والتي يجب أن تدعم بشكل جيد (تسمنت بكاملها)، وهي تشكل الركيزة الأساسية في بناء البئر، ويجب أن تحقق الوظائف الآتية:

1- منع تكهف الطبقات الضعيفة التي يمكن أن تصادف عند الأعماق الضحلة وهذه المواسير يجب أن تثبت في طبقة قاسية (مثل الحجر الكلسي القاسي)، وهذا يحمي الطبقات المتواجدة عند حذاء مواسير التغليف من التشقق عند الضغوط الهيدروستاتيكية العالية التي تصادف أثناء الحفر.

2- عزل الطبقات السطحية الغير متماسكة، الطبقات التي تؤدي تهريب سوائل الحفر.

3- حماية الطبقات السطحية الحاملة للمياه العذبة ومنع تلوثها بسائل الحفر.

4- تشكل قاعدة لتثبيت أجهزة منع الانفجار على فوهة البئر.

إن عمق إنزال مواسير التغليف السطحية يتغير بشكل كبير، ويحدد بحيث تنزل قبل الوصول إلى أي طبقة خازنة للمركبات الهيدروكربونية. ويتراوح عمق انزالها من 200 قدم إلى عدة آلاف من الاقدام. أما قطرها فيتراوح عادةً ("20-"5/8 18).

- **مواسير التغليف الوسطية:**

تنزل مواسير التغليف الوسطية وتعرف أيضاً بمواسير الحماية إلى بداية أو نهاية الطبقات ذات الضغوط الطبقية العالية، وذلك لحماية مواسير التغليف للمرحلة السطحية من التعرض للضغوط الطبقية المرتفعة أثناء حفر الطبقات الحاوية على النفط والغاز، أو لعزل طبقات التي تؤدي إلى تهريب شديد لسائل الحفر، أو تلك التي تتأثر بشدة بسائل الحفر (الطبقات الملحية، طبقات الشيل).

أي أن الهدف من إنزالها هو السماح بتعميق البئر، وذلك بعزل كل الطبقات الضعيفة، التي يمكن أن تسبب تكهفاً لجدران البئر، أو تسرباً لسائل الحفر.

يتراوح عادةً عمق إنزال مواسير التغليف الوسطية (8000ft - 3000)، أما قطرها يتراوح بين ("3/8 13- "5/8 7). ولكن معظم الأقطار الشائعة لهذه المواسير هي ("3/8 13 أو"5/8 9).

- **مواسير التغليف الإنتاجية:**

وهي المجموعة النهائية الأخيرة من مجموعة مواسير التغليف، والتي تنزل عادةً حتى نهاية الطبقة المنتجة، ويمكن أن تنزل إلى بداية الطبقة المنتجة وتنزل هذه المرحلة لعزل كل الطبقات الأخرى عن الطبقة المنتجة، كما تؤمن التحكم بالضغط داخل البئر أثناء إنتاج الموائع الطبقية، وتمكن من الاستثمار الانتقائي (المنفصل) للمجالات الخازنة للموائع الطبقية، إجراء عمليات تحسين نفوذية المناطق المجاورة للبئر (تحميض، تشقيق هيدروليكي).

تتراوح أقطار المواسير الإنتاجية بين ("7 - "1/2 4)، ولكن القطر الأكثر استخداماً هو"7.

- **مواسير التغليف الضائعة:**

وهي مجموعة المواسير التي لا تصل إلى السطح (طولها أقل من عمق البئر) ويتم تعليق مواسير التغليف الضائعة بواسطة أجهزة تعليق) مناسبة داخل مواسير التغليف للمرحلة السابقة.

3-2- تصميم برنامج التغليف:

يشمل برنامج التغليف تحديد العناصر الآتية [1]:

1 – تحديد عدد مراحل التغليف التي يستعان بها لإنجاز البئر وعمق إنزال كل مرحلة.

وذلك اعتماداً على العمود الجيولوجي المقترح مصادفته أثناء الحفر. يجب أن تؤخذ في الاعتبار مجموعه العوامل الفنية – التقنية والاقتصادية.

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

3 – تحديد أقطار مواسير الحفر وكذلك رؤوس الحفر لكل مرحلة من مراحل التغليف.

ينطلق في حساب برنامج التغليف من قطر مواسير التغليف الإنتاجية وينتهي بمواسير التغليف للمرحلة السطحية (عكس التنفيذ) حيث يتم اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية (وهو الأساس الذي يعتمد في تصميم برنامج التغليف) اعتمادا على الإنتاجية المتوقعة من البئر، ونوع المكمن (نفط أو غاز) وكذلك طرق الإنتاج المحتمل اعتمادها أثناء استثمار محتويات المكمن وأخيرا عدد مراحل التغليف وعمق البئر.

اي يمكن القول بأن تحديد قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية يجب أن يتم اعتمادا على الإنتاجية المتوقعة من الطبقة والعوامل الاقتصادية معا بحيث ننجز بئرا بأقل كلفة ممكنة ولكنها تمكن من استثمار محتويات المكمن باللجوء إلى استخدام مختلف طرق الإنتاج (الذاتي، الرفع بالغاز، الضخ... الخ)

بعد اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الانتاجية يحسب قطر مجموعة رؤوس الحفر لهذه المرحلة وذلك بالعلاقة الآتية:

$$D_B = D_{ecsg}' \times f \qquad (1\text{-}3)$$

D_B: قطر رأس الحفر الحسابي في المرحلة الإنتاجية للبئر.

f : عامل يأخذ قيم تتراوح بين (1.4 – 1.1) تبعاً لدرجة ثبوت الصخور المتوقع اختراقها ودرجة تأثرها بسائل الحفر المستخدم، طول المجال المفتوح من البئر (غير المغلق) قطر 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 تتسبب أية مشاكل هامة أما عند الحفر ضمن شروط جيولوجية معقدة مع احتمال كبير لحدوث مشاكل خطره يجب استخدام القيم الأكبر لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي.

إن القيم المثالية لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي (f) هي القيمة الصغرى التي تمكن من تغليف البئر دون صعوبات تذكر، مع تأمين عزل محكم وتام للطبقات المفتوحة أثناء تثبيت مواسير التغليف بالأسمنت.

تتأثر نسبة الفراغ الحلقي الشعاعي بسلسلة من العوامل مثل: 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.. الخ) تستخدم القيم الكبيرة لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي عند تغليف مجالات طويلة وتضم طبقات تتسبب في بعض المشاكل (تهدم – تضيق – استعصاء..... الخ).

بعد تعيين قيمة المعامل (f) اعتماداً على نسبة الفراغ الحلقي المختارة يحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الإنتاجية. ثم يختار القطر الحقيقي / الصناعي / الأقرب من جداول رؤوس الحفر. يتم تصميم مواسير التغليف للمرحلة الوسطية بحساب القطر الداخلي الأصغري الذي يمكن من إمرار رؤوس الحفر للمرحلة الإنتاجية وذلك بالعلاقة الآتية:

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

حيث:

D_B: قطر رأس الحفر الحقيقي للمرحلة الإنتاجية (m .m).

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

تعتمد قيمة هذا المعامل على نوع رأس الحفر المعتمد وقطر مواسير التغليف وشكل واتجاه البئر (عمودي أو مائل) عند استعمال رؤوس حفر بتروس مخروطية أو الماسية تختار قيمة المعامل (a) ضمن المجال mm (4 – 2).

يبحث في جدول مواسير التغليف عن الأنابيب التي لها قطر داخلي أصغري الأكبر مباشرة أو على الأقل المساوي للقطر الداخلي الحسابي (D_{min}).

يؤخذ القطر الخارجي عند الرأس لهذه المواسير (أيضا من جداول المواسير) ثم يحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية. تكرر هذه العمليات الحسابية حتى الوصول إلى تحديد قطر مواسير التغليف للمرحلة السطحية ورؤوس الحفر لهذه المرحلة.

3-3- تصميم مواسير التغليف:

المقصود بتصميم مواسير التغليف تحديد سماكة الجدار ونوعية المعدن ونوع نقاط الوصل.

عادة يتم تصميم مواسير التغليف على أساس جهد الشد والضغط الخارجي المؤثرين بشكل منفصل في الآبار الضحلة ويشكل موحد في الآبار العميقة.

- **تصميم مواسير التغليف اعتماداً على جهد الشد فقط:**

يتم تصميم مواسير التغليف (السطحية، الوسطية) وفق هذه الطريقة عند التأكد من عدم تعرض مواسير التغليف للضغط الخارجي (عدم حدوث تهريب لسائل الحفر في الطبقة، الوزن النوعي لسائل الحفر الذي يستخدم خلال متابعة الحفر من خلالها أكبر أو على الأقل مساوياً للوزن النوعي لسائل الحفر الذي استخدم قبل إنزالها) في أي مرحلة من مراحل العمل داخل البئر.

- **تصميم مواسير التغليف بيانيا" [4]:**

تعتمد هذه الطريقة على رسم المخطط البياني للضغط بالعلاقة مع العمق وذلك على الشكل التالي:

- تحسب القيمة العظمى للضغط الخارجي الذي تتعرض له المواسيروالناتج عن عمود سائل الحفر (P_{md}) وذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$P_{md}= H.\gamma_f /10 \qquad (3-3)$$

حيث أن:

H: عمق النقطة المفترضة.

γ_f: الوزن النوعي لسائل الحفر.

- نحدد على المخطط البياني قيم (الضغط-العمق) عند السطح وعن *عمق* إنزال مواسير التغليف.

نرسم خط مستقيم بين القيمة صفر عند السطح وقيمة *الضغط* عند عمق إنزال مواسير التغليف فنحصل على خط الضغط الخارجي (الضغط الذي تتعرض له مواسير التغليف P_{md}،

- تحسب قيم الإجهادات التي يتحملها (P_{ad}) كل نوع من أنواع مواسير التغليف فيحسب باستخدام العلاقة التالية:

$$P_{ad}=P_{cr}/ S_f \qquad (4\text{-}3)$$

حيث أن:

P_{cr}: الضغط الخارجي الحرج.

S_f: عامل أمان للضغط الخارجي الحرج.

تستخدم عوامل الأمان عند حساب الضغط الخارجي الحرج بقيم تعتمد على عمق البئر ونوع المعدن على النحو الآتي [1] :

- في الآبار الضحلة والمتوسطة العمق: يؤخذ عامل أمان للضغط الخارجي الحرج بقيمة (*Sf=1*) من أجل جميع أنواع الخلائط التي تصنع منها مواسير التغليف.
- في الآبار العميقة تستخدم عوامل الأمان بالقيم التالية:

Sf=1.05: من أجل مواسير التغليف المصنعة من H-40، J-55

Sf=1.08: من أجل مواسير التغليف المصنعة من C-75، N-80

Sf=1.125: من أجل مواسير التغليف المصنعة من P-105، P-110

- تحدد قيم الضغط (على محور الضغط) الذي يتحمله كل نوع من أنواع مواسير التغليف على شكل خطوط عمودية حتى تتقاطع مع منتصف المنحني (خط الضغط الخارجي)، يمد خط أفقي (مواز للمحور الأفقي) من كل نقطة من نقاط التقاطع حتى يتقاطع مع محور الأعماق فنحصل على عمق إنزال كل نوع من أنواع مواسير التغليف كما في الشكل (3-1)، وبالتالي فإن طول كل قسم من اقسام مواسير التغليف يحدد على الشكل التالي.

إن طول القسم الأول من مواسير التغليف (سماكة جدار كبيرة أو ذات نوعية جيدة) يعتمد على العمق الذي يمكن أن تنزل إليه مواسير النوع التي تليها مباشرة (ذات السماكة الأقل أو ذات الجودة الأقل للمعدن) (Had_2)، يحدد طول القسم الأول على النحو التالي:

$$L_1 = H - Had_2 \qquad (5\text{-}3)$$

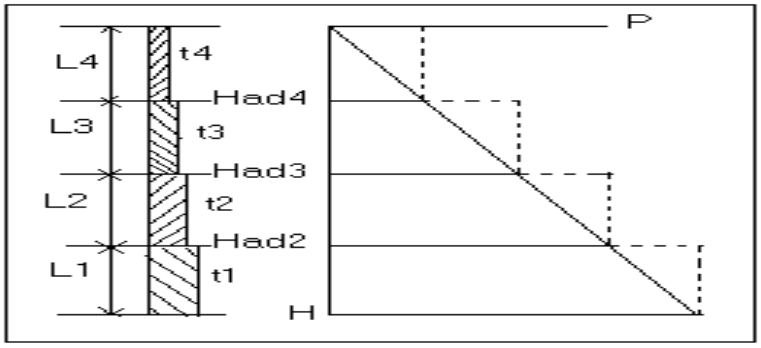
أما مواسير القسم الثاني فيعتمد بدوره على العمق الذي يمكن أن تنزل غليه مواسير النوع الثالث أي:

$$L_2=Had_2 - Had_3 \qquad (6\text{-}3)$$

وهكذا حتى نصل إلى العلاقة العامة التالية:

$$L_n = Had_n - Had_{n+1} \qquad (7\text{-}3)$$

بعد ذلك يتم التحقق من جهد الشد حيث تلغى الأقسام التي لا تتحمل جهد الشد ويعاد تصميم الجزء الملغى اعتماداً على جهد الشد فقط.



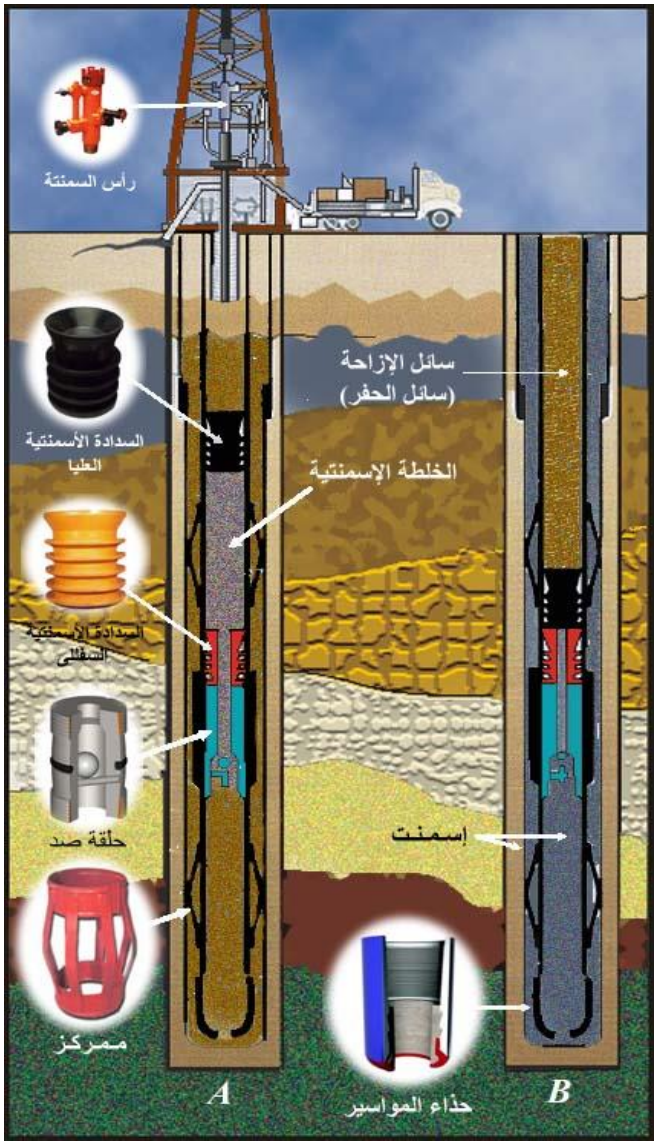
$P_{md}=H.\gamma_f/10$—— $P_{ad} = P_{cr}/S_f$ .....

الشكل:(3-1) *شكل* مواسير التغليف المصممة اعتماداً على الضغط الخارجي.

3-4-سمنتة الآبار:

3-4-1- أهمية عملية السمنتة:

تعرف عملية السمنتة بأنها ضخ السائل الإسمنتي داخل مواسير التغليف، ثم إزاحته إلى الفراغ الحلقي بواسطة سائل الإزاحة. وفي الشكل (3-2): نبين رسماً تخطيطياً لعملية سمنتة آبار النفط.



الشكل (3-2): عملية السمنتة

وتشكل عملية السمنتة والتغليف ما يسمى تدعيم آبار النفط والغاز. إن بقاء سائل الحفر في الفراغ الحلقي خارج مواسير التغليف يجعل هذه الأخيرة عرضة لإجهادات شتى والتي تودي إلى إنقاص تدريجي لمقاومتها، أي التقليل من عمرها وعمر البئر وتأتي أهمية عملية السمنتة كونها تشكل المرحلة الختامية لعمليات انجار الآبار وأن أي فشل في عملية السمنتة سوف يجعل عمليات الاستثمار تجري ضمن ظروف غير ملائمة.

ويمكن تلخيص أهمية السمنتة بالنقاط التالية:

1 – تدعيم مواسير التغليف من خلال ربطها مع الجدران الصخرية للبئر

2 – حماية مواسير التغليف من التعرض للتأثير التآكلي لمحتويات بعض الطبقات الجيولوجية

3 – إبعاد تأثير سائل الحفر أو فاقد الرشح على الطبقات التي تتأثر ثبوتيتها بالماء

4 – عزل الطبقات الجيولوجية عن بعضها البعض حيث نغلق الطريق أمام الموائع للانتقال بين الطبقات ذات الضغوط المختلفة.

3-4-2- حسابات عمليات السمنتة بمرحلة واحدة [1]:

1 – حساب حجم السائل الإسمنتي (V_{fc}):

$$V_{fc} = \frac{\pi}{4}\left[(K_1.D_B^2 - d_e^2).H_C + d_i^2.h\right] \qquad (8\text{-}3)$$

حيث **أن:**

V_{fc} – حجم السائل الإسمنتي، m^3

D_B – قطر البئر، المفترض أنه يساوي قطر رأس الحفر، m

d_i،d_e – القطر الخارجي، ثم الداخلي لمواسير التغليف، m

h – ارتفاع حلقة الصد من حذاء مواسير التغليف، m

K_1 – عامل احتياط، يأخذ بالاعتبار تزايد قطر البئر بسبب الانزلاقات والتهدمات عن جدرانه. وفي حال عدم إجراء قياس لقطر البئر قبل التغليف يمكن أخذ القيم الآتية لهذا المعامل ($K_1 = 1.1 – 1.2$).

2 – حساب كمية مسحوق الاسمنت:

$$G_C = K_2.\ g_C.\ V_{fc} \qquad (9\text{-}3)$$

حيث **أن:**

g_C – كمية مسحوق الإسمنت اللازمة لتحضير 1 m^3 من السائل الإسمنتي، وهي تعين:

$$g_c = (\gamma_c.\gamma_w) / (m.\gamma_c.\gamma_w) \qquad (10\text{-}3)$$

K_2 – عامل احتياط لتغطية الهدرفي مسحوق الاسمنت على البئر، أو أثناء تعبئة جهاز النقل والخلط من محطة تخزين الإسمنت، يأخذ هذا العامل قيم محصورة في المجال

$K_2 = 1.05 –) 1.1)$

γ_c – الوزن النوعي لمسحوق الإسمنت المستخدم

γ_w – الوزن النوعي للماء

γ_{fc} – الوزن النوعي للسائل الإسمنتي

m– نسبة وزن الماء إلى وزن مسحوق الإسمنت المعتمدة تعيّن بالعلاقة الآتية:

$$m = \gamma_c(\gamma_c-\gamma_{fc}) /\gamma_c\ (\gamma_{fc}-\gamma_w) \qquad (11\text{-}3)$$

3 – حساب حجم الماء:

– يعيّن حجم الماء بالعلاقة الآتية:

$$V_w=K_3.m.g_c.V_{fc} / \gamma_w \qquad (12\text{-}3)$$

K_3: عامل يأخذ بالاعتبار الهدر في الماء أثناء تحضير الخلطة الإسمنتية (k_3=1.5…1.1)

4 – حساب حجم سائل إزاحة:

إن حجم سائل الإزاحة الذي يضخ بعد إنزال الفاصل الإسمنتي الثاني خلف السائل الاسمنتي عند استخدام طريقة السمنتة بفاصلين ولمرحلة واحدة – يساوي إلى الحجم الداخلي لمواسير التغليف من حلقة الصد حتى السطح. وهو يعين باستخدام العلاقة الآتية:

$$V_{fd}=0.785\ d_i^2\ (H\text{-}h) \qquad (13\text{-}3)$$

عند استخدام مواسير تغليف بسماكات جدار مختلفة يؤخذ قطر داخلي وسطي، أو تحسب سِعة المتر الطولي لكل قسم منها، ثم الحجم الداخلي له (جداء سعة المتر الطولي × طول القسم). تجمع حجوم الأقسام إلى بعضها فنحصل على الحجم الكلي لسائل الإزاحة.

حساب ضغط الضخ الأعظمي:

تعتمد قيمة الضغط الذي تتعرض له اجهزة الضخ على وضع السوائل في البئر(المكان الذي يتواجد عند كل من سائل الحفر والسائل الإسمنتي وسائل الإزاحة) وكذلك على نوع جريانها(كتلي– خطي – مضطرب) ويحسب بالعلاقة التالية:

$$P_{p(max)} = P_{\gamma(max)} + P_c + P_{fr} \qquad (14\text{-}3)$$

$P_{\gamma\ (max)}$: الضغط الناتج عن الفرق في الأوزان النوعية بين السوائل الموجودة داخل وخارج مواسير التغليف. ويحسب بالعلاقة التالية:(عند استخدام سائل الحفر نفسه كسائل إزاحة (وهذا ما يعتمد عملياً في معظم عمليات السمنتة).

$$p_{\gamma(max)}=0.1\ (H_C\text{-}h)\ (\gamma_{fc}\text{-}\gamma_f) \qquad (15\text{-}3)$$

P_C:الضغط الضائع أثناء جريان السوائل داخل وخارج مواسير التغليف بفعل احتكاكها الداخلي ومع السطوح التي تحتك معها (السطوح الداخلية والخارجية لمواسير التغليف، جدران البئر) ويمكن اعتماد العلاقة الآتية، التي تم التوصل إليها اعتماداً على المعطيات الحقلية والخبرة:

$$P_c = 0.02\ H + (8 \text{ or } 16)، Kgf/cm^2 \qquad (16\text{-}3)$$

حيث أن:H: عمق البئر

إذا كان $H \leq 2000$ m تؤخذ زيادة على قيمة الضغط المحدد بالعلاقة السابقة مقدارها (8 kgf/cm^2)، أما إذا كان ($H > 2000$ m) فتؤخذ الزيادة بمقدار (16 kgf/cm^2)

P_{fr}: الضغط الإضافي اللازم لمقاومة احتكاك السوائل في حذاء مواسير التغليف، والتجويف المركزي للفاصل الإسمنتي ،الأول وفي رأس السمنتة وأنابيب وصله مع وحدات الضخ، وأخيراً لدفع الفواصل الإسمنتية للحركة داخل مواسير التغليف. وتقدر قيمة هذا الضغط تبعاً لنوعية العناصر المذكورة سابقاُ وهي بحدود (5 Kgf/cm^2).

6 – حساب عدد أجهزة الضخ:

يتم حساب عدد وحدات الضخ اللازمة أثناء عملية السمنتة اعتمادا" على الزمن الذي تستغرقه عملية السمنتةبحيث يكون زمن عملية السمنتة (زمن ضخ السائل الإسمنتي + زمن ضخ سائل الإزاحة) أقل، أوعلى الأكثرمساوياً لزمن تكاثف السائل الإسمنتي (زمن بدء الشك) عدد وحدات الضخ يحدد باستخدام العلاقة الآتية:

$$n=(t_c/t_{ad})+1 \qquad (17\text{-}3)$$

حيث أن:

t_c – الزمن الذي تستغرقه عملية السمنتة بفاصلين عند استخدام جهاز ضخ وحيد، وهو يعيّن بدوره بالعلاقة الآتية:

$$t_c = t_{fc} + t_d + t_f \;\; ; \;\; min \qquad (18\text{-}3)$$

t_{ad} - الزمن الذي يمكن خلاله متابعة دفع السائل الإسمنتي للحركة في الفراغ الحلقي. تؤخذ قيمة هذا الزمن مساويةً لثلاثة أرباع زمن التصلب ($t_{ad} = 0.75\ t_p$)

t_p – زمن بدء التصلب للسائل الإسمنتي (زمن بدء الشك) ، ويحدد مخبرياً وفق الشروط الموجودة في البئر (min).

t_{fc} – الزمن الذي يستغرقه ضخ السائل الإسمنتي داخل مواسير التغليف (min).

t_f – الزمن الذي يستغرقه ضخ سائل الإزاحة داخل مواسير التغليف (min).

t_d – الزمن اللازم لإنزال الفاصل الإسمنتي الثاني، وهو يعتمد على نوع رأس السمنتة المستخدم وتتراوح قيمة هذا الزمن بين ($t_d = 10 – 15$ min)

يوجد عدة طرق لحساب t_{fd} وt_{fc} ومنها الطريقة البيانية التي تعتمد على رسم منحنى تغير الضغط الذي تتعرض له أجهزة الضغط كتابع لحجم السائل المضخوخ.

حيث أن الزمن اللازم لضخ السائل الإسمنتي وسائل الإزاحة عند استخدام جهاز ضخ وحيد يحدد بالعلاقة الآتية

$$t_{fc} + t_f = \sum_{i=1}^{n} \frac{V_i}{Q_a^i} \quad (19\text{-}3):$$

حيث أن:

n - عدد سرعات وحدة الضخ، التي سوف تستخدم أثناء عملية السمنتة.

V_i – حجم السائل الذي يضخ بالسرعة (i)، (m3).

Q_a^i – غزارة وحدة الضخ عند تشغيلها بالسرعة (i)، (m^3/min)

3-4-3- حسابات عمليات السمنتة بمرحلتين [1]: إن العنصر الأساسي الذي يميز عملية السمنتة بمرحلتين (مقارنة مع حسابات عملية السمنتة بمرحلة واحدة) هو تعيين الارتفاع الذي تثبت عنده الوصلة الاسمنتية. اما بقية عناصر عملية السمنتة فتحسب بشكل مشابه تماما للسمنتة وحيدة المرحلة.

إذا كانت عملية السمنتة مقررة لرفع السائل الاسمنتي حتى السطح تعين قيمة ($\alpha = A_a/Ai$)

1-إذا كانت قيمة ($\alpha \geq 1$): فإن ارتفاع الوصلة الإسمنتية يحسب بالعلاقة التالية[1] :

$$h_m=(H+H_C)/3 \quad (20\text{-}3)$$

A_a:مقطع الفراغ الحلقي خلف مواسير التغليف.

A_i:المقطع الداخلي لمواسير التغليف فوق الوصلة الاسمنتية

حيث يحسب الضغط الذي يتعرض له جهاز الضخ في نهاية كل مرحلة –عند السمنتة بمرحلتين مستمرتين بدون فاصل غير مسمنت فيما بينهما على النحو الآتي:

$$P_1=0.1[\, h_m (\gamma_{fc} -\gamma_f)-(H-h_m)(\gamma_{fc} -\gamma_f)]+P_{c1} \quad (21\text{-}3)$$

$$P_2=0.1(H_c-h_m)(\gamma_{fc} -\gamma_f)+P_{c2} \quad (22\text{-}3)$$

2

-إذا كانت قيمة ($\alpha < 1$): فإن ارتفاع الوصلة الإسمنتية يحسب بالعلاقة التالية:

$$h_m=[(1+\alpha)/(2+\alpha)].H_c \quad (23\text{-}3)$$

تحسب قيم الضغط الذي تتعرض له وحدات الضخ في نهاية كل من المرحلتين على النحو التالي:

$$P_1=0.1[\ h_m\ (\gamma_{fc}\ -\gamma_f)\ -h_2\ (\gamma_{fc}\ -\gamma_f)]+P_{c1} \qquad (24\text{-}3)$$

$$P_2=0.1(H_c-h_m)(\gamma_{fc}\ -\gamma_f)+P_{c2} \qquad (25\text{-}3)$$

حيث أن:p_2 ، p_1 ضغط الضخ الذي يتعرض له جهاز الضخ في نهاية المرحلة الأولى ثم الثانية.

H– العمق الذي تنزل إليه مواسير التغليف في البئر.

H_C– ارتفاع السائل الاسمنتي في الفراغ الحلقي.

h_m– ارتفاع الوصلة الإسمنتية عن حلقة الصد أوعن حذاء أنابيب التغليف

h_2– الارتفاع الذي يشغله السائل الإسمنتي للمرحلة الثانية داخل مواسير التغليف، وهو يحدد اعتمادا" على معرفة حجمه على النحو التالي:

$$h_2=(H_c-h_m)\ A_a/A_i \qquad (26\text{-}3)$$

الفصل الرابع

الحسابات التصميمية للبئر المقترحة في تل مرمر بعمق3500 m:

4-1- حساب برنامج التغليف:

1- حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة الإنتاجية:

قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية: $D_{ecsg} = 7\ ″ = 177.8\ m$

$D_{ecsg}′ = 194.5\ mm$

وباستخدام العلاقة (3-1): نحسب فطر رأس الحفر:

$D_{Bp} = D_{ecsg}′ \times f = 194.5 \times 1.14 = 221.73\ mm$

وبالتالي سيكون قطر رأس الحفر القياسي: $D_{Bps} = 8\ ½″ = 215.9\ mm$

2- حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة الوسطية الثانية:

من العلاقة (3-2): نحسب القطر الداخلي الأصغري:

$D_{min} = D_{Bps} + 2\ a = 215.9 + 2.3 = 221.9\ mm$

$D_i = 244.5 - 2 \times 11.05 = 222.4\ mm$

وبالتالي فإن القطر الخارجي لمواسير التغليف للمرحلة الوسطية الثانية:

$D_{i\ scsg} = 9\ ⅝″ = 244.5\ mm$

$D_{i\ scsg}′ = 269.9mm$

- حساب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الثانية:

من العلاقة (3-1): نحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الثانية:

$D_{Bi} = D_{i\ scsg}′ \times f = 269.9 * 1.2 = 323.88\ mm$

وبالتالي من جداول رؤوس الحفر يكون قطر رأس الحفر القياسي:

$D_{Bs} = 12\ ¼″ = 311.2\ mm$

3- حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة الوسطية الأولى:

من العلاقة (3–2): نحسب القطر الداخلي الأصغري:

$D_{min} = D_{Bps} + 2\,a = 311.2 + 2.2 = 315.2$ mm

$D_i = 339.7 - 2 \times 12.19 = 315.32$ mm

وبالتالي فإن القطر الخارجي لمواسير التغليف للمرحلة الوسطية الأولى:

$D_{i\,scsg} = 13\ 3/8'' = 339.7$ mm

$D_{i\,scsg}{}' = 365$mm

– حساب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الأولى:

من العلاقة (3–1): نحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الأولى

$D_{Bi} = D_{i\,scsg}{}' \times f = 365 \times 1.25 = 456.24$ mm

وبالتالي من جداول رؤوس الحفر يكون قطر رأس الحفر القياسي:

$D_{Bs}\ 17\ 1/2 = 444.5$ mm

4–حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة السطحية:

من العلاقة (3–2): نحسب القطر الداخلي الأصغري:

$D_{i\,min} = D_{Bs} + 2\,a = 444.5 + 2 \times 2 = 448.5$ mm

$D_i = 508 - 2 \times 16.13 = 475.74$ mm

وبالتالي فإن القطر الخارجي لمواسير التغليف للمرحلة السطحية:

$D_{i\,scsg} = 20'' = 508$ mm

القطر الخارجي عند الرأس: $D_{i\,scsg}{}' = 533.4$mm

– حساب قطر رأس الحفر للمرحلة السطحية:

من العلاقة (3–1): نحسب قطر رأس الحفر للمرحلة السطحية

$D_{BS} = 533.4 \times 1.3 = 693.42$ mm

ويكون قطر رأس الحفر القياسي:

$D_{BSt} = 26'' = 660.4$ mm

وفي الجدول (4-1) بين حسابات برنامج التغليف للبئر المقترحة.

الجدول (4-1): برنامج التغليف للبئر المقترحة						
المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		القطر الخارجي لمواسير التغليف		القطر الخارجي عند الرأس	القطرالداخلي الأصغري
	mm	In	Mm	In	mm	Mm
سطحية	660.4	26	508	20	533.4	475.74
وسطية-1	444.5	17½	13 ⅜	339.7	365	315.32
وسطية-2	311.2	12 ¼	244.5	9 ⅝	269.9	222.4
إنتاجية	219.5	8 ½	177.8	7	194.5	-

4-2- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف:

1- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف الانتاجية بقطر 7 in وبعمق 3500m.

نبين في الجدول (4-2): مواصفات مواسير التغليف الإنتاجية بقطر 7 in

الجدول (4-2): مواصفات مواسير التغليف الإنتاجية بقطر 7 in						
القطر الخارجي In mm	وزن واحدة الطول Lbs/ft	نوعية المعدن -	سماكة الجدار Mm	الضغط الخارجي MPa	الجهد الحدي للحل من الشرار Tonf	نوع الشرار
7 177.8	26.00	K-55	9.19	30.4	188	BTC
	26.00	N-80	9.19	38.0	274	
	29.00	N-80	10.36	49.4	307	

- نحسب الضغط الخارجي عند عمق (3500 m) باستخدام العلاقة (*3-3*) فيكون:

$P_{md}=H.\gamma_f/10=3500.1.08/10=378$ at$=37.8$ MPa

- نحدد على المخطط البياني قيم (الضغط–العمق) عند السطح و*عند العمق* 3500m = نرسم خط مستقيم بين القيمة صفر عند السطح والقيمة 37.8 MPa عند العمق *3500m* فنحصل على خط الضغط الخارجي الشكل (4-1)

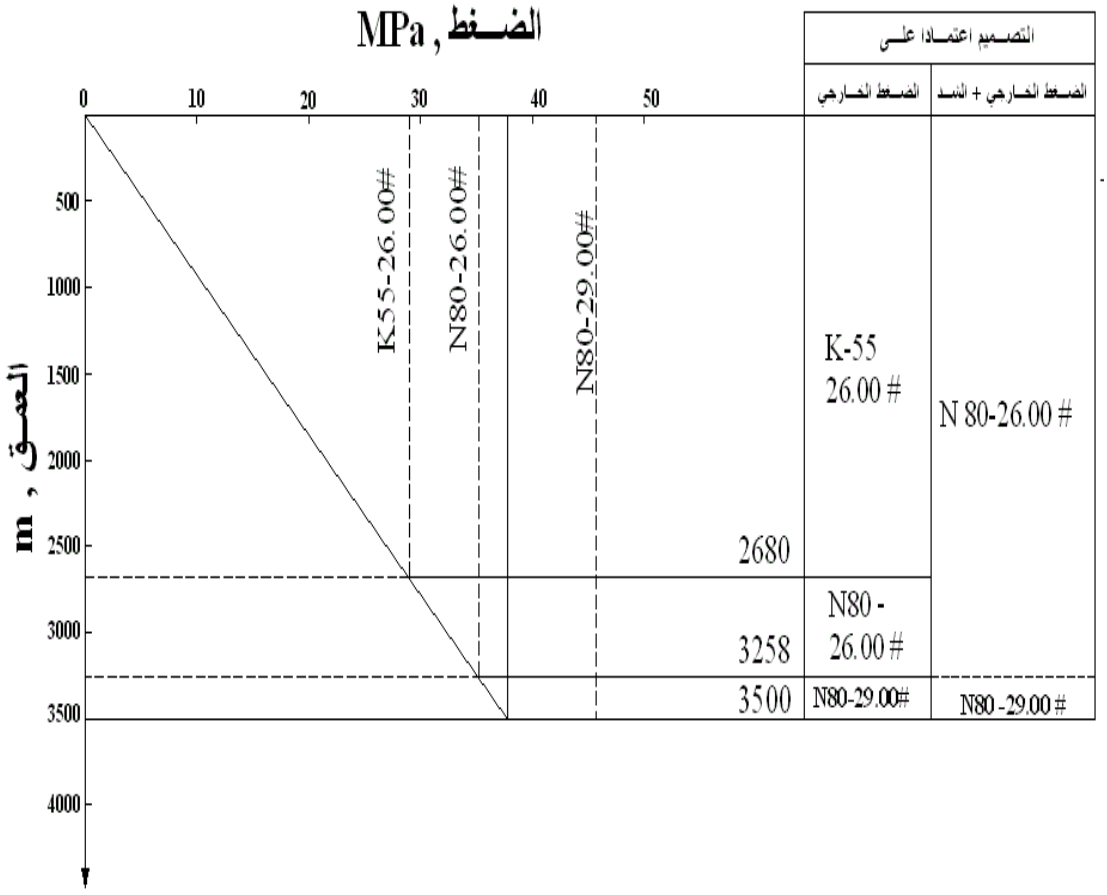
اعتماداً على الجدول (*4-2*): نحسب قيم الضغط الذي يتحمله كل نوع من أنواع مواسير التغليف وذلك من العلاقة (*3-4*):

P_{ad} (K-55,26#)$= P_{cr} /S_f=30.4/1.05=28.95$ MPa

P_{ad} (N-80,26#)$=38/1.08=35.2$ MPa

P_{ad} (N-80,29#)$=49.4/1.08=45.74$ MPa

=نحدد على المخطط البياني قيم الضغوط التي تتحملها مواسير التغليف (P_{ad}) على شكل خطوط عمودية، ومن خلال نقاط تقاطع مع منتصف المنحني (خط الضغط الخارجي الذي تتعرض له مواسير التغليف) يمد خط أفقي (مواز للمحور الفقي) حتى يتقاطع مع محور الأعماق فنحصل على عمق إنزال كل نوع من أنواع مواسير التغليف كما في الشكل (4-1) .



$P_{md}=H.\gamma_f/10$—— $P_{ad}=P_{cr}/S_f$ ……

الشكل (4-1): تصميم مواسير التغليف (7in) اعتماداً على الضغط الخارجي وجهد الشد

$$H_{ad}(K-55,26\#)=2681m$$

$$H_{ad}(N-80,26\#)=3258m$$

$$H_{ad}(N-80,29\#)=3500m$$

نحسب طول كل قسم من أقسام مواسير التغليف العلاقة (3-7) .

$$L_1(N-80,29\#)=3500-3258=242m$$

$$L_2(N-80,26\#)=3258-2681=577\ m$$

$$L_3(K-55,26\#)=2681-0=2681m$$

تحقق من تحمل هذه المواسير لجهد الشد علماً أن القيمة العظمى لهذا الجهد سوف يتعرض له القسم العلوي من مواسير التغليف (K−55, 26 Lbs/ft) بتأثير ثقل الأقسام الآخرى.

نحسب وزن هذه القسام مجتمعة ونقارنها مع جهد الشد لحدي الذي يتحمله (K−55, 26 Lbs/ft) وزن هذه المواسير هو الآتي:

$$G=(L_1\times q_1+L_2\times q_2+L_3\times q_3)$$

$$G= (242\times 29+577\times 29+2681\times 26)\times 1.488=136488.3\ Kgf$$

نأخذ قيمة الجهد الحدي من الشرار للمواسير (# K-55,26) من الجدول (4−2) فنجد أنها تساوي$F= 188000\ Kgf$. إذا أخذنا عامل أمان لجهد الشد بقيمة $S_f=1.75$ فإن المقاومة التي يمكن أن تتحملها هذه المواسير قبل الحل من الشرار هي:

$$Fad(K\text{-}55,26\#)=188000/1.75=107428.57\ Kgf<G$$

إذن القسم الأول من المواسير (#k-55,26) لا يمكن استخدامه نتحقق من القسم الثاني (# N-80,26) حيث أن جهد الشد الذي يتعرض له بتأثير وزنه ووزن الأجزاء المعلقة به هو الآتي:

$$G'=136488.3-(2681\times 26\times 1.488)=32765.77Kgf$$

إن القيمة العظمى التي يجب أن يتحملها (بعد أخذ عامل امان) فهي:

$$Fad(N\text{-}80,26\#)=274000/1.75=156571.43\ Kgf > G'$$

إذن هذا القسم يتحمل جهد الشد الذي يتعرض له بتأثير الأقسام الآخرى المعلقة به مع قدرته على تحمل جهد شد إضافي. لذلك نعيد تصميم القسم الثاني اعتماداً على جهد الشد

$$L_2'= (156571.43-32765.77)/26\times 1.488=3200m$$

بالتالي يكون طول القسم الثاني:

$$L2(N-80,26\#)= 2681+577=3258m$$

وفي الجدول (4−3) نلخص نتائج تصميم مواسير التغليف.(7 in) .

الجدول (4−3): نتائج تصميم مواسير التغليف.(7 in) .

عمق الإنزال	نوع الخليطة ووزن واحدة الطول	طول المقطع
(0-3258) m	26 #،N-80	3258m
(3258-3500) m	29 #،N-80	242 m

2- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف الوسطية الثانية بقطر in 5/8 9 وبعمق m 2420 .

نبين في الجدول (4-4): مواصفات مواسير التغليف للمرحلة الوسطية الثانية بقطر in 5/8 9

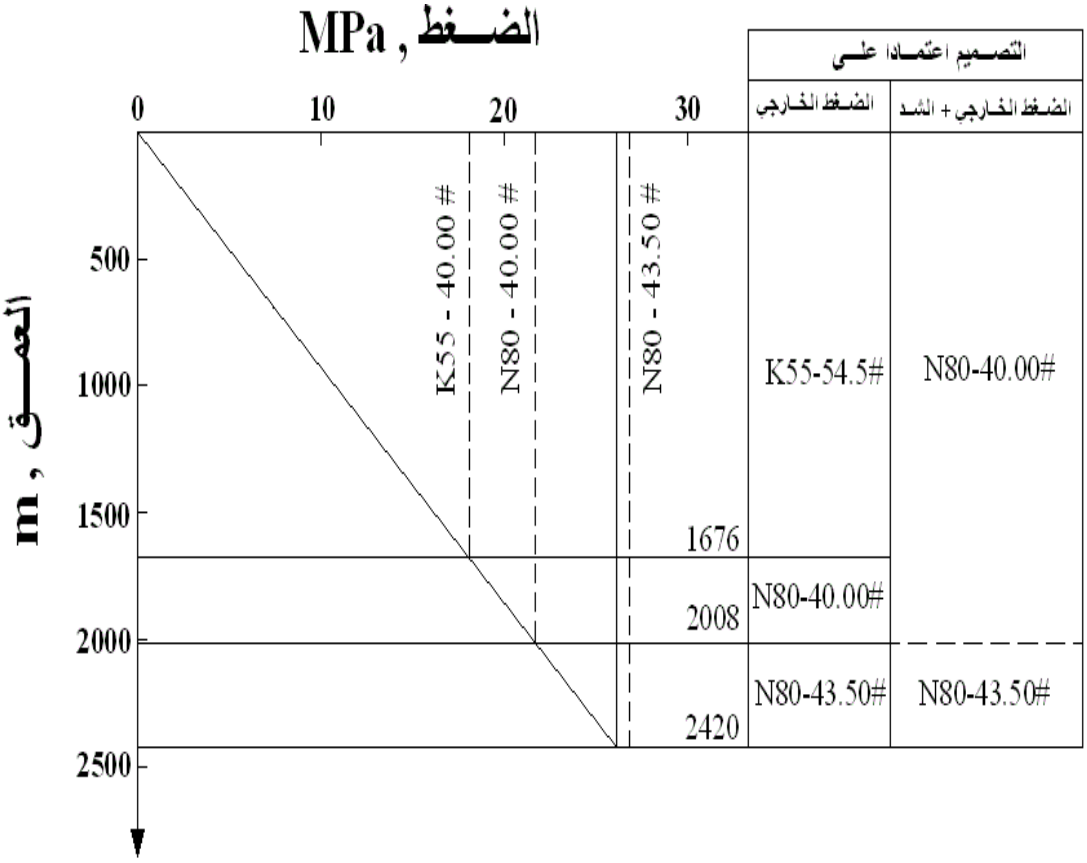
الجدول (4-4): مواصفات مواسير التغليف للمرحلة الوسطية الثانية بقطر in 5/8 9						
القطر الخارجي In mm	وزن واحدة الطول Lbs/ft	نوعية المعدن -	سماكة الجدار Mm	الضغط الخارجي MPa	الجهد الحدي للحل من الشرار Tonf	نوع الشرار
9 5/8 244.5	40.00	K-55	10.03	18.1	254	LTC
	40.00	N-80	10.03	21.7	334	
	43.50	N-80	11.05	26.8	374	

- نحسب الضغط الخارجي عند عمق (2420 m) باستخدام العلاقة (*3-3*) فيكون:

$$P_{md}=H.\gamma_f/10=2420.1.08/10=261.3\ at=26.14\ MPa$$

=نحدد على المخطط البياني قيم (الضغط-العمق) عند السطح و*عند العمق* 2420m نرسم مستقيم بين القيمة صفر عند السطح والقيمة 26.14 MPa عند العمق *2420m* فنحصل على خط الضغط الخارجي (الضغط الذي تتعرض له مواسير التغليف ،P_{md}) الشكل (*4-2*):

=نحدد على المخطط البياني قيم الضغوط التي تتحملها مواسير التغليف (P_{ad}) على شكل خطوط عمودية، ومن خلال نقاط تقاطع مع منتصف المنحني (خط الضغط الخارجي الذي تتعرض له مواسير التغليف) يمد خط أفقي (مواز للمحور الفقي) حتى يتقاطع مع محور الأعماق فنحصل على عمق إنزال كل نوع من أنواع مواسير التغليف كما في الشكل (*4-2*):



الشكل (*4-2*): تصميم مواسير التغليف (9 5/8 in) اعتماداً على الضغط الخارجي وجهد الشد

من الشكل (4–2): نحدد أعماق إنزال كل نوع من أنواع مواسير التغليف.

$$H_{ad}(K-55,40\#)=1676m$$

$$H_{ad}(N-80,40\#)=2008m$$

$$H_{ad}(N-80,43.50\#)=2420m$$

من العلاقة (:(3–7نحسب طول كل قسم من أقسام مواسير التغليف.

$$L_1(N-80,43.5\#)=2420-2008=412m$$

$$L_2(N-80,40\#)=2008-1676=332m$$

$$L_3(K-55,40\#)=1676-0=1676m$$

تحقق من تحمل هذه المواسير لجهد الشد علماً أن القيمة العظمى لهذا الجهد سوف يتعرض له القسم العلوي من مواسير التغليف (K–55, 40 Lbs/ft) بتأثير ثقل الأقسام الآخرى.

نحسب وزن هذه القسام مجتمعة ونقارنها مع جهد الشد لحدي الذي يتحمله(K–55, 40 Lbs/ft) وزن هذه المواسير هوالآتي:

$$G=(L_1\times q_1+L_2\times q_2+L_3\times q_3)$$

$$G= (412\times 43.5+332\times 40+1676\times 40) \times 1.488=146184.096\ Kg.f$$

نأخذ قيمة الجهد الحدي من الشرار للمواسير (# K-55,40) من الجدول (4−4) فنجد أنها تساوي F= 254000 Kgf.إذا أخذنا عامل أمان لجهد الشد بقيمة S_f=1.75 فإن المقاومة التي يمكن أن تتحملها هذه المواسير قبل الحل من الشرار هي:

$$Fad(K\text{-}55,40\#)=254000/1.75=145142.86\ Kgf<G$$

إذن القسم الأول من المواسير (#k-55,26) لا يمكن استخدامه نتحقق من القسم الثاني (# N-80,40)حيث أن جهد الشد الذي يتعرض له بتأثير وزنه ووزن الأجزاء المعلقة به هو الآتي:

$$G'=146184.096-(1676\times 40\times 1.488) =46428.578gf$$

إن القيمة العظمى التي يجب أن يتحملها (بعد أخذ عامل امان) فهي:

$$Fad(N\text{-}80,40\#)=334000/1.75=190857.14\ Kgf > G'$$

إذن هذا القسم يتحمل جهد الشد الذي يتعرض له بتأثير الأقسام الآخرى المعلقة به مع قدرته على تحمل جهد شد إضافي.

لذلك نعيد تصميم القسم الثاني اعتماداً على جهد الشد

$$L_2'= (190857.14-46428.578)/40\times 1.488=2426m$$

بالتالي يكون طول القسم الثاني:

$$L2(N-80,26\#)= 2008m$$

وفي الجدول (4−5) نلخص نتائج تصميم مواسير التغليف.(9 5/8 in) .

الجدول (4−5): نتائج تصميم مواسير التغليف.(9 5/8 in)

عمق الإنزال	نوع الخليطة ووزن واحدة الطول	طول المقطع
(0-2008) m	N-80، 40 #	2008m
(2008-2420) m	N-80، 43.5 #	412 m

3- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف للمرحلة الوسطية الأولى بقطر in 3/8 13 وبعمق m 1270.

نبين في الجدول (4-6):"مواصفات مواسير التغليف للمرحلة الوسطية الأولى بقطر in 3/8 13

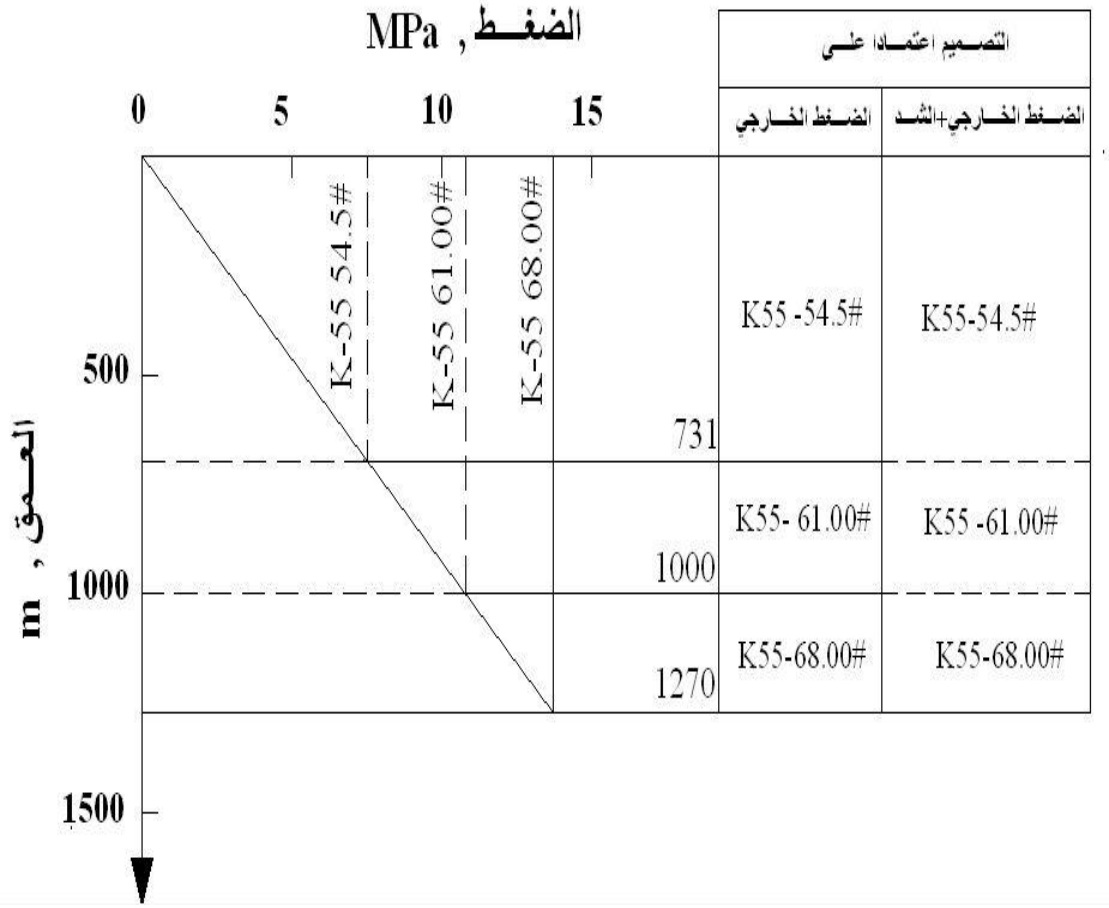
الجدول (4-6) :مواصفات مواسير التغليف للمرحلة الوسطية الأولى بقطر in 3/8 13						
القطر الخارجي In mm	وزن واحدة الطول Lbs/ft	نوعية المعدن -	سماكة الجدار Mm	الضغط الخارجي Mpa	الجهد الحدي للحل من الشرار Tonf	نوع الشرار
13 3/8 339.7	54.50	K-55	9.65	7.9	248	STC
	61.00	K-55	10.92	10.8	287	
	68.00	K-55	12.19	13.7	325	

- نحسب الضغط الخارجي عند عمق (12700 m) باستخدام العلاقة (*3-3*) فيكون:

$$P_{md}=H.\gamma_f/10=1270.1.08/10=137.2\ at=13.72\ MPa$$

نحدد على المخطط البياني قيم (الضغط-العمق) عند السطح وعند *العمق* 1270m نرسم مستقيم بين القيمة صفر عند السطح والقيمة 13.72 MPa عند العمق *1270m* فنحصل على خط الضغط الخارجي (الضغط الذي تتعرض له مواسير التغليف،P_{md}) الشكل (*3-4*):

نحدد على المخطط البياني قيم الضغوط التي تتحملها مواسير التغليف (P_{ad}) على شكل خطوط عمودية، ومن خلال نقاط تقاطع مع منتصف المنحني (خط الضغط الخارجي الذي تتعرض له مواسير التغليف) يمد خط أفقي (مواز للمحور الفقي) حتى يتقاطع مع محور الأعماق فنحصل على عمق إنزال كل نوع من أنواع مواسير التغليف كما في الشكل (*3-4*):



الشكل (*3-4*): تصميم مواسير التغليف (13 3/8 in) اعتماداً على الضغط الخارجي وجهد الشد من الشكل (3–4): نحدد أعماق إنزال كل نوع من أنواع مواسير التغليف

H_{ad}(K–55, 54.50 #)=731m

H_{ad}(K–55, 61 #)=1000m

H_{ad}(K–55, 68.00 #)=1270m

نحسب طول كل قسم من أقسام مواسير التغليف.

L_1(K–55,68#)=1270–1000=270m

L_2(K–55,61#)=1000–731=269m

L_3(K–55,54.50 #)=731–0=731m

تحقق من تحمل هذه المواسير لجهد الشد علماً أن القيمة العظمى لهذا الجهد سوف يتعرض له القسم العلوي من مواسير التغليف (K–55, 54.5 Lbs/ft) بتأثير ثقل الأقسام الأخرى.

نحسب وزن هذه القسام مجتمعة ونقارنها مع جهد الشد لحدي الذي يتحمله

(K-55, 54.5Lbs/ft) وزن هذه المواسير هو الآتي:

$$G=(L_1\times q_1+L_2\times q_2+L_3\times q_3)$$

$$G= (270\times 68+269\times 61+731\times 54.5) \times 1.488=111017.45 \text{ Kg.f}$$

نأخذ قيمة الجهد الحدي من الشرار للمواسير (# K-55,54.5) من الجدول (4-6) فنجد أنها تساوي F= 248000 Kgf.

إذا أخذنا عامل أمان لجهد الشد بقيمة S_f=1.75 فإن المقاومة التي يمكن أن تتحملها هذه المواسير قبل الحل من الشرار هي:

$$Fad(K\text{-}55,40\#)=248000/1.75=141714.286 \text{ Kgf} > G$$

إذن القسم الأول من المواسير (#k-55,54.5) يمكن استخدامه لأن جهد الشد الذي يتحمله أكبر من جهد الشد الذي يتعرض له بتأثير وزنه ووزن الأجزاء المعلقة به.

وفي الجدول (4-7) نلخص نتائج تصميم مواسير التغليف.(13 3/8 in) .

الجدول (4-7): نتائج تصميم مواسير التغليف.(13 3/8 in) .

عمق الإنزال	نوع الخليطة ووزن واحدة الطول	طول المقطع
(0-731) m	K-55,54.5#	731m
(731-1000)m	K-55 ,61#	269m
1000-1270) m	K-55.68 #	270m

4-الحسابات التصميمية لمواسير التغليف للمرحلة السطحية بقطر 20 in وبعمق 280m

نبين في الجدول (4-8) :مواصفات مواسير التغليف للمرحلة السطحية بقطر 20 in

الجدول (4-8) :مواصفات مواسير التغليف للمرحلة السطحية بقطر 20 in

القطر الخارجي In mm	وزن واحدة الطول Lbs/ft	نوعية المعدن -	سماكة الجدار Mm	الضغط الخارجي MPa	الجهد الحدي للحل من الشرار Tonf	نوع الشرار
20 508.0	94.00	K-55	11.13	3.7	374	STC

- نحسب الضغط الخارجي عند عمق (280 m) باستخدام العلاقة (*3-3*) فيكون:

$P_{md}=H.\gamma_f/10=280.1.08/10=30.24$ at$=3.024$ MPa

من الجدول (*8-4*): P_{ad}(K-55.94.00#) $=3.7$ MPa

بما أن: $P_{ad} > P_{md}$ فإن طول مواسير التغليف للمرحلة السطحية:

L(H-40 ,K-55,94.00#)=280m

وفي الجدول (4-8): نبين نتائج تصميم مواسير التغليف للمرحلة السطحية (20 in)

الجدول (4-8): نتائج تصميم مواسير التغليف.(20 in) .		
عمق الإنزال	نوع الخليطة ووزن واحدة الطول	طول المقطع
(0-280) m	K-55,94.00#	280m

3-4-حسابات عملية السمنتة للبئر المقترحة:

1- حسابات عملية السمنتة للمرحلة السطحية:

$H = Hc = 280m$

$\gamma_{fc}= 1{,}85$ gf/ cm^3

$\gamma_c = 3{,}15$ gf/ cm^3

$\gamma_f = 1{,}08$ gf/ cm^3

$h = 30$ m

$m = w / c = 0{,}485$

$k_1 = 1.2 \qquad k_2 = 1.05$

$d_e = 508$ mm

$D_B = 660{,}4$ mm

$d_i = de - 2t = 508 - 2 \times 11{,}13 = 485.74$ mm

- حساب حجم الخلطة الإسمنتية:

من العلاقة (3-8): نحسب حجم السائل الإسمنتي:

$v_{fc} = 0.785 \times [(1.2 \times 0{,}6604^2 - 0.508^2) \times 280 + 0.48574^2 \times 30]$

$v_{fc} = 63.87\ m^3$

– حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

من العلاقة (3–10): نحسب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير ($1m^3$) من السائل الإسمنتي.

g_c =1,85 / 1,485 = 1,245 tonf / m^3

من العلاقة(3–9) نحسب كمية الاسمنت :

G_c = 1,05 x 1,245 x 63.87= 83.49 tonf

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت:

n_c = (83.49 x 1000) / 50 = 1670 sack

– حساب حجم الماء اللازم لتحضير الخلطة الإسمنتية: العلاقة (3–12):

V_w =1.05×63.87× 1.3/2.15=40.55 m^3

– حساب حجم سائل الإزاحة: باستخدام العلاقة (3–13): يكون حجم سائل الازاحة

V_{fd}= 0.785 ×$(0.48574)^2$×(280–30)=48.30 m3

– حساب ضغط الضخ الأعظمي:

نحسب الضغط الناتج عن الفرق في الأوزان للسوائل داخل وخارج مواسير التغليف من العلاقة (3–15):

$P_{\gamma max}$ =0.1× [(280–30)×(1.85–1.08)]=19.25 Kgf/cm^2

–نحسب الضغط الناتج عن جريان للسوائل داخل وخارج مواسير التغليف من العلاقة (3–16):

P_c = 0.02 x 280 + 8 = 13.6 Kgf/cm^2

ومن العلاقة (3–14) نحسب ضغط الضخ الأعظمي

P_{pmax} = 19.25 + 13.6 + 5 = 37.85 Kgf/cm^2

وبالتالي يكون جهاز الضخ من نوع Ac – 300 , ϕ = 4“

– حساب عدد أجهزة الضخ:

نحسب زمن ضخ السائل الاسمنتي وزمن ضخ سائل الازاحة العلاقة(3–19):

$t_{fc} + t_{fd}$ =(63.87+48.30)×1000/635=176.64 min

باستخدام العلاقة (3–18): يكون زمن عملية السمنتة:

t_c = 176.64 + 10 = 186.64 min

t_{ad} =0.75×60=45 min

نحسب عدد أجهزة الضخ باستخدام العلاقة(3−17)

$n = (186.64/45)+1=5$ أجهزة

2 – حساب عملية السمنته المرحلة الوسطية الأولى:

$\gamma_{fc} = 1.85\ gf / cm^3$

$\gamma_c = 3.15\ gf / cm^3$

$m = 0.485$

$K_1 = 1.15 \qquad K_2 = 1.05$

$d_e = 339.7\ mm$

$D_B = 444.5\ mm$

$H = Hc = 1270m$

نحسب السماكة الوسطية لمواسير التغليف

$t_m = 10.46\ mm$

$d_{im} = 339.7 - 2 \times 10.46 = 318.78mm$

نحسب قيمة α:

$\alpha = (1.15.0.4445^2-0.3397^2)/0.31878^2 =1.1>1$

وبالتالي يكون ارتفاع الوصلة الإسمنتية العلاقة (3−20):

$h_m=(1270+1270)/3=847m$

2−1−حساب عملية السمنته للمرحلة الوسطية الأولى (السفلى)

– حساب حجم السائل الأسمنتي:

$v_{fc1} = 0.785\times [(\ 1{,}15\ 0.4445^2-0.3397^2)\times 847+0.31878^2\times 20\ ]=75.94m^3$

– حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$G_{c1} = 1{,}05 \times 1{,}245\ 75.94= 99.27tonf$

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت

$n_{c1} = (99.27 \times 10^3) / 50 = 1986\ sack$

– حساب حجم الماء اللازم لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$V_{w1}=1.05\times 75.94\times 1.3/2.15=48.2\ m^3$

– حساب حجم سائل الإزاحة:

$V_{fd1} = 0.785\times 0.31878^2\times (847\text{-}20) =65.9\ m^3$

-حساب ضغط الضخ الأعظمي العلاقة (3-21):

نحسب ضغط الجريان العلاقة

$P_{c1}=0.02\times1270+8=33.4\ Kgf/cm^2$

وبالتالي فإن قيمة ضغط الضخ الأعظمي:

$P_1 =0.1\times[847(1.85-1.08)-(1270-847)(1.85-1.08)]+33.4+8=74\ Kgf/cm^2$

نختار جهاز الضخ AC-400.B , ϕ = 4 1/2"

- حساب عدد أجهزة الضخ:

نحسب زمن عملية السمنتة:

$t_{fc} + t_{fd} =[(75.94+65.9)\times10^3]/1171=121.2\ min$

$t_c = 121.2 + 15 = 163\ min$

$t_{ad}=0.75\times60=45\ min$

$n_1 =(163/45)+1= 4$ أجهزة

2-2-حساب عملية السمنتة للمرحلة الوسطية الأولى (العليا):

- حساب حجم السائل الأسمنتي:

$V_{fc2}\ 0.785\times [(1,15\ x0.4445^2-0.3397^2)\times(1270-847)]=37.13m^3$

- حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$G_{c2} = 1,05\ x\ 1,245\ x\ 37.13 = 48.54\ tonf$

وبالتالي فإ ن عدد أكياس الإسمنت

$nc_2 = (48.54\ x10^3) / 50 = 971\ sack$

- حساب حجم الماء اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$V_{w2} =1.05\times37.13\times1.3/2.15=23.57\ m^3$

- حساب حجم سائل الإزاحة:

$V_{fd2}=0.785\times0.31878^2\times(1270-847)=33.74\ m^3$

– تحديد نوع جهاز الضخ وذلك من خلال حساب ضغط الضخ الأعظمي:

$P_{c2}=0.02\times(1270-847)+8=16.46Kgf/cm^2$

$P_{fr}=8\ Kgf/cm^2$

حساب ضغط الضخ الأعظمي: العلاقة (3-22)

$$P_2 =0.1\times[(1270-847)(1.85-1.08)+16.46+8=57\ Kgf/cm^2$$

نختار جهاز الضخ من نوع "½ 4 = ϕ , AC400.B

– حساب عدد أجهزة الضخ

$t_{fc} + t_{fd} =[\ (37.13+33.74)\times1000]/1171=60.5\ min$

$t_c = 60.5+ 15= 75.52\ min$

$n_2 =(75.52/45)+1=3$ أجهزة

3 – حساب عملية السمنته للمرحلة الوسطية الثانية:

$D_B =12\ ¼"= 311,2\ mm$

$d_e =9\ 5/8"= 244,5\ mm$

$H_C = H = 2420\ m$

نحسب السماكة الوسطية لمواسير التغليف: $t_m = 10.20\ mm$

وبالتالي فان القطر الداخلي الوسطي:

$d_{im} = 244,5 - 2\ x\ 10.20= 224.1\ mm$

نحسب قيمة α:

$\alpha=(1.15\times0.3112^2-0.2445^2)/0.2241^2=1$

وبالتالي فإن ارتفاع الوصلة الإسمنتية يكون:

$h_m = (2420+2420)/3=1613\ m$

3-1-حساب عملية السمنته للمرحلة الوسطية الثانية (السفلى):

- حساب حجم السائل الأسمنتي:

$V_{fc1} = \pi / 4 [(1{,}15 \times 0.3112^2 - 0.2445^2) \times 1613 + 0.2241^2 \times 20] = 66\ m^3$

- حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$G_{c1} = 1{,}05 \times 1{,}245 \times 66 = 86.28\ tonf$

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت

$n_{c1} = (86.28 \times 10^3) / 50 = 1726\ sack$

- حساب حجم الماء اللازم لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$V_{w1} = 1.05 \times 66 \times 1.3 / 2.15 = 42\ m^3$

- حساب حجم سائل الإزاحة:

$V_{fd1} = 0.785 \times 0.2241^2 \times (1613 - 20) = 62.8\ m^3$

نحسب ضغط الجريان:

$P_{c1} = 0.02 \times 2420 + 16 = 64.4\ Kgf/cm^2$

-حساب ضغط الضخ الأعظمي:

$P_1 = 0.1 \times [1613(1.85 - 1.08) - (2420 - 1613)(1.85 - 1.08)] + 64.4 + 8 = 134.5\ at$

نختار جهاز الضخ $\phi = 3\frac{1}{2}$" , Ac – 500

- حساب عدد أجهزة الضخ

$t_{fc} + t_{fd} = [(66 + 62.8) \times 10^3] / 717 = 179.64\ min$

$t_c = 179.64 + 15 = 194.64\ min$

$t_{ad} = 0.75 \times 90 = 67.5\ min$

$n_1 = (194.64/67.5) + 1 = 4$ أجهزة

3-2-حساب عملية السمنتة للمرحلة الوسطية الثانية (العليا):

- حساب حجم السائل الأسمنتي:

$V_{fc2} = \pi / 4 [(1{,}15 \times 0.3112^2 - 0.2445^2) \times (2420 - 1613)] = 32.68 m^3$

- حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$G_{c2} = 1{,}05 \times 1{,}245 \times 32.68 = 42.72\ tonf$

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت:

$nc_2 = (42.72 \times 10^3) / 50 = 855$ sack

– حساب حجم الماء اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$V_{w2}= 1.05\times32.68\times1.3/2.15=20.75\ m^3$

– حساب حجم سائل الإزاحة:

$V_{fd2} = 0.785\times0.2241^2\times(2420-1613)=31.81\ m^3$

– تحديد نوع جهاز الضخ وذلك من خلال حساب ضغط الضخ الأعظمي:

$P_{c2}=0.02\times(2420-1613)+8=24.14\ Kgf/cm^2$

$P_{fr}=5\ Kgf/cm^2$

$P_2 =0.1\times[(2420-1613)(1.85-1.08)]+24.14+5=91.28\ Kgf/cm^2$

نختار جهاز الضخ من نوع "3 ½ = ϕ , AC500

– حساب عدد أجهزة الضخ

$t_{fc} + t_{fd} =[(32.68+31.81)\times1000]/717=89.94$ min

$t_c = 89.94 + 15 = 104.94$ min

$n_2 =(104.94/67.5)+1=3$ أجهزة

4–حساب عملية السمنته للمرحلة الإنتاجية:

$D_B = 215{,}9$ mm

$H = HC = 3500$m

$d_e =177{,}8$ mm

$t_m=(242\times10.36+3258\times9.19)/3500=9.27$ mm نحسب السماكة الوسطية:

وبالتالي فإن القطر الداخلي الوسطي:

$d_{im} = 177{,}8 - 2 \text{ X } 10.05 = 159.3$ mm

نحسب قيمة α:

$\alpha=(1.14\times0.2159^2-0.1778^2)/0.1593^2=0.85<1$

وبالتالي فإن ارتفاع الوصلة الإسمنتية:

$h_m = [(1+0.85)/(2+0.85)] \times3500=2272$m

4-1- حساب عملية السمنته للمرحلة الإنتاجية الأولى (السفلى):

- حساب حجم الخلطة الأسمنتية:

$V_{fc1} = \pi / 4 [(1{,}14 \times 0.2159^2 - 0.1778^2) \times 2272 + 0.1593^2 \times 20] =$

$v_{fc1} = 38.8\ m^3$

- حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$G_{c1} = 1{,}05 \times 1{,}245 \times 38.8 = 50.72$ tonf

وبالتالي فإن أكياس الإسمنت

$n_{c1} = (50.72 \times 10^3) / 50 = 1015$ sack

- حساب حجم الماء اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$V_{w1} = 1.05 \times 38.8 \times 1.3 / 2.15 = 24.63\ m^3$

- حساب حجم سائل الإزاحة:

$V_{fd1} = 0.785 \times 0.1593^2 \times (2272 - 20) = 44.9\ m^3$

-حساب ضغط الضخ الأعظمي:

نحسب ضغط الجريان:

$P_{c1} = 0.02 \times 3500 + 16 = 86 Kgf/cm^2$

$P_{p1} = 0.1[2272 \times (1.85 - 1.08) - 0.85(3500 - 2272)(1.85 - 1.08)] + 86 + 5 =$

$P_{p1} = 185.57$ at

نختار جهاز الضخ ZAN – 500 , $\phi = 4$ "

- حساب عدد أجهزة الضخ

$t_{fc} + t_{fd} = [(38.8 + 44.9) \times 1000] / 897 = 93.31$ min

$t_c = 93.31 + 15 = 108.31$ min

$n_1 = (108.31/45) + 1 =$ 4 أجهزة

4-2- حساب عملية السمنته للمرحلة الإنتاجية (العليا):

- حساب حجم الخلطة الأسمنتية:

$V_{fc2} = \pi / 4 [(1{,}14 \times 0.2159^2 - 0.1778^2) \times (3500-2272] = 20.75 \ m^3$

- حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$G_{c2} = 1{,}05 \times 1{,}245 \times 20.75 = 27.13 \ tonf$

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت

$n_{c2} = = (27.13 \times 10^3) / 50 = 543 \ sack$

- حساب حجم الماء اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية:

$V_{w2} = 1.05 \times 20.75 \times 1.3 / 2.15 = 13.17 \ m^3$

- حساب حجم سائل الإزاحة:

$V_{fd2} = 0.785 \times 0.1593^2 \times (3500-2272) = 24.46 \ m^3$

حساب ضغط الضخ الأعظمي:

-نحسب ضغط الجريان:

$P_{c2} = 0.02 \times (3500-2272) + 8 = 32.56 \ Kg/cm^2$

$P_{P2} = 0.1[(3500-2272)(1.85-1.08)] + 32.56 + 8 + 5 = 135.12 \ at$

نختار جهاز الضخ ZAN- 500 , ϕ = 4 "

- حساب عدد أجهزة الضخ:

نحسب زمن عملية السمنتة:

$t_{fc} + t_{fd} = [(20.75+24.46) \times 1000] / 897 = 50.40 min$

$t_c = 50.40 + 15 = 65.4.9 \ min$

وبالتالي فإن عدد أجهزة الضخ يساوي:

$n_2 = (65.4/45) + 1 = 3$

النتائج والمقترحات

1- يتميز تركيب تل مرمر بأهميته النفطية كونه يقع في منطقة عالية المأمولية النفطية، وبما ان الهدف الرئيسي لحفر الآبار هو البحث عن النفط والغاز وعن القيمة الاقتصادية للطبقة التي تحوي هذه الموائع.

لذلك نقترح: إجراء عملية الاختبار للطبقات الجيولوجية المخترقة من قبل البئر لما لهذه العملية من أهمية كبيرة في تقييم هذه الطبقات فيما إذا كانت حاملة للمركبات الهيدروكربونية (نفط وغاز) بالإضافة إلى التقليل من الكلفة الإجمالية للبئر من خلال إلغاء مرحلة التغليف الإنتاجية وذلك عند التأكد من عدم وجود نفط أو غاز في الطبقة التي تشكل الهدف النهائي للبئر.

2- لاحظنا استخدام سائل حفر ذو أساس نفطي أثناء حفر الطبقة المنتجة، وبما أن البئر المحفورة هي بئر استكشافية

لذلك نقترح: استخدام سائل الحفر بالمواصفات التالية كما هو مبين في الجدول (4-9).

الجدول(4-9) مواصفات سائل الحفر المستخدم لحفر البئر المقترحة

المرحلة	نوع سائل الحفر	الوزن النوعي لسائل الحفر gf/cm3	PH
السطحية	ماء	1.05-1.08	-
الوسطية الأولى	ذو أساس مائي عذب	1.1-1.15	9-10
الوسطية الثانية	ذو أساس مائي مشبع بالملح	1.15-1.2	9-10
الإنتاجية	ذو أساس مائي	1.25-1.3	9-10

3-نقترح **نظام تغليف للبئر الجديدة المقترحة** كما هو موضح في الجدول (4-10)

الجدول (4-10): برنامج التغليف المقترح للبئر الجديدة

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		القطر الخارجي لمواسير التغليف		القطر الخارجي عند الرأس	القطر الداخلي الأصغري
	mm	In	mm	In	mm	Mm
السطحية	660.4	26	508	20	533.4	475.74
الوسطية الأولى	444.5	17 ½	339.7	13 ⅜	365	315.32
الوسطية الثانية	311.2	12 ¼	244.5	9 ⅝	269.9	222.4
الإنتاجية	219.5	8 ½	177.8	7	194.5	-

4- أما بالنسبة لتصميم مواسير التغليف نقترح: استخدام مواسير التغليف المبينة في الجداول: (4-8)،(4-7) ،(4-5) ،(4-3) وذلك لكل مرحلة من مراحل التغليف.

5- أما بالنسبة **لعملية السمنتة للبئر المقترحة:** نقترح إجراء عملية السمنتة على مرحلتين وذلك للمراحل (الوسطية الأولى- والمرحلة الوسطية الثانية -والإنتاجية) أو استخدام خلائط إسمنتية مخففة والتي تؤدي إلى:

- منع حدوث تهريب للسائل الإسمنتي في الطبقات الضعيفة أو الطبقات ذات الضغوط الطبقية المنخفضة نتيجة ضغوط الضخ العالية.
- الحفاظ على الخواص الخزنية للطبقات المنتجة ذات الضغوط الطبقية المنخفضة وكذلك حماية مواسير التغليف من التأثير التآكلي للموائع الطبقية والاستغناء عن وصلة السمنتة على مرحلتين (*Two stages Collar*).
- إمكانية إجراء عملية السمنتة بمرحلة واحدة، أو على الأقل، تقليل عدد مراحل السمنتة، وما ينتج عن ذلك من توفير في الزمن والكلفة.

وفي الجدول (4-11) نبين نتائج حساب عمليات السمنتة للبئر الجديدة المقترحة.

الجدول (4-11): نتائج حسابات عملية السمنتة للبئر المقترحة							
المرحلة	السطحية	الوسطية الأولى		الوسطية الثانية		الإنتاجية	
عمق المرحلة m	280	1270		2420		3500	
ارتفاع الوصلة الإسمنتية m	–	847		1613		2272	
عدد مراحل السمنتة	–	السفلى	العليا	السفلى	العليا	السفلى	العليا
حجم السائل الإسمنتي m^3	63.87	75.94	37.13	66	32.68	38.8	20.75
كمية الإسمنت tonf	83.49	99.27	48.54	86.28	42.72	50.72	27.13
عدد أكياس لإسمنت Sk	1670	1986	971	1726	855	1015	543
حجم الماء m^3	40.55	48.2	23.57	42	20.75	24.63	13.17
حجم سائل الإزاحة m^3	48.30	65.9	33.74	62.8	31.81	44.9	24.46
ضغط الضخ الأعظمي at	37.85	74	57	134.5	91.28	185.57	135.12
نوع جهاز الضخ	AC300، ϕ=4"،	AC400.B ϕ=4"،		AC500 ϕ=3 ½"،		ZAN-500 ϕ=4"،	
عدد أجهزة الضخ	5	4	3	4	3	4	3

المراجع

أ – باللغة العربية:

1- نصور طاهر، **هندسة الحفر-2** منشورات جامعة البعث 1993-1992.

2- فرج، يوسف 2012. **تحسين جودة سمنتة وعازلية الآبار باستخدام خلطات اسمنتية مخففة ومتوسعة خلف مواسير التغليف**. أطروحة دكتوراه، جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية.

3- تقارير حفر تل مرمر-1، حقل ديرو- الشركة السورية للنفط

ب – باللغة الإنكليزية:

H.R.، **well engineering and construction** ،2000