الإهداء

علينا دائما أن نشكر ونقدر من قدموا لنا المساعدة ومدوا لنا يد العون عند حاجتنا لمن يقف جانبنا , وعلينا أن نبوح لهم دوما عن فرحنا بوجودهم وتقديرنا لمساندتهم ..

- الى رئيس قسم الحفر في الشركة السورية للنفط, المهندس **: باسل عصفور**

-الى إدارة كلية هندسة البترول في الجامعة السورية الخاصة

- الى جميع أساتذتنا الأفاضل اللذين كانوا عونا لنا في بلوغ هدفنا للنهوض ببلدنا وبناء جيل المستقبل الذي على أكتافه ستنهض سوريا الجديدة ونخص بالذكر أستاذنا قدوتنا

الدكتور المهندس : محمود حديد

الفهرس

مقدمة عامة	٥
الفصل الاول: المفاهيم الاساسية في هندسة حفر الابار	٦
١-١- مقدمة	٧
١-٢- مفهوم البئر	٧
١-٣- تصنيف الابار	٨
١-٤- طرق حفر الابار	١٠
١-٥- دورة الحفر (حلقة الحفر)	١٢
الفصل الثاني: وحدة الحفر ومكوناتها	١٦
٣-١- الية عملية الحفر الطاحوني	١٧
٣-٢- المخطط العام (الاساسي) لوحدة الحفر	١٧
٣-٣- مكونات وحدة الحفر الدوراني	٢٠
الفصل الثالث: أسس أختيار وحدة الحفر	٢٥
٤-١- العوامل المؤثرة في انتاجية وحدة الحفر	٢٧
٤-٢- المبادئ العامة لاختيار مواصفات وحدة الحفر واجزائها	٢٨
٤-٣- مؤشرات وحدة الحفر	٢٩
الفصل الرابع: المؤشرات التصميمية لوحدة الحفر	٣١
٥-١- برج الحفر	٣٣
٥-٢- منظومة الكابلات	٣٥
٥-٣- الأجهزة الرافعة (الملفاف)	٣٧
٥-٤- نظام الكبح في الأجهزة الرافعة٠	٣٩
٥-٥- المنضدة الرحوية	٤٠
٥-٦- مضخات سائل الحفر	٤٣
٥-٧- المحركات المستخدمة في وحدة الحفر	٤٥
الفصل الخامس: الحسابات التصميمية	٤٧
٦-١- حسابات برج الحفر	٥٠
٦-٢- حسابات منظومة الكبال	٥٢
٦-٣- حسابات الأجهزة الرافعة	٥٣
٦-٤- حسابات الكابح الشريطي	٥٤
٦-٥- حسابات المنضدة الرحوية	٥٥
٦-٦- حسابات مضخات سائل الحفر	٥٧
٦-٧- حسابات المحركات	٥٨
الفصل السادس: النتائج والمقترحات	٥٩
الجداول الملحقة	٦١

معجم المصطلحات	٦٧
المراجع العلمية	٧١

مقدمة عامة:

ماهو النفط؟

النفط كلمة يونانية الاصل , مشتقة من كلمة (Nafta) اما البترول فهي كلمة ذو اصل لاتيني وتعني زيت الصخر, وهي مشتقة من كلمتين (Petra) وتعني الصخر و(Oleum) وتعني زيت , ويطلق على البترول اسم الذهب الاسود, وهو سائل ثقيل القوام اسود اللون يميل الى البني او الاخضر, والبترول سائل قابل للاشتعال لاحتوائه على الكثير من المواد المشتعلة, واول ماوجد البترول كان طائف على سطح الارض.

انه من الصعب تحديد الفترة الزمنية التي بدأ الانسان فيها البحث والتنقيب عن النفط والغاز واستغالهم كمورد للطاقة, ولكن من المؤكد انه عرف اهميتهم وفوائدهم منذ الحضارات البشرية الاولى.

يحتاج في يومنا هذا للحصول على النفط الي اختراق القشرة الارضية لمسافات تزيد احياناً عن عشرة كيلومترات للوصول اليه, وتبعا لذلك اختلفت وسائل ايجاد وجمع والوصول للنفط, ففي الوقت الذي كانت تكفي الطرق البدائة في الحصول عليه حيث كان يتكشف على السطح, نجد ان هذه الوسائل تعقدت عندما اصبح من الضروري البحث عنه في اعماق الارض.

تشير اغلب الدراسات حول تاريخ عمليات حفر الابار وتكنولوجيته الى ان الصينيين كانوا اول من استخدم حفر الابار لاستخراج المياه الجوفية عام ٢٥٦ ق.م ولم تتغير كثيرا المبادئ الاساسية لطرق الحفر التي استخدموها الاثنين والعشرين قرنا منذ ذلك الحين.

وتشير دراسات المؤرخين الى ان اول بئر حفر في الولايات المتحدة الامريكية كان في ٢٨ اب ١٨٥٩ م بطريقة الحفر المطرقي بعمق ٢٣متر تحت اشراف الكولونيل دريك (Drake)في ولاية بنسلفينيا بوحدة حفر من نوع جديد اكثر تطور من الوحدات السابقة.

والجدير بالذكر ان عمليات حفر الابار النفطية والغازية الحديثة تتم بالتغلغل في اعماق القشرة الارضية بعيدا عن سطحها, فهي عمليات غير مرئية وغيرملموسة بحد ذاتها, ولكنها تعرف وتحدد صحتها من خلال الاجهزة المنفذة لها.

ولهذا كلما ازدادت معرفة مهندس البترول بهذه الاجهزة والمعدات تعززت امكانياته وقدراته للتوجيه والاشراف الجيدين على سير عمليات الحفر وتنفيذها بنجاح والتحكم بها, وتمكنه من اختيار وتحديد الاجهزة والمعدات الملائمة للنظام المتبع.

ولذلك من اجل تصميم وحدة الحفر التي تلبي متطلبات متطورة يجب الانطلاق من تقدم تكنولوجيا الحفر الحديثة ومن الظروف المحيطة التي تؤثر على عملية الحفر بشكل مباشر, لذلك تتوقف عملية اختيار نوع الحفارة على متطلبات عملية الحفر التي تتطلب اختياراً مثالياً لجهاز الحفر من بين الاجهزة المتوفرة, كما ويجب ان يتوافق هذا الاختيار مع التغير الواسع لعمق الابار وطبيعة الصخور المتوقعة وبرنامج التغليف والمشاكل التي يمكن ان تحدث.

الفصل الأول

المفاهيم الأساسية في هندسة حفر الآبار

Basic conceptions in drilling engineering

١-١- مقدمة:

تستخدم في الوقت الحاضر تقنيات حفر الابار لاستخراج كميات كبيرة وهامة من الموارد والخامات الطبيعية (النفط , الغاز , المعادن الثمينة .....وغيرها) من باطن الارض . واهم المجالات التي تحفر من اجلها الابار:

١-إستخراج النفط والغاز الطبيعي من المكامن النفطية والغازية.

٢- التنقيب والإستكشاف , وذلك بهدف إكتشاف المكامن الجديدة للخامات الهامه , أو بهدف تحديد المكامن التي سبق إكتشافها , وحساب مخزون هذه المكامن من الثروات.

٣- حفر الابار المائية , وذلك إستخدامها للأغراض البشرية , والزراعية , والصناعية.

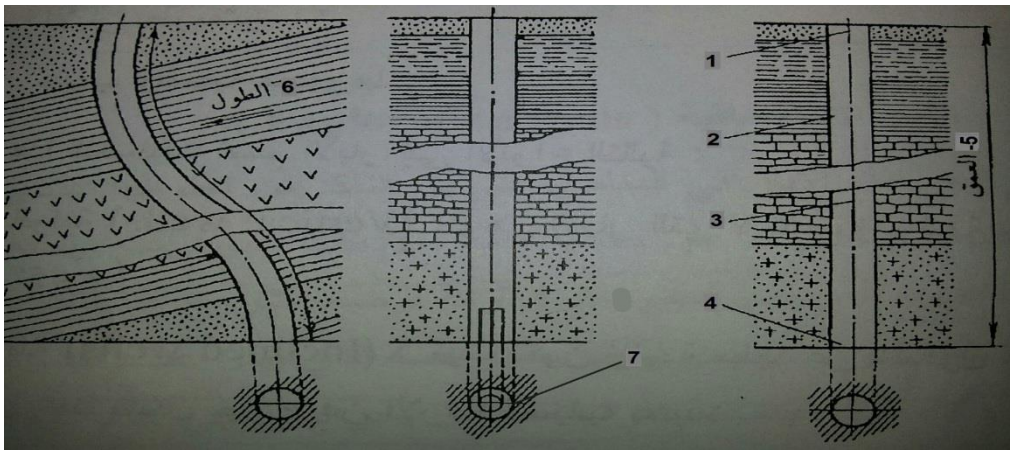
٤- حفر الابار المنجمية , وذلك لإستخدامها كمنافذ للتهوية , او كوسائل لنزح الماء المتدفق في المناجم , او كممرات للإسعاف السريع , وغيرها من الاستعمالات المتعلقة بصناعة المناجم.

٥- دراسة التربة ,وذلك بهدف إنشاء العمارات والأبراج العالية والسدود والطرق السريعة والسكك الحديدية, والممرات تحت الأرض والمنشآت الصناعية, وغيرها من الاعمال الإنشائية.

وبالرغم من تعدد مجالات تطبيق اعمال حفر الابار, فان تطور تقنيات حفر الابار اعتمدت اساسا على اعمال التنقيب , والاستكشاف, والاستثمار لحقول النفط و الغاز , وذلك لان اغلب الابار المحفورة واكثرها عمقا تم حفرها لاستخرجها . مع ذلك فان هناك الكثير من العناصر المشتركة بين أعمال الحفر المستخدمة للإغراض المختلفة.

١-٢- مفهوم البئر:

تعرف البئر بأنها بناء معدني خاص, وذات شكل إسطواني, تحفر بدون إنزال الإنسان فيها, قطرها أقل بكثير من طولها. وعناصر البئر هي التالية (الشكل ١-١) :



شكل(١-١): رسم تخطيطي للابار.

١- فوهة البئر: وهي الفتحة الواقعة في الجزء العلوي للبئر (على السطح).

٢- جدران البئر: وهي عبارة عن الجزء الاسطواني الواصل بين الفوهة وقاعها.

٣- مجور البئر: وهو الخط الوهمي الذي يصل بين محور فوهة البئر ومركز القاع, وقد يكون المحور مستقيما شاقوليا, او مائلا , او منحنيا, او متعرجا.

٤- قاع البئر: وهي الطرف السفلي للبئر.

٥- عمق البئر: وهو المسافة الشاقولية بين الفوهة والقاع, اي انه مسقط محور البئر على الشاقول. ويتغر عمق البئر في مجال واسع, من عدة الاف الامتار حتى عدة الاف من الامتار, وذلك حسب الهدف من حفرها.

٦- طول البئر: وهو المسافة بين الفوهة والقاع وفق محور البئر, اي ان طول البئر اطبر دوما من عمقها.

٧- قطر البئر: تحفر اليئر على مراحل, ويتناقص قطر البئر من مرحلة لاخرى بدءا من السطح. القطر الاول للبئر (على السطح) لا يزيد عادة عن ٩٠٠mm, والقطر الاخير (المرحلة السفلى) نادرا ما تكون اقل من ١٤٠mm.

يتم انجاز البئر بالحفر, والذي هو عبارة عن مجموعة الاعمال التي يتم بواسطتها اختراق الطبقات الصخرية بدءا من سطح الارض وحتى العمق المقرر للبئر. وتشمل هذه الاعمال تفتيت الصخور عند القاع, ورفع نواتج الحفر الى السطح, ثم تغليف البئر وسمنتتها.

تفتيت الصخور عند القاع يمكن ان يكون كاملا, وهو ما يسمى بالحفر العادي, او يكون جزئيا, ويسمى عندئذ بالحفر التلبيبي, وذلك للحصور على عينات اسطوانية من الطبقات الصخرية, وترفع بشكل دوري الى السطح لدراسة هذه الطبقات بشكل دقيق ومفصل.

تحفر الابار على اليابسة وفي البحار, وذلك بواسطة اجهزة حفر (وحدات حفر), وعند الحفر في البحار تثبت هذه الاجهزة على منصات ثابتة او عائمة, او سفن حفر بحرية.

١-٣- تصنيف الابار:

تصنف الابار بطريقتين:

١-٣-١- حسب وضعية محورها:

وفق هذا التصنيف تقسم الابار الى الانواع التالية:

١- آبار شاقولية(vertical wells): وهي الابار التى لاتتجاوز زاوية ميل محورها عن الشاقول ٥ درجات($\alpha \leq ٥^{\circ}$) .

٢- ابار مائلة(Inclined wells): حيث تكون زاوية ميلها عن الشاقول كبيرة ($\alpha > ٥^{\circ}$). ويحصل الميل هنا بشكل خارج عن الارادة لاسباب عديدة.

٣- ابار موجهة(Directional wells): وهي من النوع المائل, ولكن يخطط لها مسبقا ويحدد اتجاهها للوصول الى هدف معين. وقد تكون الابار مائلة والموجهة مستقيمة (مائلة خطيا) مع المحافظة على زاوية السمت ثايتة, وقد تكون متعرجة, اي تتغير هنا زاوية الميل وزاوية السمت. وقد تحفر عدة ابار موجهة من بئر واحدة (من موقع واحد لجهاز الحفر), وتسمى الابار المتشعبة او الابار متعددة القيعان (multi-lateral wells) ويحفر هذا النوع عادة في البحار.

٤- الابار الافقية(horizontal wells): هي احدى الحالات الخاصة للابار الموجهة, حيث تتكون من جذع شاقولي في بدايتها, يليه الجزء المائل, وتنتهي بجذع افقي في نهايتها يخترق الطبقة المنتجة لمسافة طويلة.

١-٣-٢- حسب الهدف من الحفر:

تصنف الابار حسب الهدف من حفرها الى:

١-٣-٢-١- ابار الابحاث الجيولوجية (geological researches wells):

تحفر هذه الابار لدراسة الطبقات الصخرية المتعاقبة في تركيب جيولوجي معين, والحركات التكتونية التي تعرض لها, وامكانية احتوائها على الخامات المعدنية. وعند حفر هذه النوع من الابار تتم دراسة الطبقات المتشكلة للمقطع الجيولوجي بشكل مفصل, وجمع كل ما يمكن الحصول عليه من معلومات عن الطبقات المخترقة, وهذا ما يؤدي الى زيادة زمن حفرها, وبالتالي ارتفاع تكلفتها. عمق هذه الابار يتراوح بين عدة عشرات من الامتار وعدة مئات او الاف الامتار, وتتصف ببرنامجها المكثف والمعقد للابحاث, حيث يتم اخذ عينات من الصخور بشكل مكثف, وعند اكتشاف طبقة منتجة يجري اختبار البئر باستخدام اجهزة خاصة لمعرفة انتاجيتها من النفط والغاز. وفي حال الابار ذات العمق القليل نسبيا والتي تبحث عن الخامات المعدنية القابلة للاستثمار يجري الحفر بشكل تلبيبي من السطح وحتى العمق النهائي للبئر.

١-٣-٢-٢- الابار الاستكشافية (exploration wells):

يجري حفر هذه الابار في المناطق التى تم التاكد من احتوائها على النفط والغاز بكميات اقتصادية. وذلكاعتمادا على معطيات ابار الابحاث الجيولوجية بهدف تحديد ابعاد المكمن افقيا وعموديا, وجمع المعلومات اللازمة لوضع مشروع استثماره. اثناء الحفر الاستكشافي تستمر الابحاث الجيولوجية بالقدر نفسه الذي يبذل عن حفر ابار الابحاث الجيولوجية, وذلك بأخذ عينات اسطوانية عند كل تغير ليتولوجي, كما تؤخذ عينات اسطوانية من كامل المجال المتوقع احتواؤه على المركبات الهيدروكربونية, وتجري اختبارات لهذه المجالات لتحديد مدى اقتصادية استثمارها مع اخذ عينات من محتوياتها.

يتميز هذا النوع من الابار ببرنامجه المكثف, وتعطي الاولوية لجمع اكبر ما يمكن من المعلومات عن الطبقات المشكلة للمجال المنتج, الامر الذي يؤدي الي زيادة زمن حفر هذه الابار, وبالتالي ارتفاع تكاليف انجازها.

١-٣-٢-٣- الابار الانتاجية(production wells) :

تحفر هذه الابار في الحقول المستكشفة بالنوع السابق من الابار, وذلك وفقا لشبكة معينة يتم تحديدها تبعا لخصائص المكمن وابعاده, وذلك بهدف استثمار مخزون المكمن من النفط والغاز. وعند حفر هذه الابار تئخذ العينات الاسطوانية من المجال المنتج فقط, لان نوعية الطبقات الاخرى وخصائصها اصبحت معروفة من خلال حفر الانواعالسابقة من الابار, لذلك فإن كلفة هذه الابار يجب ان تكون قليلة نسبيا بالمقارنة مع الابار الاستكشافية. ولا تقتصر الابار الانتاجية على تلك التي يستخرج منها النفط والغاز فحسب بل تشمل كذلك الابار التي تسمح بالاستثمار الفعال والصحيح للمكمن وهي:

أ- أبار التقييم:

تحفر هذه الابار بهدف تحديد نظام عمل الطبقة, ودرجة جودة القطاعات الرسوبية الحاوية على النفط والغاز, وتدقيق مخطط استثمارها.

ب- أبار الحقن:

تستخدم هذه الابار من اجل حقن الماء او الغاز او الهواء في الطبقة المنتجة من خارج حدود المكمن الى داخله, او من داخل المكمن الى خارجه (حقن مركزي) وذلك بهدف زيادة الضغط الطبقي, او المحافظة عليه عند قيم معينة اثناء الانتاج.

ج- أبار المراقبة:

تحفر هذه الابار لتأمين المراقبة المنتظمة اثناء الانتاج لتغير الضغط الطبقي, ومستويات سطوح التقاء النفط بالماء, والغاز بالماء, والنفط بالغاز.

١-٣-٢-٤- الابار ذات الاهداف الخاصة(wells for special purposes):

تحفر هذه الابار لاغراض مختلفة منها: اجراء اعمال التفجير التي تقتضيها الطرق السيزمية للبحث والاستكشاف, التخلص من المياه المرافقة للنفط بعد فصلها على السطح, وذلك بحقنها في الطبقات غير المنتجة وذات الضغط المنخفض: البحث عن المياه واستثمارها, اعداد التراكيب اللازمة لتخزين الغاز في باطن الارض, القضاء على الاندفاعات التي تحصل اثناء حفر الابار واستثمارها, وذلك عند عدم التمكن من السيطرة عليها.

١-٤- طرق حفر الآبار (Drilling methods):

هنالك وسائل عديدة لحفر الآبار :ميكاميكية ،وحرارية، وكيميائية-فيزيائية، وكهروحرارية... وغيرها.الا ان الوسائل الميكانيكية هي فقط التي لقيت استخداماواسعا,بينما لم تخرج الوسائل الاخرى عن طورالتجريب والأختبار.وتختلف هذه الطرق فيما بينها بطريقة تفتيت الصخورعند القاع ،او بكيفية رفع نواتجالحفرالىالسطح ,اوبالخصائص التركيبية لرؤوس الحفر .تعتمد الطرق الميكانيكية على طاقة المحركات بأنواعهاالمختلفة (بخارية ،ديزل،كهربائية،هيدروليكية ...الخ).وتوجد طرق ميكانيكية عديدة للحفر.منها ماطبقعمليا،ومنهامايزال قيدالدراسة والتقييم ،ومن هذه الطرق نذكر :

١-الحفر الدقي اوالمطرقي (Cable tool drilling) :

تعتبر هذه الطريقة الاولى التي طبقت لاستخراج المياه وكذلك النفط .ومع ان هذه الطريقة لم تعد تستخدم فيالصناعة النفطية ,فاننا سوف نقوم بدراستها كونها مازالت مستخدمة في صناعة الفحم والتعدين,والابحاثالجيولوجيةالهندسية ,وايضاحفرآبارالمياه.

٢-الحفر الدوراني (Rotary drilling) :

هي الطريقة الوحيدة المطبقة حاليا في الصناعة النفطية . وفي هذه الطريقةمن الحفر يتم تحطيمالصخورعلىقاع البئر نتيجة تأثير الحمل على رأس الحفر، ودوران رأس الحفر في الصخر ,وبتأثير دوران رأس الحفر يتمتفتيت الصخور وعزلها.وتوجد الطرق الآتية من الحغر الدوراتي :

آ- الحفر الطاحوني او الرحوي (Rotary drilling) :

وفي هذه الطريقة من الحفر يتم نقل الحركة الدورانية الى رأس الحفر بواسطة طاحونة (رحى)على السطح يدار من قبل محركات خاصة , حيث ان الدوران الطاحون يؤدي الى دوران مجموعة مواسير الحفر المرتبطة معه،وبالتالي دوران رأس الحفر ،حيث تنتهي مجموعة المواسير بهذا الرأس .

ب- الحفر بأستخدام محركات مغمورة :

وهنا توضع محركات فوق رأس الحفر ، تعمل على تدويره بمفرده ، دون دوران مجموعة مواسيرالحفر.وتبعا لنوع هذه المحركات توجد الطرق الآتيةمن الحفر :

- الحفر بأستخدام محركات توربينية (عنفية) (Turbo drilling) حيث تعمل هذه المحركات بطاقة سائل الحفر الذي يضخ من خلال مجموعة مواسير الحفر .

- الحفر بأستخدام محركات كهربائية (Electrical drilling)،حيث تتم تغذية المحرك بالتيار الكهربائي من على السطح .

٣- طرق حفر حديثة (Modern drilling methods) :

وهذه الطريقة ماتزال قيد البحث والتجريب والتقييم ، ولم تدخل مجال التطبيق حتى الوقت الحاضر.

١-٥- دورة الحفر (حلقة الحفر) (Drilling cycle) :

دورة الحفر اوحلقة الحفر هي مجموعة الأعمال المتعاقبة والتي تتكرر عند حفر كل بئر ،بدءا منتحضير السطح الذي سوف يركب عليه جهاز الحفر , وانتهاءبفك جهاز الحفر ونقله الى موقع جديد،وهذه الأعمال هي :

١- الاعمال التمهيدية السطحية:

تنفذ هذه الأعمال بعد توقيع البئر من قبل دائرة الدراسات الأستكشافيةوتتضمن :

أ- شق طريق الى موقع البئر بحيث تكون هذه الطريق سالكة في مختلف الظروف الجوية،لذلكينصح بوضع طبقة من الحصى عليها ورشها بطبقة من الاسفلت .

ب-تسويةسطح الأرض الذي سيركب فوقه جهاز الحفر وملحقاته

تنفذ هذه الأعمال من قبل طاقم متخصص في الأعمال المدنية والأنشائية .

٢- نقل جهاز الحفر وتركيبه:

بعد تهيئة موقع البئر وفق الخطوات المذكورة في المرحلة السابقة ، ينقل جهاز الحفر الى الموقع الجديد،ثم يتم تركيبه ، وفي هذه المرحلة ، واضافة الى تركيب جهاز ،يتم:

أ- وصل جهاز الحفر بالمعدات التابعة له بواسطة الأنابيب (أنابيب سائل الحفر ،أنابيب المياه ،أنابيبالمياه ،أنابيب البخار ،المحروقات).

ب- امدادجهازالحفر بالتيارالكهربائي وايصال التمديدات الكهربائيةالى الأجزاءالمختلفةمن جهازالحفر

ج- امداد جهاز الحفر بوسائل الأتصال السلكية واللاسلكية.

ينصح باجراء صيانة لأجزاءجهاز الحفر في الفترة الفاصلة بين فكه من موقع قديم وتركيبه في الموقع الجديدبحيث لانضطر الى اصلاح بعض المعدات أثناءالعمل ،والتي تؤدي في حال حدوثها الى التوقفعنالعمل لفترات طويلة ، اضافة الى ما يرافق هذه العملية من صعوبات .

تنفذ عمليات فك جهاز الحفر ونقله وتركيبه من قبل طاقم متخصص يسمى طاقم الفك والتركيب ، وتستخدم لذلكمعدات خاصة .

٣- الأعمال التمهيدية للحفر :

وهذه المجموعة من الأعمال تسبق مباشرة عملية الحفر الفعلية تنفذ من قبل طاقم الحفر،وتتضمن :

١- فحص نوعية التركيب الذي أنجز من قبل مجموعة الفك والتركيب ،والتأكد من صلاحية أجزاءالحفرللعمل وجاهزيته .

٢- تحديد ووضع زاوية الميل ، اذا كان الحفر سيتم بشكل مائل .

٣- تركيب منظومة الحبال .

٤- حفر حفرة لماسورة الاضافة ،وحفر بيت القلم وتغليفه (وهي حفرة قريبة من فوهة البئر ،تميل بزاوية معينة ، ينزل فيها قلم الحفر أثناء الرفع ولانزال وايضا أثناء اضافةماسورةحفرجديدة).

٥- وصل الخرطوم المرن الى كل الرأس الهيدروليكي والأنبوب القائم.

٦- تعليق المفاتيح على برج الحفر وتركيبها.

٧- التأكد من أفقية الطاحون .

٨- تركيب أجهزة تحضير وصيانة وتنظيف سائل الحفر .

٩- حفر المرحلة الدليلية من البئر (وهي حفرة بعمق ٢-١٠ متر وبقطر ١متر)ثم تغلف وتسمنت جيدا.

٤- عمليات الحفر الفعلية :

وتشمل مجموعة العمليات التي تتكرر عند استخدام أي رأس حفر جديد، وذلك على النحو التالي:يربط رأس الحفر مع أول عمود حفروينزل في البئر ، ثم تربط باقي أعمدة الحفر،يليها ربط مواسيرالحفرحتى اقتراب وصول رأس الحفر الى القاع ، بعد ذلك يركب قلم الحفروتبدأعملية الحفر بتشغيلمضخات سائل الحفر وتدويرالطاحون مع التحميل على رأس الحفر بجزء من وزن أعمدة الحفر،ويستمر الحفر حتى الأستهلاك الكامل لرأس الحفر ،حيث ترفع مجموعة المواسير الى السطح لاستبدال رأس الحفر المستهلك بآخر جديد . تتكرر هذه العملية حتى الوصول الى العمق النهائي للبئر.

٥- عمليات التدعيم والعزل :

وتتضمن انزال مواسير التغليف لتدعيم جدران البئر وحمايتها من الانهيار،ثم ضخ السائل الاسمنتي لملئالفراغ الحلقي خارج المواسير بالاسمنت ، وذلك بهدف زيادة مقاومة مواسير التغليف ، وعزل الطبقاتالمخترقة بعضها عن بعض ،لمنع انتقال الموائع من طبقة لاخرى . وتتم هذه العمليات بشكل دوري،اي عندالانتهاء من حفر كل مرحلةمن مراحل البئر .تنفذعمليات التغليف من قبل طاقم الحفر،بينما تنفذالعملياتالاسمنتيةمن قبل طاقم متخصص ،وذلك بمساعدة طاقم الحفر.ويتم انجاز التغليف والسمنتة وفق برنامج يوضع منقبل مهندس الدراسات قبل البدء بالحفر . ويطلق عليه اسم برنامج بناء البئر ،ويوضع بناءعلى المعطيات الجيولوجية والجيوفيزيائية المتوفرةعن الطبقات التي سوف تخترق .

٦-القياسات الجيوفيزيائية :

تنفذ هذه العملية داخل البئر اثناء الحفر او قبل تغليف البئروذلك بهدف تحديد قطر البئروتغيراتهوتحديدقطر البئر وتغيراته وتحديد مناطق الميل،وزوايا الميل والاتجاه،وتحديد نوعية الصخورالمخترقةودراسة خواصها الفيزيائية (نفوذية ،مسامية ، درجة التشبع بكل من الماء والنفطوالغاز), وتحديد مستوى التقاء النفط بالماء, او النفط بالغاز, او الغاز بالماء . تنفذ هذه العمليات من قبل طاقم متخصص وباستخدام معدات خاصة.

٧- اختبار الطبقة المنتجة ووضع البئر في الانتاج:

وتشكل هذه العمليات المرحلة النهائية من عمل مجموعة الحفر (وتقوم احيانا مجموعة الانتاج), حيث يجري اختبار الطبقة المنتجة قبل التغليف, او بعد التدعيم والعزل (وهنا يجب تثقيب المجال المنتج), وذلك بتعريض الطبقة المنتجة لضغط اقل من ضغطها حتى تبدأ الموائع الطبقية بالتدفق.

٨- اعمال مختلفة:

وتجري خلال اي مرحلة من المراحل السابقة, وتتضمن:

أ- اخذ العينات اسطوانية من الطبقات بهدف الحصول على المعلومات الضرورية عن الطبقات الجيولوجية. ب- تحضير سائل الحفر ومعالجته واصلاح خواصه ليناسب شروط الحفر في طبقات معينة.
ج- اصلاح الاعطال التي يتعرض لها جهاز الحفر.
د- معالجة الصعوبات والمشاكل التي تحصل اثناء الحفر (عمليات الاصطياد, معالجة التهريب, معالجة الاندفاعات, معالجة الاستعصاء وتهدم جدران البئر .... إلخ).

٩- فك جهاز الحفر ونقله الى موقع جديد:

وتتم هذه العملية بعد الانتهاء من جميع المراحل السابقة من دورة الحفر. وتنفذ هذه العملية من قبل مجموعة الفك والتركيب, وباستخدام معدات نقل خاصة.

وتشير المعطيات الحقلية الى ان عملية الحفر الفعلية (وفق التقنيات المستخدمة حاليا) لا تشكل سوى ٤٥% من الزمن الكلي لانجاز البئر, بينما تستغرق بقية المراحل ٥٥% من الزمن الكلي, تتوزع على عمليات الرفع والانزال, والتدعيم والعزل, والقياسات الجيوفيزيائية البئرية, وحل المشاكل, (الجدول١-١) , وبالتالي فانه من الضروري العمل على زيادة الزمن المنتج للحفر (زمن الحفر الفعلي) , وهذا يشغل اذهان العلماء والباحثين في هذا المجال.

وتبذل في الوقت الحاضر جهود كبيرة من قبل الباحثين للعمل على زيادة زمن الحفر الفعلي الى ٧٠% من الزمن الكلي لانجاز البئر, وذلك عن طريق تقليل زمن الفك والتركيب وعمليات الاصطياد وحل المشاكل التي تحدث اثناء الحفر, وايضا زمن القياسات الجيوفيزيائية البئرية, الا ان الاهتمام الاكبر هو في تقليل زمن الرفع والانزال الذي يستهلك حاليا ٢٠% من زمن الحفر, ويجري العمل لتخفيضه الى حوالي ٥% , كما يجري العمل لتخفيض زمن القياسات الجيوفيزيائية البئرية وحل المشاكل على البئر, وذلك عن طريق:

١- اتمتة عمليات الرفع والانزال واعتماد الطاقة الميكانيكية فيها بدلا من الطاقة البشرية.

٢- تحسين معدات الرفع والانزال وتطويرها, وجعلها اكثر سهولة في الاستعمال.

٣- صنع رؤوس حفر قادرة على العمل لفترة طويلة, وذلك عن طريق استخدام خلائط معدنية ذات مقاومية كبيرة في صنع هذه الرؤوس, او اسنانها على الاقل, وهذا ما يؤدي الى تقليل عدد عمليات الرفع والانزال.

هذه الاجراءات سوف تؤدي الى الزيادة المستمرة لزمن الحفر الفعلي بالنسبة الى الزمن الكلي لانجاز البئر, الامر الذي سوف يؤدي بدوره الى التقليل من الكلفة الاجمالية لحفر البئر.

العملية	الحفر الفعلي	رفع وانزال	تدعيم وعزل	قياسات جيوفيزيائية	اعمال مختلفة
الزمن الحالي	٤٥%	٢٠%	٥%	١٥%	١٥%
الزمن المتوقع مستقبلا	٧٠%	٥%	٥%	١٠%	١٠%

الجدول(١-١): توزيع الزمن خلال عملية انجاز البئر.

الفصل الثاني

وحدة الحفر ومكوناتها

Drilling unit and it’s components

٣-١- آلية عملية الحفر الدوراني :

تتكون عملية الحفر الدوراني للبئر من عمليات دورية (دورات) تتابع وفق نسق ثابت ومحدد تتكرر حتى الانتهاء من عملية الحفر بكامله :

١- إنزال عمود المواسير ، المثبت بأسفله الدقاق ، إلى قعر البئر (أو عند نقطة الحفر في بدايته)
٢- تدوير الدقاق لتفتيت التربة (عملية الحفر ذاتها) وتغلفه في جوف الأرض مع عملية الدوران السائل لرفع الفتات المحفور .
٣- زيادة طول عامود المواسير عند التغلغل في الحفر بإضافة قطع جديدة له .
٤- رفع عامود المواسير عند استهلاك الدقاق لاستبداله مع عمليات غسل البئر .
٥- إنزال مواسير التغليف عند الانتهاء من حفر كل مرحلة من هيكلية البئر والقيام بعمليات السمنتة لتثبيتها مع جدران البئر .

ترافق هذه الدورات عمليات مساعدة أو طارئة نذكر منها :

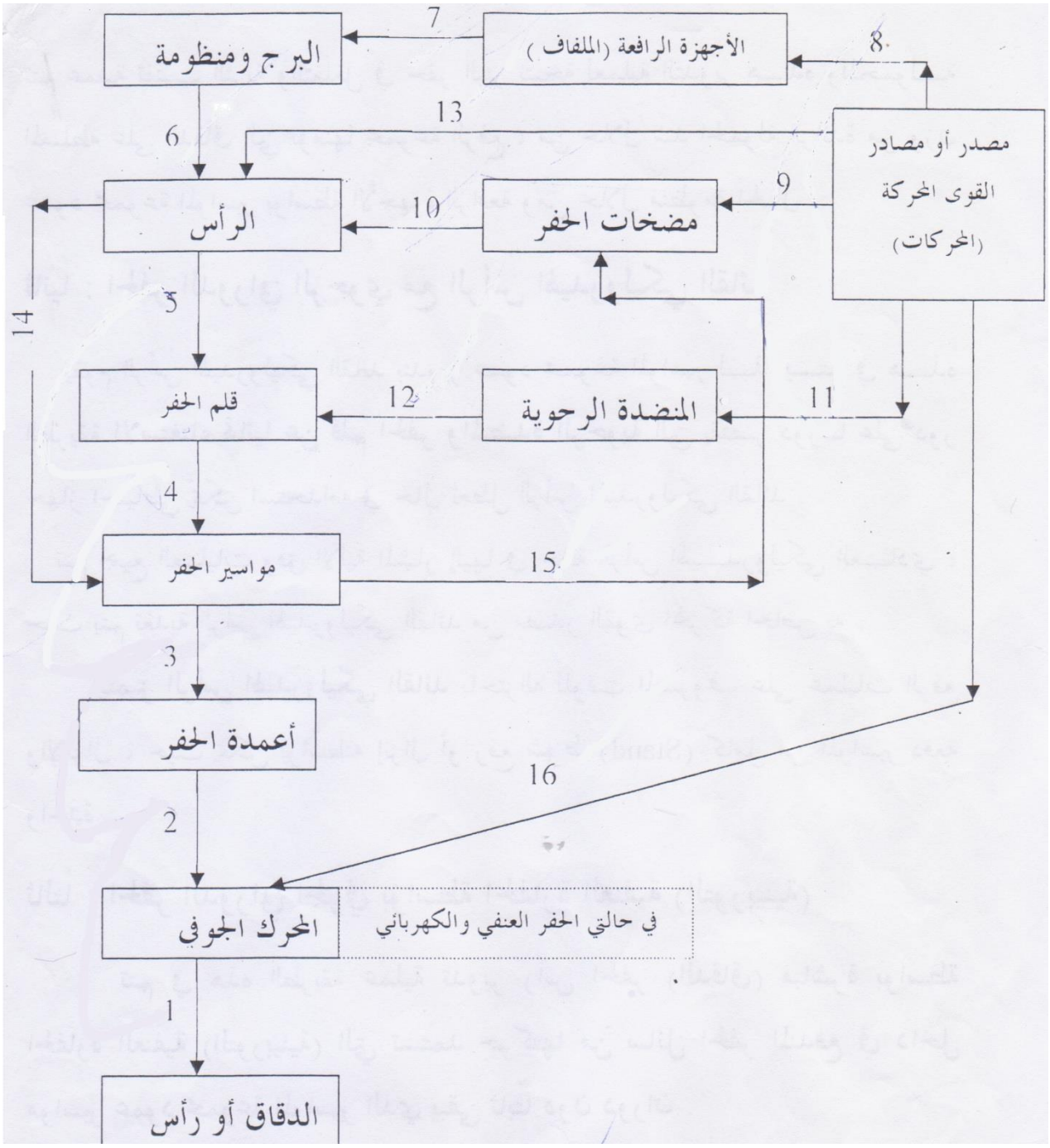
١- تنظيف وتحضير سائل الحفر ومعالجة خواصه حسب متطلبات الحفر
٢- معالجة المشاكل والمضاعفات الحاصلة خلال عملية الحفر سواء على سطح الأرض أم جوف البئر والتخلص منها .

في ضوء ذلك ، يتضح لنا أن عملية حفر البئر تمثل مجموعة من العمليات المتشعبة والمتباينة في طبيعتها ومواصفاتها وطرق تنفيذها لكننا وعلى الرغم من ذلك ، يمكن أن نحضرها بثلاثة محاور أساسية :

١- عملية الحفر والتغلغل في جوف الأرض حتى العمق المحدد
٢- عملية تنظيف قعر البئر وجوفها من فات التربة المحفورة ورفعه وإخراجه إلى سطح الأرض
٣- عمليات الرفع والإنزال المرافقة لعمليات حفر التربة والضرورية لاستمرارية عملية الحفر حتى العمق المطلوب

٣-٢- المخطط العام (الأساسي) لوحدة الحفر :

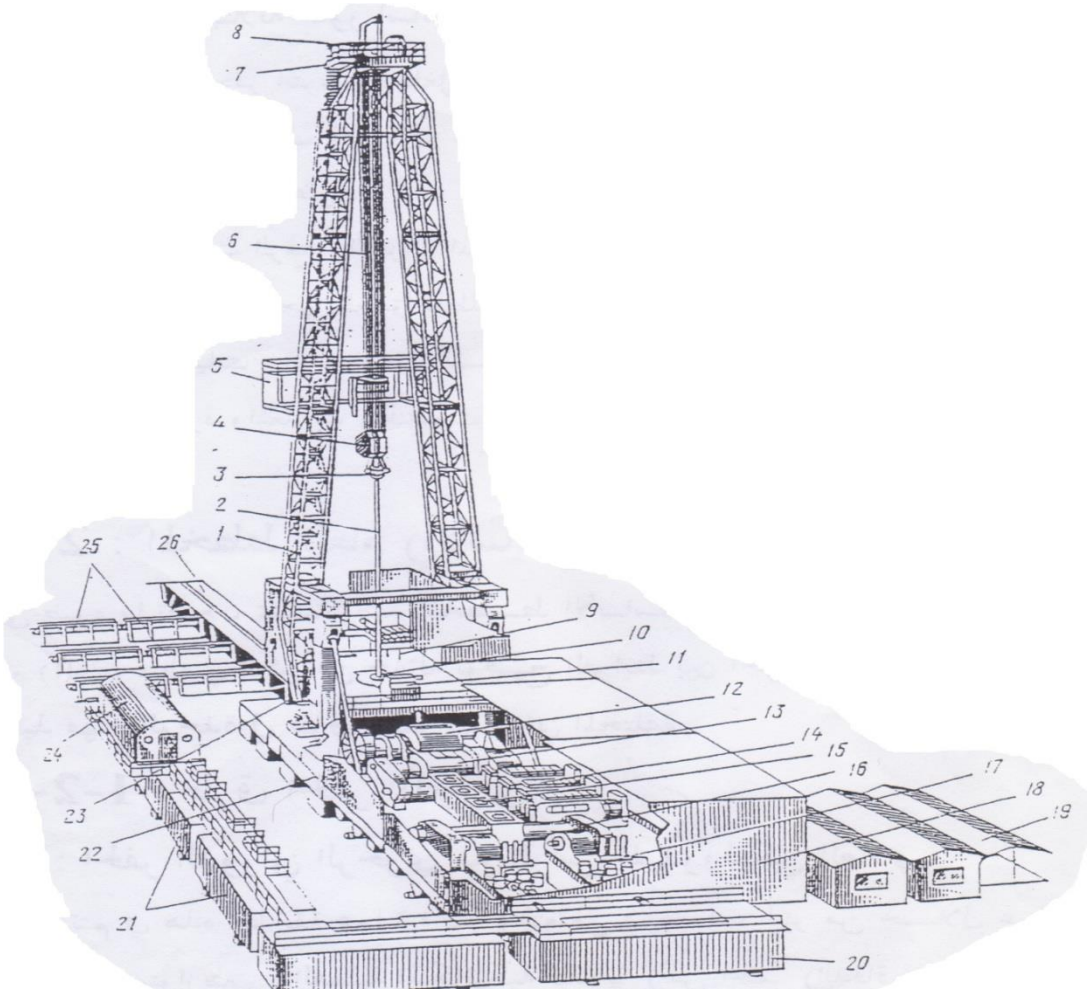
على ضوء ما تقدم ، يمكننا وضع المخطط الأساسي لوحدة الحفر الذي يمكن من خلاله توضيح الترابط بين أجزاء وحدة الحفر وعملها لتنفيذ مهام الوحدة في طرق الحفر الدوراني المختلفة كما موضح في الشكل(٣-١) حيث يبين الأجزاء والمعدات التي تربط بين أجزاء هذه الوحدة, مثال (بين مصادر الطاقة والأجهزة الرافعة وبينها وبين البرج ومنظومته ومنهما الى الرأس الهيدروليكي ثم الى قلم الحفر والمواسير والأعمدة من ثم الى رأس الحفر).



الشكل(٣-١): المخطط العام الأساسي لوحدة الحفر الدوراني.

١,٢,٣,٤,٥:اقفال (وصلات توصيل) ٦:الخطاف. ٧:النهاية المتحركة لحبل الحفر. ٨,٩,١١:اجهزة نقل الحركة. ١٠:خط الضخ والقائم وخرطوم سائل الحفر. ١٢:لقمة المنضدة الرحوية. ١٣:توصيلات الطاقة لتشغيل الرأس الهيدروليكي القائد. ١٤:التوصيل المباشر لعمود المواسير مع الرأس الهيدروليكي القائد. ١٥:معدات تنظيف سائل الحفر ومعالجته بعد خروجه من البئر وخزانات الترسيب والمعالجة وخط السحب. ١٦:الكبل الكهربائي لتشغيل المحرك الجوفي الكهربائي.

كما ذكرنا أن عملية حفر البئر تمثل مجموعة من العمليات المتشعبة والمتباينة في طبيعتها ومواصفاتها وطرق تنفيذها حيث تنفذ هذه العمليات والعمليات المساعدة الأخرى المرافقة لها بواسطة مجموعة كبيرة من الأجهزة والمعدات المختلفة التي تضمها وحدة الحفر. الشكل (٣-٢)



شكل (٣-٢):الأجهزة والمعدات المختلفة التي تضمها وحدة الحفر.

١- قائم البرج. ٢- قلم الحفر. ٣- الرأس الهيدروليكي. ٤- مجموعة البكرات المتحركة. ٥- منصة عامل البرج. ٦- حبل الحفر. ٧- قاعدة البرج العليا (قاعدة مجموعة البكرات الثابتة). ٨- مجموعة البكرات الثابتة (التاجية). ٩- قاعدة المخزن مجموعة مواسير الحفر. ١٠- المنضدة الرحوية. ١١- الأجهزة الرافعة المساعدة. ١٢- الأجهزة الرافعة الرئيسية. ١٣- علبة سرع الأجهزة الرافعة ١٤- المحركات (الديزل). ١٥- علبة توحيد حركة واستطاعة المحركات. ١٦- مضخات الحفر. ١٧- محولات حزامية لنقل الحركة إلى مضخات الحفر. ١٨- واقية مجموعتي التشغيل والمضخات.١٩- المنشأة السكنية والإدارية للطاقم. ٢٠- الخزانات الرئيسية لسائل الحفر (الطفلة).٢١- خزانات الترسيب والمعالجة لسائل الحفر. ٢٢- قاعدة أجهزة التشغيل والأجهزة الرافعة الرئيسية. ٢٣- قاعدة المنضدة الرحوية (أرضية البرج الرئيسية). ٢٤- مجموعة تنظيف ومعالجة سائل الحفر. ٢٥- قواعد جسور ومواسير الحفر والتغليف. ٢٦- ممرات التنقل لسائل الحفر (الطفلة).

٣-٣- مكونات وحدة الحفر الدوراني :

لتنفيذ العمليات والمهمات الموكلة للوحدة ، تضم وحدة الحفر مجموعة من الأجهزة والمعدات التي يمكن تصنيفها إلى :

٣-٣-١- مجموعة القوى المحركة :

تتكون هذه المجموعة من أجهزة القوى المحركة المتمثلة في المحركات التي تزود الأجهزة المنفذة بالاستطاعات والسرع المطلوبة ، والأجهزة الناقلة للحركة والمنظمة للسرع والمعزوم الدورانية المطلوبة .

يستخدم في وحدات الحفر المحركات التالية :

١- المحركات البخارية
٢- محركات الاحتراق الداخلية (الديزل)
٣- المحركات الكهربائية
٤- المحركات العنفية

تعتبر المحركات البخارية من أوائل المحرمات المستخدمة في وحدات الحفر ونظراً لحاجاتها لأجهزة توليد البخار كالمراجل البخارية وخزانات المياه وأجهزة أخرى ذات كلفة عالية ومردود قليل نسبياً إضافة إلى أنها تحتل مع أجهزتها المساعدة مساحات كبيرة من موقع العمل لذلك فقد تم الاستغناء عن هذه المحركات كلياً .

عند توفر الطاقة الكهربائية ورخص ثمنها ، تستخدم المحركات الكهربائية كمصدر للقوى المحركة وتشغيل الأجهزة المنفذة .

كما تستخدم بشكل واسع أيضاً وبشكل خاص في وحدات الحفر الثقيلة ، محركات الاحتراق الداخلي (الديزل) لمواصفاتها ولمميزاتها الواسعة ولتوفر وقودها ورخص ثمنه.

أما أجهزة نقل الحركة فتشمل :

١- قارنات الحركة المختلفة
٢- محولات العزوم
٣- علب السرع بأنواعها المختلفة

٣-٣-٢- مجموعة الحفر الميكانيكية :

تشمل هذه المجموعة :

١- المنضدة الرحوية : التي تقوم بتدوير الدقاق من خلال تدوير عمود المواسير (في حالة الحفر الرحوي) يجب أن تؤمن في وقت واحد ، الحركة الدورانية والانزلاق الشاقولي لعمود المواسير خلال عملية الحفر والتغلغل في جوف الأرض .
تستخدم المنضدة الرحوية ، في عمليات الرفع والإنزال وعند زيادة طول العمود المواسير خلال عملية الحفر كجهاز إسناد لعمود المواسير الموجود في جوف البئر وجهاز تدوير لفك أو ربط قطع المواسير المرفوعة من البئر أو المنزلة فيه .

٢-الرأس الهيدروليكي القائد : وهو من التقنيات الحديثة المستخدمة في وحدات الحفر ويمثل مجموعة متكاملة تقوم بعملية تدويرلمجموعة المواسير مباشرة من خلال مواسير الحفر ذاتها من دون الحاجة إلى المنضدة الرحوية وقلم الحفر مع إمكانية تقليل فترة عملية الحفر باستخدام شوط (Stand) كامل من مواسير الحفر.ويعمل اما بالطاقة الهيدروليكية او الكهربائية, وبعمل كحلقة وصل لعبور سائل الحفر من خلاله. وقد ادى استخدامه إلى تراجع دور المنضدة الرحوية إلى جهاز احتياطي مساعد يقوم بالأعمال الثانوية خلال عمليات الرفع والإنزال وانتفى دور قلم الحفر في هذه الوحدات.

٣-٣-٣- مجموعة الحفر الهيدروليكية :

تضم هذه المجموعة الأجهزة والمعدات والمنشأة الخاصة لتنفيذ عمليات إعداد وتحضير وضخ وتنظيف سائل الحفر المستخدم لنقل الفتات المحفور إلى السطح الأرض ومعادلة الضغوط الجوفية ، وتبريد الدقاق مثل :

١- معدات تحضير سائل الحفر : تتكون من الخلاطات المصفية (الفلترات) وخزانات السائل الاعتيادية والطارئة التي تؤمن له الكمية والنوعية المطلوبتين خلال عملية الحفر في ظرفيها الطارئ والاعتيادي ومستودعات ومكونات صلبة ومواد المعاملة الكيميائية والفيزيائية له .
٢- مضخات الحفر المكبسية : تقوم بمهمات ضخ سائل الحفر وتأمين عملية دورانه (سطح الأرض ، داخل مواسير الحفر ، قعر البئر ، التجويف الحلقي ، سطح الأرض) بالغزارات والضغوط المطلوبة وفق نظام الحفر المعدني .

تتكون مضخة الحفر المكبسية من قسمين :

- قسم ميكانيكي ، ينقل الحركة من مجموعة التشغيل إلى مكابس المضخة .
- قسم هيدروليكي ويقوم بعملية سحب السائل الحفر من الخزانات وضخه في خط الضخ نحو البئر بالضغط والغزارة المطلوبين .

٣- منظومة تنظيف سائل الحفر : تقوم هذه الأجهزة بتنظيف سائل الحفر من فتات الصخور ومن الشوائب

تشمل منظمة تنظيف السائل سائل الحفر على :

- جهاز فصل الفتات والشوائب الاهتزازي .
- خزانات الترسيب .
- أجهزة فصل الرمل وفصل الغاز .
- أجهزة قياس الخواص الفيزيائية والميكانيكية .

تربط معدات مجموعة الحفر الهيدروليكية شبكة من الأنابيب ، وتتصل نهاية خط الضخ discharge (line) بالأنبوب القائم (stand pipe) وبخرطوم مطاطي (drilling hose) يسهل الحركة الشاقولية لعمود مجموعة مواسير الحفر .

٤- الرأس الهيدروليكي : يعد جزءً رئيسياً مشتركاً بين مجموعتي الحفر الميكانيكية والهيدروليكية ، إذ :

- يشكل حلقة وصل بين الأجزاء المتحركة (في المجموعة الميكانيكية) والأجزاء الثابتة (خط الضخ في المجموعة الهيدروليكية)

- يحافظ على ضغط السائل المندفع إلى جوف عامود المواسير .
- يوفق بين الحركة الشاقولية لمجموعة الرفع والحركة الدورانية لعمود المواسير خلال عملية الحفر .

٣-٣-٤- مجموعة الرفع :

تشمل هذه المجموعة الأجهزة والمعدات المنفذة لعمليات :

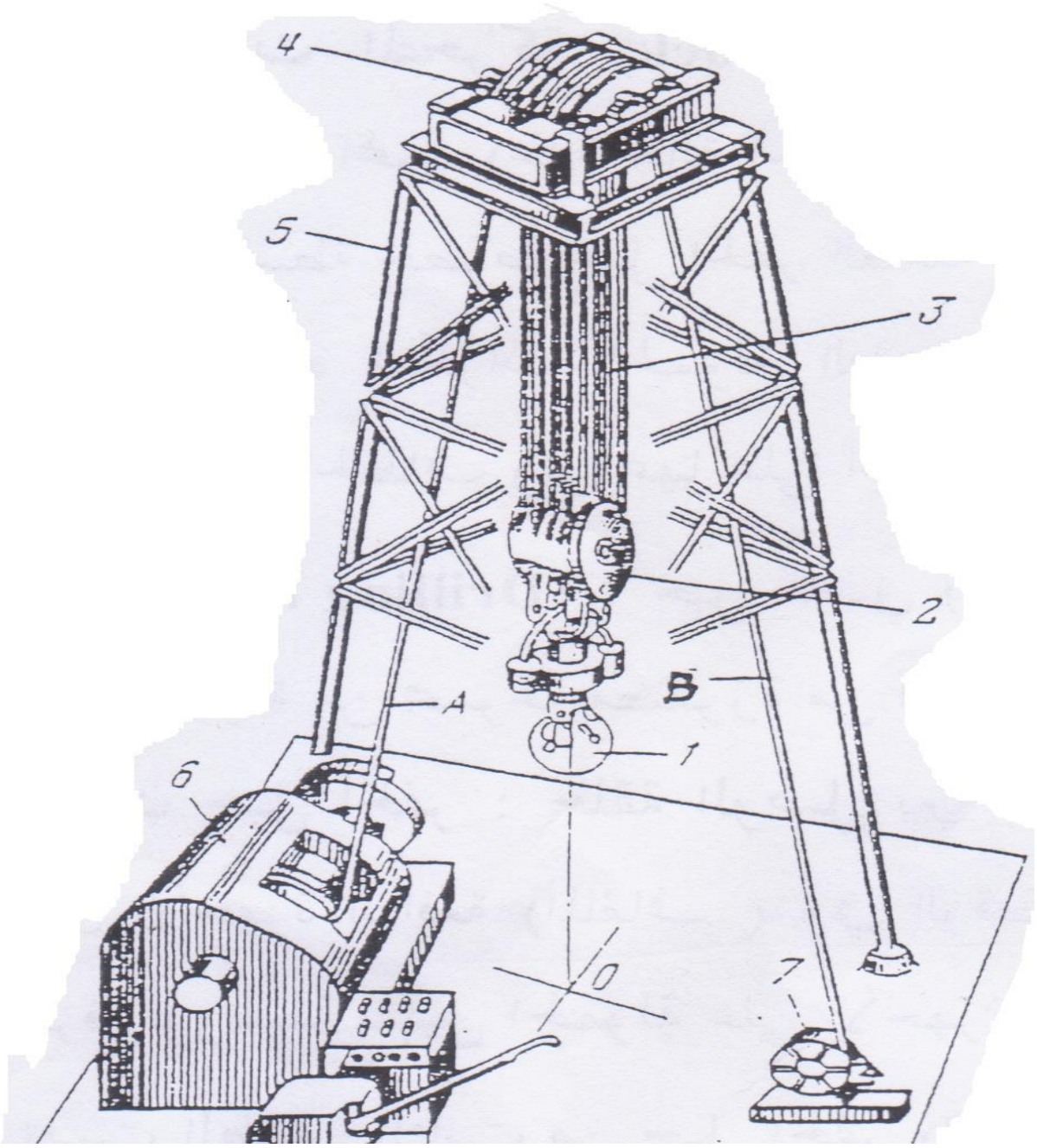
١- رفع وإنزال عمود المواسير الحفر والدقاق خلال عمليات استبدال الدقاق المستهلك بأخر جديد .
٢- إطالة عمود المواسير عند الحفر .
٣- الرفع النهائي لعمود المواسير عند الانتهاء من حفر البئر .
٤- عمليات إنزال مواسير التغليف خلال عمليات تغليف المراحل المنجزة من عملية حفر البئر .

تشمل هذه المجموعة الأجهزة والمعدات التالية كما في الشكل (٣-٣):

١- الخطاف .
٢- مجموعة البكرات المتحركة .
٣- الخطوط العملة لحبل الحفر .
٤- مجموعة البكرات الثابتة .
٥- البرج .
٦- الأجهزة الرافعة .
٧- جهاز تثبيت الطرف الثابت للحبل .

A, B: الطرفان الثابت والمتحرك للحبل.

O: مركز البئر



الشكل (٣-٣): مخطط لمجموعة الرفع

١- **الأجهزة الرافعة (الملفاف)** : وهو الجهاز الرئيسي في المجموعة (٦) . يختلف في تصميمها حسب نوع الوحدة ومهامها حيث يمكن أن تكون بمحور واحد أو محورين أو ثلاثة ، وبأسطوانة رئيسية واحدة أو بأسطوانتين رئيسية ومساعدة . الاتجاه الشائع في التصاميم الحديثة هو اختصار عدد محاورها والاقتصار على المحور الرفع أو محورين مع تزويدها بعلبة تغيير السرع الخاصة بها

٢- **منظومة الحبال (مجموعة تخفيف الحمولة)** : تشمل هذه المجموعة الأشياء التالية :

أ- مجموعة البكرات التاجية (الثابتة) : وهي مجموعة من البكرات (٤) تثبت على القاعدة العليا للبرج .

ب- مجموعة البكرات المتحركة : وهي مجموعة من البكرات (٢) أحادية المحور عدا حالة استخدام جهاز البرج الآلي فتكون ثنائية المحور معلقة بواسطة الحبل الحفر العاملة . تتحمل هذه البكرات الحمولة

الناتجة عن وزن عمود المواسير أو التغليف المعلقة على الخطاف وتوزعها على الخطوط العملة لحبل الحفر .

ت- حبل الحفر : حبل معدني (٣) يتكون من مجموعة مضفورة من الضفائر المتكونة من مجموعة مضفور من الأسلاك المعدنية .

يتكون حبل الحفر : حلقة الوصل بين أجزاء المنظومة الحبال الأخرى وبينها وبين الأجهزة الرافعة (الملفاف) وفي الوقت نفسه وسيلة التحريك في مجموعة الرفع ووسيلة تقليل الحمولة على الأجهزة الرافعة .

ث- جهاز تثبيت الطرف الثابت من حبل الحبل (٧)

ج- الخطاف : يكون إما جهازاً مستقلاً بذاته (١) أو جزءً من وحدة متكاملة مع مجموعة البكرات المتحركة .

مهمته تعليق الرأس الهيدروليكي خلال عملية الحفر وتعليق لاقطة المواسير خلال عمليات الرفع والإنزال .

ح- برج الحفر : يتكون من هيكل معدني ذي أربع قوائم (٥) أو ثنائي القوائم يسمى (صارية الحفر) .

مهمته : تحمل وزن عمود مواسير الحفر والتغليف وإسناد مجموعة الرفع من خلال تثبيت مجموعة البكرات التاجية الثابتة على قاعدته العليا والأجهزة الرافعة على قاعدته السفلى (أرضية البرج) .

إسناد وتخزين مواسير الحفر المرفوعة من البئر خلال عمليات الرفع والإنزال في فترة حفر البئر .

٣-٣-٥- أجهزة التحكم والسيطرة : وتشمل هذه الأجهزة المنظومات الهوائية والهيدروليكية وأجهزة التحكم عن بعد لتشغيل وإيقاف ومراقبة سير عملية الحفر وعمليات الرفع والإنزال وبقية العمليات الجارية في موقع العمل ، والمحافظة على سلامة العاملين في الموقع واستباق الأعطال والمشاكل وتلافيها من هذه الأجهزة :

١- أجهزة التحكم والسيطرة عن بعد ، يعمل أجهزة ومعدات وحدة الحفر المختلفة .
٢- أجهزة تنظيم دفع الدقاق .
٣- أجهزة ومعدات إحكام فوهة البئر .
٤- أجهزة قياس وتسجيل الحمولات المؤثرة في البرج والدقاق وقياس ضغوطات المضخات .

٣-٣-٦- مجموعة الأجهزة والمعدات المساعدة :

تشمل هذه المجموعة أجهزة ومعدات متباينة ، تقوم بالأعمال المساعدة وبعض الأعمال الجانبية والعرضية خلال عملية الحفر وعمليات الرفع والإنزال وتركيب وتفكيك وحدة الحفر وإعداد الموقع وتهيئة لعمليات الحفر ، مثل :

- مفاتيح المواسير اليدوية والميكانيكية والهيدروليكية .
- رافعات المواسير وماسكاتها في المنضدة الرحوية .
- ضاغطات الهواء وغيرها .

الفصل الثالث

أسس اختيار وحدة الحفر

Fundamentals of choosing a drilling unit

يستند اختيار وحدة الحفر معينة إلى إمكانيها في تنفيذ المهام التالية :

١- الإنتاجية العالية لعمليات الحفر مع تأمين الفعالية الاقتصادية .
٢- إمكانية استخدام طرق الحفر المتطورة والأنظمة التكنولوجية الملائمة .
٣- سهولة الاستخدام والخدمات خلال عمليات الحفر والعمليات المساعدة .
٤- مكننة العمليات الكبيرة .
٥- تأمين أقصى معامل مردود مفيد لأجهزة الوحدة بكاملها .
٦- سهولة النقل والتركيب والتفكيك .
٧- المتانة والوثوق التقني لقطع أجزاء وحدة الحفر .
٨- سهولة إصلاح الأجزاء سريعة الاستهلاك واستبدالها مع أدنى ما يمكن من الاستهلاك المعدني .
٩- التوفيق بين متطلبات التنظيم التكنولوجي وتسهيل ظروف العمل وبين المتطلبات الأمن الصناعي .
١٠- ضرورة توفر مستلزمات إمكانية التطوير اللاحق لمواصفات وتصميم الوحدة عند ظهور مجموعات تصميمه جديدة (أجزاء القوى المحركة ، الأجزاء لمنفذه ، وسائل المكننة أجهزة التحكم والسيطرة ..... وغيرها) بما يؤمن استخدام هذه المجموعات بدلاً من المجموعات القديمة .

٤-١- العوامل المؤثرة في إنتاجية وحدة الحفر :

تؤثر في إنتاجية وحدة الحفر وفعاليتها عوامل عديدة ، منها :

أولاً – العوامل التقنية (التصميمية) : تشمل هذه العوامل مواصفات تصميم معدات وأجهزة وحدة الحفر ، وصلابتها ومتانتها ، وطرق تنفيذ عمليات الرفع والإنزال وأجهزتها المنفذة . من هذه العوامل :

١- مطابقة أو ملاءمة دفع مضخات الحفر وضغطها لمتطلبات تكنولوجيا الحفر .
٢- مطابقة أو ملاءمة مواصفات مواسير الحفر وأعمدتها لنظم الحفر المستخدمة .
٣- إمكانية تحقق سرع الدوران الضرورية لمجموعة عمود المواسير والحمولة المطلوبة على الدقاق .
٤- استخدام الأتمتة لوسائل التحكم بتكنولوجيا الحفر وتنظيم أعمال الحفر .
٥- مطابقة أو ملاءمة مواصفات مجموعة الرفع وسرعها لتحقيق متطلبات إنزال ورفع مجموعة عمود المواسير وإنزال مواسير التغليف بأقل وقت ممكن .

ثانياً – العوامل الجيولوجية :

تشمل طبيعة الصخور في المقطع الجيولوجي لمنطقة الحفر وخواصها الميكانيكية من صلابتها ومطاوعتها للحفر وما يترتب عليها من استقرارية جدران البئر واحتمالات تغير اتجاه البئر .

ثالثاً – العوامل التكنولوجية : تشمل :

- عمق البئر التصميمي .
- طرق الحفر (رحوي أو عنفي أو كهربائي) .
- نوع الدقاق المستخدم لتفتيت التربة .
- مؤشرات نظام الحفر .
- مواصفات سائل الحفر وطريقة تنظيف البئر .

رابعاً – العوامل الإدارية : تشمل :

- تأمين طرق ووسائل عمليات النقل والتركيب والتفكيك .
- تأمين مصادر الطاقة ومواد العمل والمياه .
- تنظيم الخدمات وإصلاح المعدات وتأمين الورشات لذلك .

٤-٢- المبادئ العامة لاختيار مواصفات وحدة الحفر وأجزائها :

بدرجة أساسية ، يعتمد الحصول على أقصى سرعة فعالة للتغلغل في حفر البئر على التوفيق الجيد بين متطلبات عملية الحفر ومواصفات وحدة الحفر ، ومتطلبات نظام الحفر المرتبطة بالخواص الفيزيوميكانيكية للتربة المحفورة ، التي تتباين بدورها في حدود واسعة .

من أجل تحديد المواصفات المطلوبة لوحدة الحفر ودراستها ، ومن حيث تحديد المؤشرات التصميمية لوحدة الحفر وأجزائها وحساباتها لا بد من دراسة طبيعة عمل الوحدة خلال عملية الحفر التي تتكون ، من مجموعة عمليات تمثل كل منها دورة عمل دقاق واحد .

لذلك تكفي دراسة دورة نموذجية لعمل دقاق في موضع من عملية الحفر .

يمكن تقسيم دورة دقاق واحد إلى ثلاث مراحل رئيسية :

- **المرحلة الأولى** : إنزال الدقاق الجديد إلى قعر البئر .
- **المرحلة الثانية** : عملية الحفر والعمليات المرافقة لها .
- **المرحلة الثالثة** : إخراج الدقاق المستهلك من البئر .

• **طبيعة التحميل** : يمكن تحليل طبيعة التحميل على الأجهزة المنفذة (مجموعة الرفع والمنضدة الرحوية ومضخات الحفر) من الدراسة أعلاه كالآتي :

١- <u>تحميل مجموعة الرفع</u> : تخضع مجموعة الرفع والبرج لـ :

١) حمولات متغيرة خلال إنزال مواسير الحفر تتغير بصورة مستمرة من أقل قيمة متمثلة وزن الأجزاء المتحركة من منظومة الحبال إلى أقصى قيمة متمثلة بوزن عمود المواسير الذي يبلغ طوله عمق المرحلة المعينة أو عمق البئر النهائي عند الانتهاء من الحفر .

٢) حمولة شبه ثابتة على الخطاف خلال عملية الحفر ، بقيمة تقل القيمة القصوى بمقدار الحمولة المطبقة على الدقاق .

٣) التذبذب الأقصى في مجرى عملية الحفر خلال عمليات زيادة طول عمود المواسير .

٤) حمولة متناقصة بعد الانتهاء من عملية الحفر تبدأ من القيمة القصوى حتى أقل قيمة لها خلال عمليات رفع عمود المواسير .

مقدار الحمولة على الخطاف ومقدار التغير فيها أكبر بكثير خلال عمليات التغليف ، سواء في كل مرحلة من مراحل البئر التصميمية أو عند الانتهاء منه .

يسمى نظام عمل مجموعة الرفع والبرج ، وفق طبيعة التحميل المذكورة أعلاه ، بنظام اعمل أو التحميل المتكرر .

٢- تحميل المنضدة الرحوية : في المرحلتين الأولى والثالثة : خلال عمليات الإنزال والرفع ، تخضع المنضدة الرحوية لحمولات مستقرة تتغير بقيم متساوية :

- متصاعدة دورياً (في المرحلة الأولى) .
- متناقصة دورياً (في المرحلة الثالثة) .

يتخللها تحميل جزئي لعمليات شد المقاطع المنزلة (المرحلة الأولى) وفك المقاطع المستخرجة (المرحلة الثالثة) .

في المرحلة الثانية من الدورة المنضدة الرحوية تحت التحميل المستمر خلال كل عملية حفر من عمليات المرحلة الثانية (الحفر لمسافة ماسورة حفر واحدة) .

لذلك ، يتم عمل (تحميل) المنضدة الرحوية وفق نظامين :

- الأولى : نظام العمل المتكرر (في المرحلتين الأولى والثالثة) .
- الثاني : نظام العمل المستمر (في المرحلة الثانية) .
- ثالثاً : تحميل مضخات الحفر .

خلال دورة عمل دقاق واحد ، ينحصر عمل المضخات الحفر ضمن عمليات المرحلة الثانية .

تعمل المضخات تحت التحميل في عمليات غسل البئر وخلال عمليات الحفر ذاتها تختلف قدرات استمرارية عمل المضخات حسب طبيعة وظروف نظام الحفر والعمليات المنفذة لذلك يكون عمل المضخات وفق نظام العمل المستمر فقط .

٤-٣- مؤشرات وحدة الحفر :

- يتطلب تصميم أو اختيار وحدة الحفر معرفة العوامل والمؤشرات التي تحقق الغاية المطلوبة من عمل هذه الوحدة أو تلك . وتحدد هذه المؤشرات المواصفات المميزة لوحدة الحفر وطبيعة عملها ومجالات تنفيذه

يمكن تحديد المؤشرات الأساسية لوحدة الحفر بما يلي :

أولاً – الحمولة : تتحدى الحمولة بوزن المواسير الذي تستطيع الوحدة رفعه أو تحمله . وتحددها ، عند التصميم ، قيمتان :

- الحمولة النظامية : تحدد على أساس أقصى وزن لعمود مواسير الحفر أو التغليف ، تتحمله الوحدة لفترات عمل طويلة .
- الحمولة الحدية أو الحرجة : وهي الحمولة التي تستطيع الوحدة تحملها لفترات زمنية قصيرة . في الحالات الاعتيادية ، تزيد هذه الحمولة على الحمولة النظامية بنسبة – من النظامية – تستخدم هذه الحمولة في الحالات الطارئة كالاستعصاء وفي بعض حالات إنزال مواسير التغليف .

ثانياً – عمق الحفر :

يتم تحديد عمق الحفر وفق حمولة الوحدة وقياسات ووزن مواسير الحفر ومواسير التغليف يجب أن تؤمن مؤشرات (مواصفات) وحدة الحفر فعالية جيدة لعمل الوحدة باستخدام مواسير حفر مختلفة الأقطار (٣ –

٤) قياسات ، مثلاً مواسير حفر ذات اقطار (٨٩) و (١١٤) و ٠١٢٧) و (١٤١) مم . ومن الواضح أن لكل نوع من هذه المواسير عمقه الحدي المرتبط بحمولة الوحدة ومتانة المواسير .

ثالثاً – غزارة مضخات الحفر :

لتأمين يجب تأمين غزارة كافية لإتمام عمليات الحفر في الظروف المختلفة بالفعالية المطلوبة وتمثل هذه الغزارة كمية السائل التي يجب أن تضخها وحدة الضخ والتي تعتمد على طريقة الحفر وعمق البئر وتصميمه وأقطار مواسير الحفر وطبيعة المقطع الجيولوجي لموقع الحفر وغيرها من مؤشرات تكنولوجيا الحفر .

هذه المتطلبات يجب على وحدة الحفر تأمين إمكانية تغيير الغزارة التي يصل مجال تغييرها خلال عملية حفر بئر واحدة إلى (١.٥ – ٢)م^{٣}/س ويصل هذا المجال خلال عمل الوحدة عموماً إلى (٥ – ٤)م^{٣}/س

رابعاً – الضغط على مخرج المضخات :

يحدد الضغط على مخرج المضخات الفعالية الممكنة لعملية الحفر ويحدد بقيمتين :

- الضغط العامل الحدي : ويمثل الضغط الذي يؤمن لوحدة الحفر العمل المستمر الطويل الأمد خلال عملية التغلغل في حفر البئر
- الضغط الحدي المسموح به : ويمثل الضغط الحدي الذي يمكن تأمينه لفترات زمنية قصيرة في هذه الحالة يجب تأمين عمل صمامات الأمان وسلامتها . في الحالة العامة يحدد الضغط الحدي الضغط الحدي العامل بنسبة (٧٠ – ٨٠)% من الضغط الحدي المسموح به .
- لتأمين التنسيق الذاتي المتكامل لوحدة الضخ في وحدة الحفر : يحدد المجال تغير الضغط للوحدة ، الذي يمثل النسبة بين أقصى وأصغر قيمة للضغط ، في الحفر العنفي بحدود (٢ – ٢.٥) وفي الحفر الرحوي (٦ – ١٠) .

خامساً – سرع الرفع :

تؤمن هذه السرع رفع مواسير الحفر بأقل ما يمكن من الوقت وبأقل إهدار للاستطاعات المستغلة . وتحافظ على سلامة العمل وضوابط الأمن الصناعي .

سادساً – سرع المنضدة الرحوية أو الرأس الهيدروليكي القائد (في الحفر الرخوي) :

تؤمن هذه السرع عدد الدورات الضرورية لتدوير عمود مواسير الحفر لتنفيذ متطلبات تكنولوجيا الحفر ومن الضروري تأمين مجال تغيير السرع الملائم لذلك وحسب طبيعة التربة المحفورة .

سابعاً – استطاعة وحدة الحفر :

تؤمن هذه الاستطاعة إمكانية الحصول على :

- السرع الضرورية لرفع عامود المواسير .
- الغزارة المطلوبة لسائل الحفر .
- السرع المجددة لتدوير عمود المواسير عند الحفر .

- من منطلق تكنولوجيا الحفر زيادة سرع عمليات الرفع أو زيادة غزارة السائل تتم وفق الاستقطاعات المحددة لمثل هذه الحالات .
- عند تحديد الاستقطاعات المحددة لمثل هذه الحالات .
- متانة وطول عمر خدمة بعض أجزاء وحدة الحفر ، مثل : المحولات والمضاجع وقارئات الحركة ومواسير الحفر وحبل الحفر .
- عدد المحركات وأوزانها .

ثامناً – طول مقطع المواسير ووزنه :

يتكون مقطع (شوط) مواسير الحفر من قطعة واحدة أو قطع عدة منها يؤثر طول المقطع ووزنه تأثيراً كبيراً في الوقت المصروف في عمليات الرفع والإنزال فكلما زاد طول المقطع كلما قل عدد المقاطع في عمود المواسير والوقت المصروف على عمليات فصل المقاطع أو توصيلها خلال عمليات الرفع والإنزال والعمليات الآلية لرفع المقطع إلا أن طول المقطع يؤثر ويتأثر بنوعية معدنه ووزنه وبقياسات برجالحفر وتكاليفه ومستوى تعقيد تصميمه .

الأطوال القياسية المستخدمة حالياً في وحدات الحفر (١٢) و (١٨) و(٢٥) و (٣٦) م

يستخدم في وحدات الحفر المائية صغير المقاطع أطوالها (٦) أمتار.

الفصل الرابع

المؤشرات التصميمية لوحدة الحفر

Designing parameters for the drilling units

إن تأمين أقصى فعالية لتنفيذ المهمات التكنولوجية خلال فترة حفر البئر تعد من أهم المسائل التي تواجه المعنيين بالصناعة النفطية الحقلية عند اختيار وحدة الحفر أو بعض معداتها .

ويتطلب تحقيق ذلك ما يلي :

١- تأمين متطلبات الاستخدام والمتطلبات التكنولوجية لوحدة الحفر .
٢- تحديد العوامل المؤثرة في إنتاجية وحدة الحفر .
٣- تحديد الجدوى الاقتصادية لاختيار وحدة وأجزائها .

٥-١- برج الحفر :

يجب أن يؤمن ارتفاع برج الحفر الأمان في العمل خلال رفع البكرات المتحركة بأعلى سرعة رفع مع الأخذ بعين الاعتبار معامل الارتفاع من أجل إيقاف البكرات المتحركة على بعد كاف عن الحافة السفلى لمجموع البكرات التاجية الارتفاع المفيد لبرج الحفر بالعلاقة التالية :

$$H = h_1 + I_s + h_2 + h_3 \quad (٥\text{-}١)$$

h_1 : المسافة من أرضية البرج حتى النهاية السفلى لمقطع مواسير الحفر المعلق (١,٥ – ١,٢)
I_s : طول مقطع المواسير .
h_2 : طول قضبان تعليق لاقطة المواسير والخطاف والبكرات المتحركة (٨ – ٧) متر .
h_3 : مسافة الأمان بين مجموعة البكرات التاجية وأعلى وضع لمجموعة البكرات المتحركة (٧) متر .

الحمولات المؤثرة على برج الحفر :

أ- الحمولات الشاقولية :
١- الحمولة على الخطاف .
٢- وزن البرج والمعدات المنصوبة عليه .
٣- المركبة الشاقولية من شد النهايتين المتحركة والثابتة لحبل الحفر .
٤- المركبة الشاقولية لوزن المواسير المستندة على محور الإسناد .

ب- الحمولات الأفقية :
١- المركبة الأفقية لشد النهايتين المتحركة والثابتة لحبل الحفر .
٢- المركبة الأفقية من وزن مجموعة المواسير الموضوعة على مخزن المواسير .
٣- قوة ضغط الرياح .

وتحدد الحمولة الشاقولية على قاعدة مجموعة البكرات كما يلي :

أ- في حالة السكون : وفق العلاقة :

$$Pd_s = P_h + G_{tr} + ٢P_h/m \quad (٥\text{-}٢)$$

ب- في حالة حركة الخطاف : وفق العلاقة :

$$Pd_{\mathrm{d}} = P_{\mathrm{h}} + G_{\mathrm{tr}} + \frac{٢Ph}{m.\eta tr} \qquad (٥\text{-}٣)$$

وتحدد المركبة الأفقية من شد الطرفين المتحرك والثابت لحبل الحفر :

أ- في حالة السكون :

$$PL_{\mathrm{h}} = \frac{ph}{m}(TanB \pm Tan\alpha) \qquad (٥\text{-}٤)$$

ب- في حالة الحركة :

$$PD_{\mathrm{h}} = \frac{ph}{m.\eta tr} Tan\beta \pm \frac{ph.\eta \mathrm{tr}}{m} Tan\alpha \qquad (٥\text{-}٥)$$

P_{h}: الحمولة المسموح بها على الخطاف نيوتن .

G_{tr}: وزن أجزاء منظومة الجبال (الخطاف ، مجموعتي البكرات المتحركة والتاجية – حبل الحفر نيوتن .

β, α : زاويتا ميل الطرفين المتحرك والثابت على التوالي لحبل الحفر عن المحور الشاقولي للبرج . $\pm$السالب عندما يكون الطرفين المتحرك والثابت لكبل الحفر في طرفين متقابلين, والموجب في نفس الطرف

m : تركيبة منظومة الحبال . وتحسب بالعلاقة التالية :

$$G_{\mathrm{tr}} = G_{\mathrm{tB}} + G_{\mathrm{d}} \qquad (٥\text{-}٦)$$

G_{tB} : وزن البكرات مع الخطاف

G_{d} : وزن حبل الحفر

- المركبة الأفقية من وزن أشواط المواسير المستندة على محور مخزن المواسير : تحسب بالعلاقة التالية :

$$P_{\mathrm{sh}} = K.G_s.Tan\alpha \qquad (٥\text{-}٧)$$

حيث أن K معامل يأخذ قيمة (١,٠١٨)

G_s : وزن مواسير الحفر

α : زاوية ميل المقطع المواسير عن الشاقول .

- استقرارية أبراج الحفر : تتعرض أبراج الحفر وخاصة الصاري منها إلى خطر الانقلاب إما الأبراج رباعية القوائم يدقق حسابها على المتانة الاستقرارية وليؤخذ شد أوتاد التثبيت بالحسبان .
- تحدد استقرارية أبراج الحفر بمعامل الاستقرار :

$$K = \frac{M_{s\mathrm{B}}}{M_{\mathrm{TB}}} = (١,٢ - ١,٥) \qquad (٥\text{-}٨)$$

عزم انقلاب الحفر :

$$M_{\mathrm{TB}} = P_{eh}.h + P_{wh}(\mathrm{h_w} - H) + P_{hs}.h_p \qquad (٥\text{-}٩)$$

ويحدد استقرار البرج بالعلاقة :

$$M_{\mathrm{sB}} = G_o.L \qquad (٥\text{-}١٠)$$

حيث أن :

P_{eh}: المركبة الأفقية لقوتي الشد في الطرفين الثابت والمتحرك .

h : ارتفاع البرج .

P_{wh}: محصلة ضغط الهواء على البرج .

h_w: ارتفاع نقطة التأثير .

P_{hs}: المركبة الأفقية لوزن مقاطع المواسير .

h_p : ارتفاع محور الإسناد العلوي لمخزن المواسير عن نقطة ارتكاز البرج .

G_o: قوة جذب البرج غير المحمل .

L : المسافة بين مركز البئر ونقطة الارتكاز البرج .

٥-٢- منظومة الكابلات :

تمثل منظومة الكابلات أحد الأجزاء الرئيسية لمجموعة الرفع التي تشمل إضافة للمنظومة :

الخطاف والأجهزة الرافعة ومجموعة الكبح المرافقة لها أيضاً وجهاز تثبيت الطرف الثابت لحبل الحفر على أساس المتانة (قوة القطع) لأن هذا الحبل يتعرض خلال استثماره لقوى الشد وبشكل متكرر ويتعرض لقوى انحناء على البكرات التاجية والمتحركة وعلى الملفاف مما يؤدي إلى تخريبه (إرهاقه) وتتعرض الجدائل الخارجية لعملية التآكل على مجموعة البكرات والملفاف وهذا يؤثر على المؤشرات التقنية الاقتصادية لعملية الحفر .

المهمات الأساسية لمنظومة الحبال في وحدة الحفر :

١- تخفيف الحمولة عن الأجهزة الرافعة .
٢- تحويل الحركة الدورانية لمحاور الأجهزة الرافعة ومجموعة تشغيلها إلى حركة مستقيمة شاقولية متوافقة مع حركة عمود مجموعة مواسير الحفر .
٣- يحدد طول حبل الحفر المستخدم في وحدة الحفر بالعلاقة التالية :

$$L_{\mathrm{w}} = H(m + ٢) + L_p(m + ١) + L_f \qquad (٥\text{-}١١)$$

حيث أن :

H: الارتفاع المفيد لبرج الحفر .

L_p: طول حبل الحفر الملتف حولنصف محيط بكرة واحدة من بكرات المنظومة .

L_f : طول لفات كبل الحفر الاحتياطية على اسطوانة الأجهزة الرافعة ويتراوح هذا الطول بحدود (١٠٠ – ٥٠)متر

حساب قوى الشد في خطوط حبل الحفر :

تقع خطوط حبل الحفر في حالة السكون تحت تأثيره قوى شد متساوية ناتجة عن الحمولة المعلقة :

$$S = \frac{P}{٢n} = \frac{P}{m} (٥-١٢)$$

أما في حالة الرفع فيحدد الشد في الطرف المتحرك بالعلاقة :

$$S_{\mathrm{L}} = P \frac{\beta^{m}(\beta-١)}{\beta^{m}-١} (٥-١٣)$$

والشد في الطرف الثابت يحدد بالعلاقة :

$$S_{\mathrm{d}} = P \frac{(\beta-١)}{\beta(\beta^{m}-١)} (٥-١٤)$$

أما في حالة الإنزال فإن القيمة الوسطى للشد تكون في الطرف الثابت وتحدد بالعلاقة :

$$S_{\mathrm{d}} = P \frac{\beta^{m}(\beta-١)}{\beta^{m}-١} (٥-١٥)$$

والشد في الطرف المتحرك يكون بقيمته الصغرى ويحدد بالعلاقة :

$$S_{\mathrm{L}} = P \frac{\beta^{m}(\beta-١)}{\beta(\beta^{m}-١)} (٥-١٦)$$

P : الحمولة على الخطاف *(N)*

β : معامل مقاومة البكرات

إن اختيار حبل الحفر تم أساس المتانة لأن حساب الاجتهادات الحقيقة مسألة معقدة جداً ويجب أن لا يقل احتياطي المتانة عن ويتم اختياره قيمة وفق العلاقة التالية :

$$S_{\mathrm{d}} = \frac{P\alpha}{PL\,max} \geq ٣ - ٥ (٥-١٧)$$

وتحدد قيمة S_{d} وفق جدول المؤشرات الأساسية لحبل الحفر

حيث أن$P\alpha$: قوة القطع لحبل الحفر .(N)

P_{Lmax} : القوة العظمى للشد التي يتعرض لها الحبل(N) .

٥-٣- الأجهزة الرافعة (الملفاف) :

يعتبر الملفاف الجهاز الأساسي في عمليات الرفع والإنزال ويتم ذلك بمساعدة منظومة الحبال لرفع وإنزال المواسير سواء مواسير الحفر والتغليف وأجهزة أخرى أثناء الحفر وأثناء عمليات بناء هيكل البئر وكذلك يقوم بتحديد الحمولة المطبقة على الدقاق .

ويتم اختيار المؤشرات الأساسية للأجهزة الرافعة بما يلائم متطلبات الاستثمار والقيام بجميع الوظائف الموكلة إليها أثناء عمليات الرفع والإنزال والشكل التالي يبين الأجهزة الرافعة .

١- قطر اسطوانة الملفاف : يتم اختيار قطر اسطوانة الملفاف اعتماداً على قطر الحبل الحفر بالعلاقة :

$Dd \geq ١٨dw$ للوحدات الاستكشافية الجيولوجية

$Dd = (٢٠ - ٣٠)dw$ لوحدات الحفر المتوسطة والثقيلة

يؤدي إلى نقصان قطر الاسطوانة الملفاف إلى تناقص عزم الفتل والانحناء المؤثر على محور الأجهزة الرافعة ويتناقص أيضاً عزم العطالة لاسطوانة الملفاف لذلك نقصان قطر الاسطوانة عن الحد المسموح به يؤدي إلى صعوبة وسوء في التفاف حبل الحفر

٢- طول اسطوانة الملفاف : يتم تحديد طول اسطوانة الملفاف بالحساب الذي يتحقق التفاف حبل الحفر بثلاث أو أربع طبقات وبذلك نكون حققنا متطلبات رفع الطول المطلوب ويحدد طول اسطوانة الملفاف بالعلاقة :

$$L_{\mathrm{d}} = ٢H..tan\alpha \qquad (٥-١٨)$$

حيث أن :

$H.$: المسافة بين المحاور الاسطوانة الرافعة والبكرات التاجية .

α : زاوية ميلان الطرف المتحرك الحبل عن مستوى البكرات التاجية .

٣- السعة السلكية تحدد بالعلاقة التالية :

$$\mathrm{L}. = mH + \mathrm{L_f} \qquad (٥-١٩)$$

حيث ان:

H: المسافة بين ارضية البرج حتى مجموعة البكرات التاجية.

m: عدد الخطوط العاملة في منظومة الحبال.

$\mathrm{L_f}$: طول اللفات الاحتياطية المتبقية على الاسطوانة عند الوضعية السفلى البكرات المتحركة (٥٠-١٠٠)متر.

ويعطى عدد لفات حبل الحفر في كل طبقة على الاسطوانة بالعلاقة :

$$N_o = \frac{L_d}{\alpha . d_w} \qquad (٥-٢٠)$$

حيث أن :

L_d: طول اسطوانة الملفات

d_w: قطر الحبل

α : معامل احتباس الثغرات بين اللفات والتشوه العرضي للحبل

ويحدد طول حبل الحفر الملفوف على اسطوانة الأجهزة الرافعة بالعلاقة :

$$L_z = \pi n_o [D_d + d_w + (٢Z - ٢)C.d_w] \qquad (٥-٢١)$$

ويمكن تحديد السعة السلكية اعتماداً على العلاقات السابقة بالعلاقة التالية :

$$L_o = \pi n_o Z [D_d + d_w + (Z - ١)C.d_w] \qquad (٥-٢٢)$$

حيث أن :

Z : عدد الطبقات .

$n_.$: عدد اللفات .

C : معامل تداخل لفات الطبقات المتتالية والتشوه القطري للكبل ويؤخذ حوالي $(C = ٠,٩٣)$

٤- استطاعة اسطوانة الأجهزة الرافعة : تحدد الاستطاعة المطلوبة لمجموعة تشغيل الأجهزة وفق العلاقة :

$$N_e = \frac{N_D}{\eta_D} = \frac{N_h}{\eta_{ts}.\eta_D} \qquad (٥-٢٣)$$

$$N_h = P_{max} . V_{h\,min} \qquad (٥-٢٤)$$

وتعطي الاستطاعة المطلوبة من الأجهزة الرافعة N_D بالعلاقة :

$$N_D = \frac{N_h}{\eta_{ts}} \qquad (٥-٢٥)$$

حيث ان:

N_h: الاستطاعة المطلوبة على الخطاف.

$V_{h\,min}$: السرعة الصغرى لرفع تاخطاف المحمل بالحمولة القصوى لوزن عمود مجموعة المواسير.

η_D: معامل المردود المفيد بين المحور الرافع ومحور المحرك.

η_{ts}: معامل المردود المفيد لمنظومة الكبال المعدنية.

٥-٤- نظام الكبح في الأجهزة الرافعة:

تزود الأجهزة الرافعة بنوعين من الكوابح وهي:

١. **الكابح الرئيسي** : كابح شريطي ميكانيكي
٢. **كوابح مساعدة** : ويستخدم منها عدة أنواع في وحدات الحفر وهي :

- الكوابح العنفية الحركية (هيدروماتيك)
- كوابح كهربائية حركية
- كوابح كهرومغناطيسية
- كوابح كهروجيبية

الكابح الرئيسي : يقوم بكبح حركة الأسطوانة الاجهزة الرافعة وتبطئها أو إيقافها تماماً خلال عمليات الرفع والإنزال ويقوم أيضاً بكبح حركة عمود المواسير واختزال وزنه الفائض عن الحمولة المطبقة على الدقاق خلال عملية الحفر.

- **الكوابح المساعدة :** تستخدم من أجل تقليل سرعة نزول عمود مجموعة المواسير وامتصاص جزء من الطاقة المتحررة أثناء الإنزال وتستخدم في حال الأوزان الثقيلة .

يتم اختيار مؤشرات الكابح على أساس تأمين عزم فرملة كافي من أجل مسك المواسير ذوات الأوزان الأكبر والذي يتطابق مع الحمولة العظمى على الخطاف في حالة ساكنة وبأمان .

إن عزم الفرملة للكابح الرئيسي الناتج عن الاحتكاك بين اللقم الاحتكاكية وعجلات الفرملة يجب أن يؤمن الشرط التالي :

$$\geq ١.٥\frac{M_B}{M_d} = [K_b] \quad (٥\text{-}٢٦)$$

M_B: عزم الكبح, $N.m$.

M_d: العزم الدوراني لاسطوانة الاجهزة الرافعة, $N.m$.

$[K_b]$: معامل احتياطي الكبح المسموح به.

ويرتبط العزم الدوراني لاسطوانة الأجهزة الرافعة بالحمولة الأعظمية المسموح بها على الخطاف ويزداد عمق البئر ويعطى بالعلاقة :

$$M_d = \frac{(P_{max}+G_T)B^m(B-١)}{B^{m-١}} x \frac{D_a}{٢} \quad (٥\text{-}٢٧)$$

أما عزم الفرملة الذي يولده الكابح الرئيسي فيحدد بالعلاقة التالية :

$$M_b = \frac{B.D_b{}^{٢}(e^{\mu\alpha}-١)Z}{٤e^{\mu\alpha}}[P] \quad (٥\text{-}٢٨)$$

B : عرض الصفائح الاحتكاكية .

D_b: عدد عجلة الكابح الرئيسي .

Z : عدد اشرطة الكابح .

M : معامل الاحتكاك بين الصفائح وعجلة الكابح .

$[P]$: الضغط المحيطي التماسي المحيطي الناتج عن توتر شريط فرملة بين عجلات الفرملة والصفائح الاحتكاكية يحدد بالعلاقة التالية :

$$p = \frac{٢S}{B.\mathrm{D_b}} (٥\text{-}٢٩)$$

وتكون أعلى قيمة للضغط التماسي عند الطرف المسحوب :

$$P_{max} = \frac{٢T}{B.\mathrm{D_b}} (٥\text{-}٣٠)$$

ووفقاً لزاوية إحاطة شريط الفرملة فإن الضغط المحيطي الأصغري يكون عند الطرف الساحب ويعطى بالعلاقة :

$$P_{min} = \frac{٢t}{B.\mathrm{D_b}} (٥\text{-}٣١)$$

حيث أن : t, T : قوتي الشد في النهاية المسحوبة والنهاية الساحبة على التوالي .

٥-٥- المنضدة الرحوية :

تعتبر المنضدة الرحوية إحدى الأجهزة المنفذة الرئيسية في وحدة الحفر وتستخدم للقيام بمهام عديدة وهي :

١. تدوير مجموعة المواسير أثناء الحفر .
٢. امتصاص العزم الدوراني الارتدادي وتأمين الدفع الشاقولي عند الحفر التوربيني أو الكهربائي .
٣. إسناد مجموعة المواسير خلال عمليات إطالة المجموعة عند الحفر .
٤. التدوير الموقعي للمواسير أثناء الاصطياد وأثناء المشاكل .
٥. المساهمة في شد وفك المواسير خلال عمليات الرفع والإنزال .

تحدد المؤشرات التصميمية للمنضدة الرحوية انطلاقاً من بنية البئر وتشكيلة الحفر المستخدمة والمتطلبات اللازمة من أجل عملية الحفر وعمليات التغليف والسمنتة

١- قطر فتحة المنضدة الرحوية : يجب أن يكون كافياً من أجل إنزال مواسير التغليف والدقاق المستخدمة في حفر البئر ويحدد قطر الفتحة بالعلاقة التالية :

$$D = D_b + \delta \ (٥\text{-}٣٢)$$

حيث :

D_b : قطر دقاق المرحلة السطحية .

δ : الفراغ لمرور رأس الحفر بسهولة $(\delta = ٣٠ - ٥٠mm)$

٢- الحمولة الستايتكية المسموح بها :

الحمولة الستايتكية المسموح بها يجب أن تكون كافية من أجل مسك مواسير التغليف الأكثر وزناً وبحالة سكون وتحدد بالعلاقة التالية :

$$G_{max} \leq P \leq C. \quad (٥-٣٣)$$

G_{max}: وزن تشكيلة مواسير التغليف الاكبر المستخدمة في مجال الحفر المعني.

P: الحمولة المستقرة المسموح بها لرحي المنضدة الرحوية.

C.: الحمولة المستقرة لمضاجع المسند الرئيسي لرحي المنضدة.

٣- عدد الدورات المنضدة الرحوية :

- يتم اختباره طبقاً لمواصفات عملية الحفر ويحدد عدد الدورات الأعظمي $n_{max} \leq ٢٥٠ rpm$
ويحدد عدد الدورات الأصغري $n_{min} = ١٥ - ٥٠ \ rpm$
ومن خلال ذلك يمكن تحديد مجال المعايرة بالعلاقة :

$$R_n = \frac{n_{max}}{n_{mix}} \quad (٥-٣٤)$$

وعدد سرع المنضدة يزداد وفقاً للعلاقة التالية :

$$Z = Z_D . m \quad (٥-٣٥)$$

Z_D: عدد السرع المنقولة من محور اسطوانة الاجهزة الرافعة.
m: عدد المحولات النجمية التي يمكن تركيبها على المحور القائد للمنضدة الرحوية.
وتحدد القيم الانتقالية (الوسطية) أسرع دوران المنضدة الرحوية وفق قانون المتوالية الهندسية

$$n_i = n_{i-١} . \varphi \quad (٥-٣٦)$$

$$\varphi = \sqrt[Z-١]{R_n} \quad (٥-٣٧)$$

$n_i, n_{i-١}$: عدد دورات رحى المنضدة الرحوية المطابقة للمراحل (i,i-١).
φ:اس المتوالية الهندسية.وتحدد من معرفة مجال المعايرة السرعي R_n.

٤- استطاعة المنضدة الرحوية :

يجب أن تكون من أجل تدوير مجموعة المواسير والدقاق وتفتيت الصخور في قعر البئر وتحدد بالعلاقة :

$$N_R = (N_F + N_b)/\eta \quad (٥-٣٨)$$

N_F: الاستطاعة اللازمة للتدوير الحر للمواسير.

N_b: الاستطاعة اللازمة لتدوير الدقاق وتفتيت الصخور في قاع البئر.

η: معامل المردود المفيد لنقل الحركة في اجزاء المنضدة الرحوية العاملة.

وتحدد العلاقة التالية الاستطاعة اللازمة للتدوير الحر للمواسير :

$$N_F = C.P_f.g.d^{2}.L.n^{1.7} \quad (٥-٣٩)$$

وتحدد الاستطاعة اللازمة لتدوير الدقاق وتفتيت الصخور في قاع البئر N_b بالعلاقة التالية :

$$N_b = ٣,٥\ K.p.D.n.١٠^{-٢} \quad (٥-٤٠)$$

حيث أن :

C : معامل احتساب انحراف البئر .

P_f: كثافة سائل الحفر Kg/m

G : تسارع الجاذبية الأرضية m/sec

D : قطر مواسير الحفر (m)

L : طول مجموعة المواسير (m)

N : عدد الدورات $(r.p.m)$

K : معاملة حالة الدقاق : الجديدة : $K = ٠,١\ ٠,٢$ المستعملة : $K = ٠,٢\ ٠,٣$

P : الحمولة على الدقاق (KN)

D : قطر الدقاق (rpm)

N : عدد دورات الدقاق (rpm)

٥-٦- مضخات سائل الحفر :

إن العنصر الأساسي في تنفيذ عملية الدوران سائل الحفر وتشغيل المحرك العنفي الجوفي في حالة وجوده يتمثل بمضخات الحفر المكبسية التي يقوم بدفع السائل بالغزارة والضغط المطلوبين والضروريين لتأمين دورة السائل الكاملة ورفع الفتات المحفور وإخراجه خارج البئر إلى السطح وتحقيق ضغط هيدروستايتكي يعادل ضغط الطبقات أثناء الحفر وتبريد وتزييت الدقاق وتكوين طبقة طينية مغلفة لجدران البئر ومحافظة عليها من التهدم وتتكون مضخة الحفر المكبسية من قسمين رئيسيين :

الأول : القسم الميكانيكي الناقل للحركة .

الثاني : القسم الهيدروليكي الذي يقوم بعملية سحب وضخ سائل الحفر وفق الغزارة والضغط المطلوبين .

المتطلبات الأساسية للمضخات الحفر :

١- إمكانية تنظيم غزارة المضخة والتحكم فيها في الحدود المطلوبة لتأمين أكثر فعالية لتنظيف البئر .
٢- تأمين المضخة استطاعة كافية لرفع الفتات المحفور وإخراجه من البئر وتشغيل المحرك الجوفي في حالة الحفر التوربيني .
٣- انتظام سرعة جريان سائل الحفر عند مخرج المضخات لتلافي حمولات العطالة وتتباين الضغط نتيجة الضربات الهيدروليكية .
٤- إمكانية المضخات التعامل مع السوائل المعالجة بالإضافات الكيميائية المختلفة .
٥- تحقيق فترة استخدام كافية لأجزاء المضخة المتعاملة مع سائل الحفر وإضافة وإمكانية استبدالها بسهولة عند استهلاكها .
٦- تصميم المضخة يؤمن إمكانية توصيلها بمجموعة التشغيل من الجهتين اليمنى واليسرى للمضخة .
٧- إمكانية نقل المضخة مجمعة لمسافات طويلة أو قصيرة وكذلك إمكانية تغيير موقعها في وحدة الحفر .
٨- توافق نقل المضخة مجمعة لمسافات طويلة أو قصيرة وكذلك إمكانية تغيير موقعها في وحدة الحفر .

حسابات مضخة الحفر والمجموعة الهيدروليكية :

يعتمد الضغط عند مخرج مضخة الحفر على قيم المقاومات الهيدروليكية في أجزاء منظومة دوران سائل الحفر وتكون قيمته مساوية لمجموعة قيم هذه المقاومات :

$$P_{\mathrm{p}} = P١ + P_{\mathrm{dp}} + P_{\mathrm{cp}} + B + P_{\mathrm{h}} \quad (٥\text{-}٤١)$$

وتحسب الغزارة المثالية للمضخات أحادية الشوط من العلاقة :

$$Q_{\mathrm{p}} = \frac{\pi.K.D^{٢}.S.n}{٢٤٠} \quad (٥\text{-}٤٢)$$

حيث أن :

K : عدد المكابس .

D : قطر المكابس (m) .

S : طول الشوط (m) .

n : عدد الأشواط في الدقيقة .

أما الغزارة المثالية للمضخات ثنائية الشوط فتحدد بالعلاقة :

$$Q_{\mathrm{p}} = \frac{(٢F - f)S.n}{٦٠} \quad (٥\text{-}٤٣)$$

حيث أن :

F : مساحة مقطع المكبس .

f : مساحة ذراع المكبس .

وفي حالة تعدد المكابس ثنائية الشوط نصرب (QP) بعدد المكابس (K) لنحصل على الغزارة المثالية .

ويمكن تحديد الغزارة الفعلية لكل حالة على انفراد على ضوء الظروف المحددة لعمل المضخة وفق العلاقة :

$$(٥-٤٤)Q_{\mathrm{PR}} = \alpha . Q_{\mathrm{p}}$$

حيث أن :

α : معامل الغزارة الحجمية .

وتحدد الغزارة الحجمية وحيدة الشوط وحدية المكبس من العلاقة :

$$(٥-٤٥)q = ٢F_{\mathrm{r}} = F.S$$

ويحدد المردود المفيد للمضخة من العلاقة :

$$(٥-٤٦)\eta = \eta_H * \eta_v * \eta_m$$

حيث أن :

η_H : المردود المفيد الهيدروليكي $(\eta_H = ٠.٩٧)$

v : المردود المفيد الحجمي $(\eta_V = ٠.٩٧)$

η_m : المردود المفيد الميكانيكي $(\eta_m = ٠.٨٥)$

وتحدد سرعة حركة المكبس بالعلاقة :

$$(٥-٤٧)V = \frac{٢.S.n}{٦٠}$$

ويحدد قطر المكبس في المضخات ثنائية الشوط من العلاقة :

$$(٥-٤٨)d = \sqrt{\frac{١٩Q}{\alpha.S.n} + \frac{dr^{٢}}{٢}}$$

ويحدد طول قميص المضخة بالعلاقة :

$$(٥-٤٩)L_{\mathrm{C}} = S + L_{\mathrm{p}} + \Delta L$$

L_{p} : طول المكبس ، ملم

ΔL : احتياطي الطول ملم

وتحدد استطاعة مضخات سائل الحفر بالعلاقة التالية :

$$(٥-٥٠)N_{\mathrm{p}} = \frac{P.Q}{\eta_p}$$

P : الضغط الضائع على طول مسار سائل الحفر ولدورة كاملة (at)

η_P : المردود المفيد الكلي .

Q: الغزارة المثالية للمضخة.

٥-٧- المحركات المستخدمة في وحدة الحفر :

يتم اختيار محركات المنفذة الرئيسية لوحدة الحفر (الأجهزة الرافعة والمنضدة الرحوية ومضخات الحفر) وفق المؤشرات التالية :

١- مصادر التغذية المتوفرة .
٢- مقدار الاستطاعة المطلوبة .
٣- المواصفات الميكانيكية للأجهزة المنفذة .
٤- التكنولوجيا المقترحة لعمليات الحفر والرفع والإنزال
٥- التحديد الكتلي والحجمي للمحركات .

حسب مصادر التغذية تستخدم المحركات التالية :

١- محركات الاحتراق الداخلي (ديزل)
٢- المحركات الكهربائية .
٣- المحركات العنفية والغازية .

حسب طبيعة التشغيل تصنف مصادر القوى المحركة إلى :

١- مصادر فردية .
٢- مصادر جماعية .

إيجابيات استخدام القوى المحركة الجماعية :

١- تقليل عدد المحركات .
٢- تخفيض الاستطاعة المطلوبة لكل محرك .

سلبياتها :

١- مضخة هذه المجموعة .
٢- انخفاض مردودها المفيد نتيجة العدد الكبير للمحولات وأجهزة نقل الحركة الذي يربط هذه المحركات بالأجهزة المنفذة الرئيسية .

إيجابيات استخدام مجموعة القوى المحركة الفردية :

١- يكون لكل جهاز منفذ في وحدة الحفر مجموعة تشغيل خاصة به تشمل المحركات وأجهزة نقل الحركة التي تكون أبسط مما هي عليه في التشغيل الجماعي .
٢- تؤمن سرع الدوران المطلوبة .
٣- تسمح بالتشغيل والتوقف السريعين .
٤- تخزن التصميمات والمخططات الحركية لأجهزة نقل الحركة بسيطة وتؤمن الحركة بسيطة وتؤمن التوزيع الجيد والمنتظم للمعدات في وحدة الحفر .
٥- تؤمن هذه المجموعة مردوداً مفيداً عالياً نسبياً وذلك لقلة عدد هذه المحولات وبساطتها .

الأسس الحسابية لاختيار المحركات :

يتم اختيار نوع المحرك بالاعتماد على قيمة الاستطاعة الحسابية للمحركات الذي يجب أن :

١- تكون استطاعة النظامية مساوية للاستطاعة أو قريبة منها .
٢- يؤمن المحرك الأمد يمكن أن يؤدي إلى تسخين المحرك الكهربائي وتسريع استهلاك المحرك الحراري .

لذلك لا بد من تحديد الاستطاعة الحسابية للمحركات المستخدمة في وحدة الحفر أولاً .

تحدد هذه الاستطاعة من استطاعات الأجهزة المنفذة مع الأخذ بالحسبان مخططات المحولات وتشكيلاتها .

- في حالة مصادر القوى المحركة الفردية : تحدد الاستطاعة الحسابية للمحرك من العلاقة التالية :

$$N_{\text{e}} = \frac{N}{\eta} \qquad (٥-٥١)$$

- في حالة مصادر القوى المحررة الفردية : تحدد استطاعة المحرك وفق استطاعة الأجهزة المنفذة العاملة في آن معاً من العلاقة التالية :

$$N_{\text{e}} = \frac{N_١ + N_٢ \ldots + N_n}{\eta} \qquad (٥-٥٢)$$

- في حالة مصادر القوى المحركة الفردية أو الجماعية متعددة المحركات فإن الاستطاعة الحسابية في هذه الحالة تحدد وفق العلاقتين التاليتين :

$$N_{\text{e}} = \frac{N}{z\eta} \qquad (٥-٥٣)$$

$$\frac{N}{z.m} = \frac{N_١ + N_٢ + \cdots + N_n}{Z\eta} \qquad (٥-٥٤)$$

N_{e}: الاستطاعة الحسابية للمحرك ، كيلو واط

N : الاستطاعة المستغلة من قبل الجهاز المنفذ في حالة مصادر القوة المحركة الفردية .

$N_١ + N_٢ + \cdots + N_n$: استطاعة الأجهزة المنفذة العاملة في ىن معاً في حالة مصادر القوى المحركة الجماعية .

Z : عدد المحركات في المجموعة .

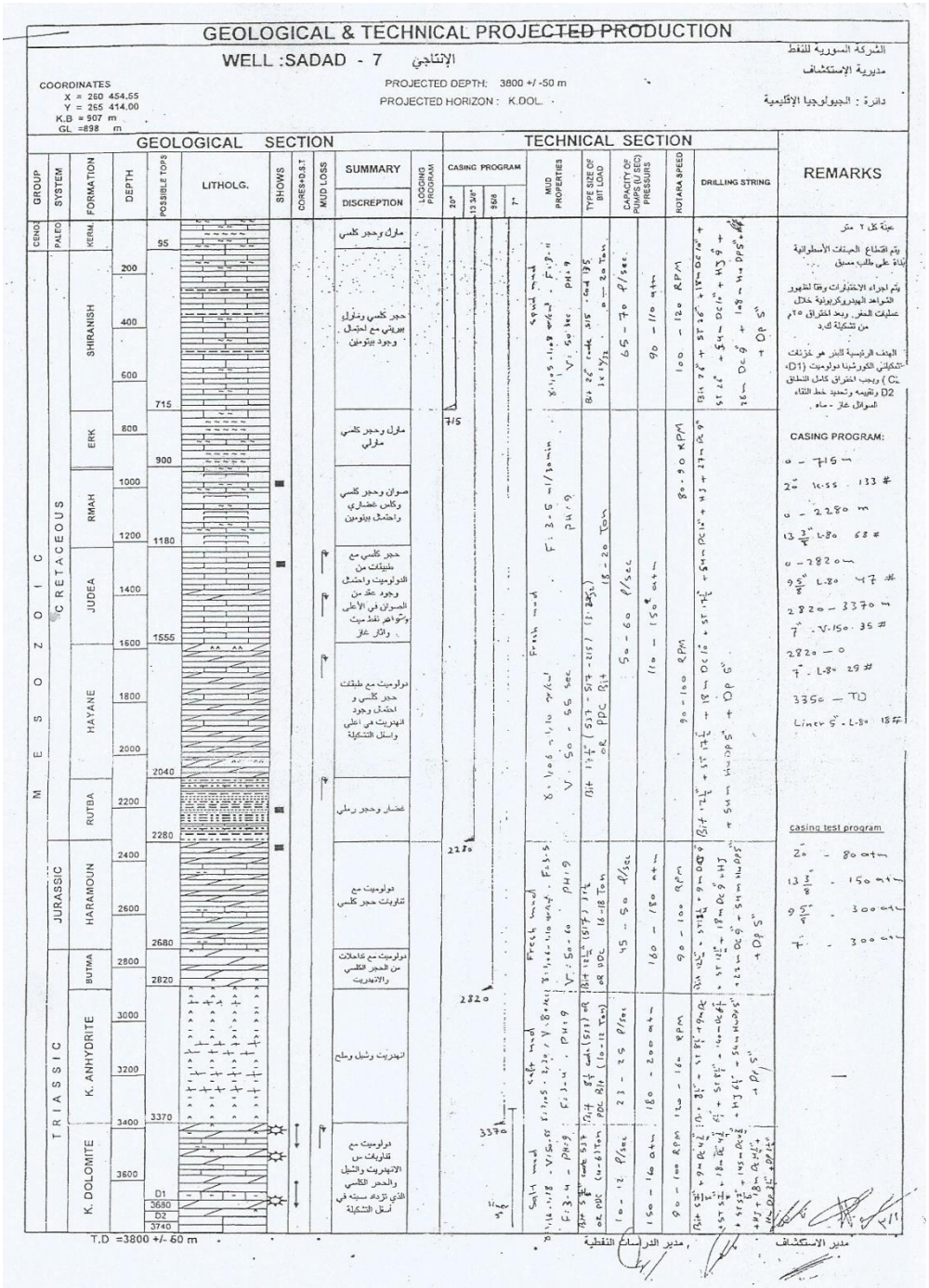
η : المردود المفيد الكلي للسلسلة الحركية ما بين محور المحرك ومحور الجهاز المنفذ .

الفصل الخامس

الحسابات التصميمية

Designing calculations

لإجراء الحسابات يجب الإطلاع على الفوركاست الشكل (٦-١) لمعرفة المعطيات المطلوبة(طول واقطار مواسير التغليف لكل مرحلة, اقطار رؤوس الحفر في كل مرحلة, نوع والوزن النوعي لسائل الحفر لكل مرحلة....) للبدء بالحسابات.



الشكل (٦-١) فوركاست بئر صدد-٧ الذي سوف تجرى عليه الحسابات.

إن الدراسة التصميمية لاختيار وحدة الحفر سوف تتم على البئر الاستكشافي في (المنطقة الوسطى) والذي تم تصميم برنامج حفره و تغليفه كما في الجدول التالي :

المرحلة	سطحية	وسطية أولى	وسطية ثانية	وسطية ثالثة	انتاجية

عمق المرحلة (m)	٧١٥	٢٢٨٠	٢٨٢٠	٣٣٧٠	٥٠٠٠
طول مواسير الحفر (m)	٥٠٩	٢١٢٧	٢٧١٢	٣١٦٧	٤٧٥٦
طول مواسير الحفر المثقلة (m)	١٠٨	٥٤	٥٤	٥٤	٥٤
طول وقطر أعمدة الحفر m(inch) (dec*dic)	(١٠*٣)٩٨	(٩*٣)٩٩	(٨*٣)٥٤	١٤٩(٦$\frac{١}{٤}$*٢)	(٤.٧٥)١٩٠
وزن تشكيلة الحفر (KN)	٦٢٦,١٥	١٢٠٥,٦٢	١٢٢٤,٢	١٤٨٨,٣	١٤٩٤,٠٤
الوزن النوعي السائل الحفر grf/cm^3	١,٠٨	١,٠٨	١,٠٨	١,٠٨	١,٠٨
وزن مواسير التغليف (KN)	١٠٠٠,٠٧٠٥	١٣٩٧,٣٢	٣٢٩,٤	٢١٣,٠٨	١١٧,٦
وزن واحدة الطول لمواسير الحفر kgf/m	٣٨	٣٨	٣٨	٣٨	٢٦
قطر مواسير التغليف (inch)	٢٠	١٣ $\frac{٣}{٨}$	٩ $\frac{٥}{٣}$	٧	٥
قطر مواسير الحفر (inch)	٥	٥	٥	٥	٣,٥
كثافة المعدن grf/cm^3	٧.٨٥	٧.٨٥	٧.٨٥	٧.٨٥	٧.٨٥
وزن واحدة الطول لمواسير الحفر المثقلة kgf/m	٧٢,٢	٧٢,٢	٧٢,٢	٧٢,٢	٧٢,٢
قطر الدقاق (inch)	٢٦	١٧ $\frac{١}{٤}$	١٢ $\frac{١}{٤}$	٨ $\frac{١}{٢}$	٥,٧/٨
وزن واحدة الطول لأعمدة الحفر kgf/m	٣٦٢	٣٦٢	٢٨٦.٤	١٣٩,٥	١١٥

نلاحظ أن أكبر حمولة على الخطاف هي وزن مواسير التغليف للمرحلة الوسطية الأولى $= Wp$
$١٣٩٧,٣٢ * ١,٥ = ٢٠٩٥,٩٨KN$

٦-١- حسابات برج الحفر :

أ- الحمولات الشاقولية المؤثرة على قاعدة البكرات التاجية :

- في حالة السكون $ph = ١٣٩٧,٣٢\ KN$

من العلاقة (٦-٥) نجد أن :

$$G_{\text{tr}} = ٢٥ + (٤٠ * ٣٠ * ١٠).١٠^{-٣} = ٣٧KN$$

من العلاقة (٢-٥) نجد :

$$Pd_{\text{s}} = ١٣٩٧,٣٢ + ٣٧ + \frac{٢ \times ١٣٩٧,٣٢}{١٠} = ١٧١٣,٧٨\ KN$$

في حالة الرفع والإنزال :

$$\eta_{\text{tr}} = ١ - ٠,٠٢m = ١ - ٠,٢ = ٠,٨$$

ومن العلاقة (٣-٥) نجد :

$$Pd_{\text{d}} = ١٣٩٧,٣٢ + ٣٧ + \frac{٢ \times ١٣٩٧,٣٢}{١٠ \times ٠,٨} = ١٧٨٣,٦٥KN$$

وباستخدام جدول (ملحق ٢) نختار البرج الذي يتحمل هذه الحمولة .

فنجد أن البرج هو ثنائي القوائم : $BMA - ٤٥ - ٢٥٠$

ب- الحمولات الأفقية المؤثرة على قاعدة مجموعة البكرات التاجية نتيجة شد طرفي حبل الحفر :

أ- في حالة السكون : والطرفان مثبتان بجهة واحدة من العلاقة (٤-٥) نجد :

$$PL_H = \frac{١٣٩٧,٣٢}{١٠} \times (١.١٥ + ٠.١) = ٣٤,٩٣٣\ KN$$

حيث أن : $Tan\alpha = \frac{٤}{٤٠} = ٠.١ \, , Tan\beta = \frac{٦}{٤٠} = ٠.١٥$

والطرفان مثبتان بجهتين متعاكستين : من العلاقة (٤-٥) نجد :

$$PL_H = \frac{١٣٩٧,٣٢}{١٠}(٠,١٥ - ٠,١) = ٦,٩٨٦KN$$

ب- في حالة الحركة :

الطرفان مثبتان من جهة واحدة من العلاقة (٥-٥) :

$$PD_h = \frac{١٣٩٧,٣٢}{١٠ \times ٠.٨}(٠.١٥) + \frac{١٣٩٧,٣٢ \times ٠.٨}{١٠}(٠.١) = ٣٧,٣٧٨KN$$

- الطرفان مثبتان بجهتين متقابلتين من العلاقة (٥-٥) :

$$PD_h = \frac{١٣٩٧,٣٢}{١٠ \times ٠.٨}(٠.١٥) - \frac{١٣٩٧,٣٢ \times ٠.٨}{١٠}(٠.١) = ١٥,٠٢١KN$$

٣- المركبة الأفقية من وزن مقاطع المواسير المستندة على محور مخزن المواسير :

من العلاقة (٧-٥) وباعتبار :

$$K = \frac{٢٧}{٢٦.٥} = ١,٠١٨٨$$

$$G_s = ٤٧٥٦ * ٢٦ * ١٠ = ١٢٣٦,٥٦٠KN$$

$$P_{Sh} = ١,٠١٨٨ * ١٢٣٦,٥٦ * tan\left(\frac{٤}{٢}\right) = ٤٣,٩٩٣KN$$

٤- استقرارية البرج :

من العلاقة (٩-٥) نجد ان عزم الانقلاب :

$$M_{tB} = ٢٥ * ٤٠ + ١٦,٦٦ * ١٥ + ٤٣,٩٩٣ * ٢٦ = ٢٣٩٣,٧١٨KN.M$$

ومن العلاقة (١٠-٥) نجد ان عزم الاستقرار :

$$M_{Sb} = ٨٥٠ * ٤ = ٣٤٠٠KN.M$$

ومعامل الاستقرار يحسب من العلاقة (٨-٥) فنجد :

$$K = \frac{٣٤٠٠}{٢٣٩٣.٧١٨} = ١,٤٢$$

إذاً البرج الصاري مستقروذلك وفق المجال (١.٢-١.٥)

٦-٢- حسابات منظومة الكبال :

طول كبل الحفر يحسب من العلاقة (١١-٥) حيث :

$$L_p = \frac{\pi}{٢} . D_p = \frac{\pi}{٢} * ١١٢٠ = ١٧٥٩mm = ١,٧٥٩m$$

$$L_w = ٤٠(١٠ + ٢) + ١,٧٥٩(١٠ + ١) + ٨٠ = ٥٧٩,٣m \rightarrow L_w = ٥٨٠m$$

قوى الشد في الطرفين المتحرك والثابت :

أ- في حالة السكون :

$$P = pf + Gtr = ١٣٩٧,٣٢ + ٣٧ = ١٤٣٤,٣٢KN$$

من العلاقة (١٢-٥) نجد أن :

$$S = \frac{١٤٣٤,٣٢}{١٠} = ١٤٣.٤٣٢KN$$

ب- في حالة الرفع :

- الشد في نهاية المتحركة :

من العلاقة (١٣-٥) نجد :

$$S_L = ١٤٣٤,٣٢ \frac{١.٠٣^{١٠}(١.٠٣ - ١)}{١.٠٣^{١٠} - ١} = ١٦٨.١٤٦\ KN$$

- الشد في النهاية الثابتة :

من العلاقة (١٤-٥)

$$S_d = ١٤٣٤,٣٢ \frac{١.٠٣ - ١}{١.٠٣(١.٠٣^{١٠} - ١)} = ١٢١.٤٧\ KN$$

ت- في حالة الإنزال :

الشد في النهاية الثابتة :

من العلاقة(١٥-٥)

$$S_d = ١٤٣٤,٣٢ \frac{١.٠٣^{١٠}(١.٠٣ - ١)'}{١.٠٣^{١٠} - ١} = ١٨٨.١٤٦KN$$

الشد في النهاية المتحركة:

من العلاقة(١٦-٥)

$$S_L = ١٤٣٤,٣٢ \frac{١.٠٣^{١٠}(١.٠٣ - ١)'}{١.٠٣(١.٠٣^{١٠} - ١)} = ١٦٣.٢٤٨KN$$

- المردود المفيد للمنظومة :

$$\eta = \frac{١.٠٣^{١٠} - ١}{١٠x١.٠٣^{١٠}\ (١.٠٣\ \ - ١)} = ٠.٨٥$$

- احتياطي المتانة لكبل الحفر :

من جدول المؤشرات الاساسية لحبل الحفر نختار قطر حبل الحفر الافتراضي وهو ($٣٢mm$) فتكون قوة القطع الموافقة له ($٦٧٩KN$) والقوة العظمى للشد الذي يتعرض لها الحبل كما وجدنا من العلاقة (٥-١٣) تساوي (١٨٨.١٤٦KN) ومن العلاقة (٥-١٧) نجد :

$S = \frac{٦٧٩}{١٨٨.١٤٦} = ٣,٦٠٨$ وهي تقع في المجال (٥ – ٣)

٦-٣- حسابات الأجهزة الرافعة :

- السعة السلكية لاسطوانة الملفاف : من العلاقة (٥-١٩) نجد أن :

$$L_O = ١٠ * ٤٠ + ٨٠ = ٤٨٠m$$

- قطر اسطوانة الملفاف هنا من العلاقة التي تمثل وحدات الحفر المتوسطة والثقيلة:

$$D_d = ٢٥ * ٣٢ = ٨٠٠mm$$

- طول اسطوانة الأجهزة الرافعة من العلاقة (٥-١٨) نجد :

$$L_d = ٢ * ٤٠,٤٤ * tg(١) = ١,٤١٢mm$$

حيث :

$$H_o = \sqrt{٦^٢ + ٤٠^٢}$$

$$H_o = ٤٠.٤٤٧m$$

- عدد لفات حبل الحفر على كل طبقة من الطبقات من العلاقة (٥-٢٠) نجد :

$$N_o = \frac{١٤١٢}{١.١ \times ٠.٠٣٢} = ٤٠,١١٣ \cong ٤١ \text{لفة}$$

- عدد الطبقات : من العلاقة : (٥-٢٢) حيث أن :

$$٤٨٠ = \pi * ٤٠,١١٣ * Z[٠,٨ + ٠,٠٣٢ + (Z - ١) * ٠,٩٣ * ٠,٠٣٢]$$

$$٤٨٠ = ٣.٧٤٢Z^٢ + ٩٩,٩٧\,Z$$

$Z١ = ٤,١٥٥$ مقبول $\quad Z٢ = -٣٠,٨$ مرفوض

ومنه عدد الطبقات : $Z = ٤,١٥٥ \cong ٥$

الاستطاعة المطلوبة لتشغيل الملفاف :

من العلاقة (٥-٢٤) نجد أن :

$$N_h = ١٣٩٧,٣٢ \times \frac{٠.٥}{٢} = ٣٤٩.٣٣Kw$$

ومن العلاقة (٥-٢٥) نجد أن :

$$N_D = \frac{٣٤٩.٣٣}{٠.٩٧} = ٣٦٠.١٣٤Kw$$

من العلاقة (٥-٢٣) نجد أن :

$$N_e = \frac{٣٦٠.١٣٤}{٠.٩٧} = ٣٧١,٢٧٢Kw$$

من الجدول ملحق (٣) نختار الملفاف المناسب :

وهو نموذج $(LB - ٧٥٠)$

٦-٤- حسابات الكابح الشريطي :

- العزم الدوراني على محور الأجهزة الرافعة من العلاقة (٢١-٥) نجد أن :

$$M_d = \frac{(١٣٩٧,٣٢ + ٣٧) \times ١.٠٣^{١٠}(١.٠٣ - ١)٨٠٠}{١.٠٣^{١٠} - ١} = ٧١,٣KN.m$$

- **قطر عجلة الكابح :**

$$D_b = D_d + (Z.d_w).c = ٠,٨ + (٥ * ٠,٠٣٢).١,٥ = ١,٠٤m$$

- **عزم الفرملة :** (Mb)من العلاقة (٢٨-٥) نجد أن :

$$M_b = \frac{٠.٢٢x١.٠٤^{٢}\left(e^{٤.٧١x٠.٣} - ١\right)^{٢}}{٤xe^{٤.٧١x٠.٣}} x١٢٠٠٠٠٠ = ١٠٨.٠٢KN.m$$

وذلك على اعتبار أن :

$$\mu = ٠.٣\alpha = ٤,٧١Rad$$
$$[p] = ١٢٠٠٠٠٠.pa \qquad \beta = ٠,٢٢$$

معامل الكبح : من العلاقة (٢٦-٥) نجد أن :

$$K_b = \frac{١٠٨.٠٢}{٧١.٣} = ١,٥١ \text{ مقبول}$$

وهو يقع ضمن المجال (١,٨ - ١,٥)

- قوة الشد في النهاية المسحوبة :

$$T = \frac{B.Db}{٢}[P] = \frac{٠.٢٢ \times ١.٠٤}{٢} .١٢ \times ١٠^{٥} = ١٣٧.٢٨KN$$

- قوة الشد في النهاية الساحبة حسب علاقة إيلر :

$$t = \frac{T}{e^{\mu\alpha}} = \frac{١٣٧.٢٨}{e^{٠.٣x٤.٧١}} = ٣٣.٤١٥KN$$

- حساب الضغط التماسي الأصغري والأعظمي :
- الضغط التماسي العظمى من العلاقة (٣٠-٥) نجد أن :

$$P_{max} = \frac{٢ \times ١٣٧٢٨٠}{٠.٢٢ \times ١.٠٤} = ١٢ \times ١٠^{٥} pa$$

- الضغط التماسي الأصغريمن العلاقة (٣١-٥):

$$P_{min} = \frac{٢ \times ٣٣٤٢٠}{٠.٢٢ \times ١.٠٤} = ٢٩٢١٣٢,٧\ pa$$

٦-٥- حسابات المنضدة الرحوية :

١- مجال المعايرة السرعي : من العلاقة (٣٤-٥) نجد أن :

$$R_{\mathrm{n}} = \frac{٢٥٠}{١٠} = ٢٥$$

علماً أن : $n_{min} = ١٠rpm\ ,\ n_{max} = ٢٥٠\ rpm$

ب- قطر فتحة المنضدة الرحوية : من العلاقة (٣٢-٥) نجد :

$$D = ٠,٦٦٠٤ + ٠,٠٤٠ = ٠,٧٠٠m = ٧٠٠mm$$

ث- الحمولة الستاتيكية المسموح بها من العلاقة (٣٣-٥) نجد :

$$G_{\max} = ١٣٩٧,٣٢ * ١,٥ = ٢٠٩٥,٩٨Kn$$

ج- عدد سرع المنضدة من العلاقة (٣٥-٥) نجد :

$$Z = ٦ * ١ = ٦$$

ح- عدد دورات المنضدة الرحوية :

من العلاقة (٣٧-٥) نجد أن :

$$\varphi = \sqrt[٦]{٢٥} = ١.٩٠٤$$

ومن العلاقة (٣٦-٥) نجد :

$$nmin = ١٠$$
$$n^{١} = ١٠ * ١,٩٠٤ = ١٩,٠٤\ RPM$$
$$n^{٢} = ١٩,٠٤ * ١,٩٠٤ = ٣٦,٢٥\ RPM$$
$$n^{٣} = ٣٦,٢٥ * ١,٩٠٤ = ٦٩,٠٢RPM$$
$$n^{٤} = ٦٩,٠٢ * ١,٩٠٤ = ١٣١,٤١٤RPM$$
$$n^{٥} = ١٣١,٤١٤ * ١,٩٠٤ = ٢٥٠RPM$$

خ- استطاعة المنضدة الرحوية :

أ- المرحلة السطحية : من العلاقة (٣٩-٥) :

$$N_{\mathrm{f}} = ٢٠ * ١٠^{-٩} * ١٠٨٠ * ١٠\left(٠,١٢٧^{٢}\right) * ٧١٥ * ٨٠^{١,٧} = ٤,٢Kw$$

من العلاقة (٤٠-٥) نجد :

$$N_b = ٣,٥ * ١٠^{-٢} * ٠,٢ * ٤٦٩٩ * ٠,٦٦٠٤ * ٨٠ = ١٧٣,٤٤٧Kw$$

- استطاعة المنضدة الرحوية لمرحلة السطحية : من العلاقة (٣٨-٥)

$$N_R = \frac{٤.٢ + ١٧٣.٤٤٧}{٠.٨٥} = ٧٧,٤٧Kw$$

ب- المرحلة الوسطية الأولى

$$N_f = ٢٠ * ١٠^{-٩} * ١٠٨٠ * ١٠ * (٠,١٢٧^٢) * ٢٢٨٠ * ٨٠^{١,٧} = ١٣.٦Kw$$

$$N_b = ٣,٥ * ١٠^{-٢} * ٠,٢ * ٩٠٤.٢ * ٠,٤٤٤٥ * ٨٠ = ٢٢٤,٨٢Kw$$

$$N_R = \frac{١٣.٦ + ٢٢٤.٨٢}{٠.٨٥} = ٧٢.٦٤Kw$$

ت- المرحلة الوسطية الثانية :

$$N_f = ٢٠ * ١٠^{-٩} * ١٠٨٠ * ١٠ * (٠,١٢٧^٢) * ٢٨٢٠ * ٨٠^{١,٧} = ١٦.٨Kw$$

$$N_b = ٣,٥ * ١٠^{-٢} * ٠,٢ * ٨٠ * ٠,٣١١١ * ٢٨٢٠ = ٤٩١.٢٨Kw$$

$$N_R = \frac{٤٩١.٢٨ + ١٦.٨}{٠.٨٥} = ٨٧.٨٢Kw$$

ث- المرحلة الوسطية الثالثة :

$$N_f = ٢٠ * ١٠^{-٩} * ١٠٨٠ * ١٠(٠,١٢٧^٢) * ٣٣٧٠ * ٨٠^{١,٧} = ٢٠Kw$$

$$N_b = ٣,٥ * ١٠^{-٢} * ٠,٢ * ٨٠ * ٠,٢١٥٩ * ١١١٦ = ١٣٤.٩٢Kw$$

$$N_R = \frac{١٣٤.٩٢ + ٢٨}{٠.٨٥} = ٦٥.٢٦Kw$$

ط – المرحلة الإنتاجية :

$$N_f = ٢٠ * ١٠^{-٩} * ١٠٨٠ * ١٠(٠,١٢٧^٢) * ٥٠٠٠ * ٨٠^{١,٧} = ٢٩.٩٤Kw$$

$$N_b = ٣,٥ * ١٠^{-٢} * ٠,٢ * ٨٠ * ٠,١٤٩٢ * ١٢٦٩.٩ = ١٠٦.١Kw$$

$$N_R = \frac{١٣٦.٠٤}{٠.٨٥} = ٦٣.٠٥Kw$$

بناء على الحسابات السابقة نختار المنضدة المناسبة من الجدول ملحق (٤) وهي $(R - ٧٠٠)$

٦-٦- حسابات مضخات سائل الحفر :

١. المرحلة السطحية :

$$N_{\mathrm{p}} = \frac{P.Q}{\eta_p}$$

$$P = ١٠٠at\,, Q = ٧٠L/Sec$$

$$N_{\mathrm{p}} = \frac{٧٠ * ١٠٠ * ٠.١}{٠.٨٥} = ٨٢٣.٥٢Kw$$

٢. المرحلة الوسطية الأولى :

$$P = ١٥٠at\,, Q = ٦٠L/Sec$$

$$N_{\mathrm{p}} = \frac{٦٠x١٥٠x٠.١}{٠.٨٥} = ١٠٥٨.٨٢Kw$$

٣. المرحلة الوسطية الثانية :

$$P = ١٦٠at\,, \qquad Q = ٥٠L/Sec$$

$$N_{\mathrm{p}} = \frac{٥٠x١٦٠x٠.١}{٠.٨٥} = ٩٤١.١٧٦Kw$$

٤. المرحلة الوسطية الثالثة :

$$P = ٢٠٠at\ , \qquad Q = ٢٥L/Sec$$

$$N_{\mathrm{p}} = \frac{٢٥x٢٠٠x٠.١}{٠.٨٥} = ٥٨٨.٢٣٥Kw$$

٥. المرحلة الإنتاجية :

٦. $P = ١٥٠at\,,\ Q = ١٠L/Sec$

٧. $N_{\mathrm{p}} = \frac{١٠x١٥٠x٠.١}{٠.٨٥} = ١٧٦,٤٧Kw$

اعتماداً على الجدول ملحق (٥) نختار المضخة المناسبة وهي المضخة $UNBT - ١١٨٠L$

حيث استطاعتها : $١١٨٠Kw$

وغزارتها العظمى $٥١.٤L/Sec$ لتأمين الغزارة المطلوبة نأخذ مضختين ونربطهما على التفرع.

٦-٧- حسابات المحركات :

لدينا الاستطاعات الأجهزة المنفذة الرئيسية هي كالتالي :

$$N_{\mathrm{D}} = ٤٨٠,٩Kw$$

$$N_{\mathrm{R}} = ٨٨Kw$$

$$N_{\mathrm{P}} = ٨٤٧Kw$$

$$N_{\mathrm{TOT}} = ١.١(NP + NR + ND)$$

$$= ١,١(٨٤٧ + ٨٨ + ٤٨٠,٩) = ١٥٥٧,٥Kw$$

تم اتخاذ المعامل (١,١) لتشغيل الأجهزة الثانوية والمساعدة .

نختار المحرك المناسب وهو من النوع :

$$(A\Pi\Gamma - ١٠٠٠)$$

باستطاعة : $٦٢٥Kw$

فيكون عدد المحركات اللازمة : $\frac{١٥٥٧.٥}{٦٢٥} = ٢.٤ \cong ٣$ إذاً يلزم ثلاث محركات.

الفصل السادس
النتائج والمقترحات
Results and suggestions

من المقارنة بين مؤشرات وحدة الحفر (EK-BM٤٥٠٠/٢٧٠)المستخدمة في حفر البئر ذات المواصفات المبينة في الملحق (٦) والمعطيات الحسابية كما مبين في الجدول(٧-١) نجد أن :

	المعطيات الحسابية	المعطيات الفعلية
عمل الحفر *(M)*	٥٠٠٠	٦٠٠٠
استطاعة مجموعة الرفع القصوى *(Kw)*	٣٧١.٢	٩٠٠
استطاعة المنضدة الرحوية القصوى *(Kw)*	٨٧.٨٢	٣٧٠
استطاعة المضخات القصوى *(Kw)*	١٠٥٨.٨	١١٨٠
قطر حبل الحفر *(mm)*	٣٢	٣٢
الحمولة الستاتيكية القصوى على الخطاف *(tn)*	٢٠٩.٥	٣٢٥
قطر فتحة المنضدة *(mm)*	٧٠٠	٧٠٠

الجدول(٧-١) مقارنة بين مؤشرات وحدة الحفر(EK-BM٤٥٠٠/٢٧٠)المستخدمة في حفر البئروالمعطيات الحسابية.

١- عمق البئر المحفور ٥٠٠٠ متر أقل من العمق الحدي المحدد للحفارة المستخدمة والذي هو ٦٠٠٠ متر.

٢- استطاعة الملفاف للوحدة المستخدمة ٩٠٠ كيلو واط بينما أقصى استطاعة حسابية لمجموع الرفع هي ٤٨٠.٩ كيلو واط .

٣- استطاعة مضخات سائل الحفر المستخدمة في وحدة الحفر ٩٥٠ كيلو واط أما الاستطاعة الحسابية القصوى للمضخات ٨٤٧ كيلو واط وهي أيضاً أقل من الاستطاعة الفعلية .

٤- استطاعة المنضدة الرحوية الفعلية ٣٧٠ كيلو واط بينما الاستطاعة الحسابية القصوى ٨٠ كيلو واط وأيضاً هي أقل بكثير الاستطاعة الفعلية .

٥- من الفقرات السابقة نجد أن الأجهزة المنفذة الرئيسية للواحدة المستخدمة مصممة ومنفذة باستطاعات اكبر من الحاجة اي بعوامل امان واحتياط كبير بحيث يجب اختيار أجهزة ومعدات الحفر بمواصفات مناسبة بحيث يكون الهدر في الطاقة أقل ما يمكن.

٦- عوامل الأمان المستخدمة في الحسابات التصميمية يجب أن تكون ذات قيم ملائمة لظروف عملية الحفر والسلامة والصناعة مع ايضا مراعاة العامل الاقتصادي والكلفة.

الجداول الملحقة:

نوع او فئة وحدة الحفر	الوزن المعلق على الخطاف KN	عمق الحفر M	الاستطاعة على محور الملفاف KW	الاستطاعة النوعية على محور الملفاف KW	
				لاجل ١KN من الوزن المرفوع	لاجل ١m من عمق الحفر
١	٨٠٠	١٢٥٠	٢٤٠	٠.٣٠	٠.١٩
٢	١٠٠٠	١٦٠٠	٣٠٠	٠.٣٠	٠.١٩
٣	١٢٥٠	٢٠٠٠	٤٤٠	٠.٣٥	٠.٢٢
٤	١٦٠٠	٢٥٠٠	٥٥٠	٠.٣٤	٠.٢٢
٥	٢٠٠٠	٣٢٠٠	٦١٠	٠.٣٤	٠.٢١
٦	٢٥٠٠	٤٠٠٠	٩٠٠	٠.٣٦	٠.٢٢
٧	٣٢٠٠	٥٠٠٠	١١٠٠	٠.٣٤	٠.٢٢
٨	٤٠٠٠	٦٥٠٠	١٤٧٥	٠.٣٧	٠.٢٣
٩	٥٠٠٠	٨٠٠٠	٢٢٠٠	٠.٤٤	٠.٢٧
١٠	٦٣٠٠	١٠٠٠٠	٢٩٥٠	٠.٤٧	٠.٢٩
١١	٨٠٠٠	١٢٥٠٠	٢٩٥٠	٠.٣٧	٠.٢٤

الجدول الملحق (١) يبين قيم الاستطاعات النوعية لوحدات الحفر حسب تصنيفها العام

انواع ابراج الحفرالمصنعة / مؤشرات ابراج الحفر	BM-40-100 BU-75 BR-70	BM-42-100	BB-42-200	BMA-41-170	BMA-45-200	BMA-45-250	BMA-45-320	UB-45-400 A	UB-45-500 A
نوع ابراج الحفر	تنائية القوائم		رباعي القوائم	تنائية القائم				رباعي القوائم	
الحمولة الحدية KN	1000	1400	2000	1700	2000	2500	3200	4000	5000
تركيبة منظومة الحبال	5x4	5x4	6x5	6x5	6x5	7x6	7x6	7x6	8x7
ارتفاع البرج m	40	42	42	41	45	45	45	45	45
قياسات القاعدة السفلية m	6.2x6.2	7.2x7.2	8x8	9.2x9.2	10x10	10x10	10x10	11x8	11x8
كتلة البرج ton	16.6	19.3	29.00	26.2	31.7	34.7	40.3	71.6	71.6

الجدول الملحق(2) يبين المواصفات التقنية لبعض الانواع من ابراج الحفر

المؤشرات	LB-٧٥٠	B-٢-٥-٥	LBO-١٠٠٠M١ LBO-١٠٠٠M٢	LBO-٣٠٠٠ ٠-٢-٣٠٠٠

استطاعة الملفافKw	٥٦٠	٨١٠	٨١٠	١٢٥٠
القوة العظمى لشد الطرف المتحركKN	٢٠٠	٢٧٠	٢٥٠	٣٤٠
قطر حبل الحفرmm	٢٨	٣٢	٣٢	٣٥
اسطوانة الملفاف	٧٠٠	٨٠٠	٧٥٠	٨٣٥
طول الاسطوانة mm	١٢٠٠	١٠٣٠	١٣٥٠	١٤٤٥
عدد محاور الملفاف	١	٣	١	١
عدد السرع الامامية	٤	٤	٣	٣
الملفاف	٤	٥	٦	٦
المنضدة الرحوية	٤	٤	٣	٣
نوعية الكابح المساعد	هيدروماتيك		كهرومغناطيسي	كهروماتك
عدد طبقات لف الحبل على اسطوانة الملفاف	٣	٥	٣	٤
القياسات mm				
الطول	٩٩٠٠	٧٣٣٠	٧٠٩٠	٨٣٢٥
العرض	٢٥٣٠	٣٥٠٠	٢٦١٠	-
الارتفاع	٢٧١٤	٢٧٣٠	٢٤٣٠	-
الكتلةton	١٧.١	٢٧.١	٢٧.٣	-

ملحق (٣) يبين المواصفات التقنية لبعض الاجهزةالرافعة السوفيتية

نوع المنضدة	**R-٧٠٠**	**R-٩٥٠**	**R-١٢٦٠**
قطر الفتحة mm	٧٠٠	٩٥٠	١٢٦٠
القوة الستاتيكية	٥٠٠٠	٦٣٠٠	٨٠٠٠

المسموح بها على المنضدةKN			
العزم الستاتيكي KN.m	٨٠	١٢٠	١٨٠
اكبر عدد دورات للمنضدة rpm	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠
العدد التحويلي للمحولة المسننة المخروطية	٣.٦١	٣.٨١	٣.٩٦
الوزن(بدون اللقم المخروطية) kg	٤٧٩٠	٧٠٠٠	٩٤٦٠
A	٢٢٧٠	٢٤٢٥	٢٩١٠
B	٦٨٠	٧٥٠	٨٠٠
C	٧٤٠	٨٧٥	١٠٧٠
C'	٦٦٥	٧٦٥	١٠٠٠
D	١٩٤٥	٢٠٦٥	٢٥٣٥
الابعاد mm E	١٥٤٥	١٨٥٠	٢٢٣٠
F	٣٠٥	٣٣٠	٣٦٠
G	١٢٠٠	١٥٥٠	١٩٣٠
H	٧٧٥	٩٢٥	١١١٥
I	٢٠١٠	٢١٦٥	٢٦٣٠
J	١٢٧٠	-	-

ملحق(٤)مواصفات بعض انواع من المنضدة الرحوية

نوع المضخة	UNBT-٦٠٠	UNBT-٩٥٠	UNBT-١١٨٠L
الاستطاعة KW	٦٠٠	٩٥٠	١١٨٠
عدد الاسطوانات	٣	٣	٣
عدد الحركات المزدوجة بالدقيقة	١٦٠	١٢٥	١٢٥

غزارة المضخة (القصوى) $dm^3/sec.$	٥٠.٩	٤٦	٥١.٤
ضغط المخرج (الاعظمي) MPa	٣٥	٣٢	٣٥
شكل نهاية خط الجريان	شكل L	جريان مباشر	شكل L
منظم الجريان والضغط	PK٤٠-٣٥٠	PK٧٠-٣٢٠	PK٧٠-٣٥٠
اقصى ضغط التصريف الشاذ %	٥	٥	٥
وزن المضخة بدون الحزام, ا منظم الجريان والضغطوالحمالاتKg	١٣٦٧٠	٢٢٠٧٠	٢٢٤٣٢
وزن المضخة مع الحزام, منظم الجريان والضغطوالحمالاتKg	١٥٤٥٠	٢٤٢٦١	٢٤٦٣٢
A	٥٢٦	٤٩٦	٤٩٦
B	١١٤٠	١٢٨٦	١٢٨٦
C	٢٥٧٨	٢٨٦٠	٢٨٦٠
D	٣٧٠٥	٣٧٦١	٣٧٦١
الابعاد mm E	١١٢٠	٧١٠	٧١٠
F	٣٩٥٥	٥٣٩٠	٥٣٩٠
G	١٦٨٠	٢١٨٦	٢١٨٦
H	٢٤٧٨	٣٣٥٩	٣٣٥٩
I	٥٩٢	٩٠٤	٩٠٤

ملحق (٥)يبين مواصفات بعض مضخات الحفر

	BU٣٩٠٠/٢٢٥ EK-BM	**BU٤٠٠٠/٢٥٠ EK-BM**	**BU٤٢٠٠/٢٥٠ EK-BM(CH)**	**BU٤٥٠٠/٢٧٠ EK-BM(CH)**
الحمولة المسموح بها للخطاف (KN)tf	٢٢٥(٢٢٥٠)	٢٥٠(٢٥٠٠)	٢٥٠(٢٥٠٠)	٢٧٠(٢٧٠٠)
الحمولة الستاتيكية العظمى للخطاف (KN)tf	٢٧٠٠(٢٧٠)	٣٠٠٠(٣٠٠)	٣٠٠٠(٣٠٠)	٣٢٤٠(٣٢٤)
عمق الحفر m	٣٩٠٠	٤٠٠٠	٤٢٠٠	٤٥٠٠
طول الساق m	٢٥	٢٥-٢٤	٢٧-٢٤	٢٥
نوع الطاقة المستخدمة	طاقة بتيار مستمر مع نظام تحكم رقمي	طاقة بتيار مستمر مع نظام تحكم رقمي	طاقة بتيار متردد مع نظام تحكم رقمي	طاقة بتيار مستمر/متردد مع نظام تحكم رقمي

برج الحفر	UM٤٥/٢٢٥-R	UM٤٥/٢٥٠-R	M٤٦/٢٥٠-OG-R	UM٤٥/٢٧٠-R
النوع	شكلAللتثبيت اليدوي للساق.مع امكانية وضع الرأس القائد	شكلAللتثبيت اليدوي للساق.مع امكانية وضع الرأس القائد	حواف امامية مفتوحة للتثبيت اليدوي للساق.مع امكانية وضع الرأس القائد	شكلAللتثبيت اليدوي للساق.مع امكانية وضع الرأس القائد
الارتفاع الفعالm	٤٥.٦	٤٥	٤٦	٤٥.٣
القاعدة				
النوع	وحدات	وحدات	وحدات	وحدات
الارتفاع(ارضية الحفر) m	٨.٥	٩.٨٩	٩.٨٩	٩.٨٩
البكرات				
قطر كبل الحفر mm	٣٢	٣٢	٣٢	٣٢
عدد البكرات	١٠(٥*٦)	١٠(٥*٦)	١٠(٥*٦)	١٠(٥*٦)
الملفاف	LBU-٧٥٠ SNG	LBU-١١٠٠ ET-٣	LBU-٩٠٠ AS-٢	LBU-٩٠٠ ET-٣
طاقة الدخل KW	٧٥٠	١١٠٠	٩٠٠	٩٠٠
الرأس الهيدروليكي	UV-٢٥٠ MA	UV-٢٧٠ MA	UV-٢٧٠ MA	UV-٢٧٠ MA
الحمولة tf(KN)	٢٥٠(٢٥٠٠)	٢٧٠(٢٧٠٠)	٢٧٠(٢٧٠٠)	٢٧٠(٢٧٠٠)
الحمولة الديناميكيةtf(KN) .(API)	١٦٠(١٦٠٠)	١٦٠(١٦٠٠)	١٦٠(١٦٠٠)	١٦٠(١٦٠٠)
المنضدة الرحوية	R-٧٠٠	R-٧٠٠	R-٧٠٠	R-٧٠٠
الاستطاعةKW	٣٧٠	٣٧٠	٣٧٠	٣٧٠
قطر الفتحة mm	٧٠٠	٧٠٠	٧٠٠	٧٠٠
الحمولة الستاتيكية المسموح بها tf(KN)	٥٠٠(٥٠٠٠)	٥٠٠(٥٠٠٠)	٥٠٠(٥٠٠٠)	٥٠٠(٥٠٠٠)
المضخات	UNBT-٩٠٠ A٢	UNBT-٩٠٠ A٢	UNBT-١١٨٠ L	UNBT-٩٥٠ L
السعة KW	٩٥٠	٩٥٠	١١٨٠	٩٥٠
سرعة المضخة القصوى L/sec	٤٦	٤٦	٥١.٤	٥١.٤
ضغط المخرج الاعظمي MPa	٣٢	٣٢	٣٥	٣٢
نظام تدوير سائل الحفر				
سعة نظام التدوير m^3	١٦٠	٢٠٥	٢٤٠	٢١٠
عدد مراحل التنظيف	٤	٤	٥	٤

ملحق(٦) يبين مواصفات بعض الوحدات المستخدمة

معجم المصطلحات:

-A-

مساعد-ملحق Accessories

ضبط Accurate

التصاق-التحام Ad-hesion

قارنة هوائية Air Clutch , pneumatic

ذراع Arm

الياف اسبستوس Asbestos fiber

Auxiliary brakes	الكوابح المساعدة المنظمة
Auxiliary equipment	المعدات المساعدة
-B-	
Band Brake	اشرطة الكابح
Bearing ball	مضجع كروي-مضجع اسطواني
Bearing Roller	المضاجع, كراسي المحور
Belt Gearing	محولة حزامية
-C-	
Capacity	الاستطاعة
Center Gravity	مركز الثقل
Centrifugal pump	مضخات طاردة مركزية
Clutch	قارنة
Compressor	الضاغط الهوائي
Critical load	الحمولة الحرجة
-D-	
Dead line	النهاية الثابتة
Dead line anchor	جهاز تثبيت النهاية الثابتة
Derrick	برج الحف
Draw works	الاجهزة الرافعة
Drill collar	عمود الحفر
Drill pipe	ماسورة الحفر
Drilling depth	عمق الحفر
Drilling hook	خطاف الحفر
Drilling hose	خرطوم سائل الحفر
Drilling line(wire line)	حبل الحفر
Drilling mud	سائل الحفر
Drilling Rig	وحدة الحفر
Drilling string	عمود مجموعة المواسير
Drive shaft	المحور القائد
Drum	اسطوانة الملفاف
Drum brake	كابح الملفاف
-E-	
Elevators	معدات مسك وتعليق المواسير

Equalizer	الموازن
-F-	
Fast line	النهاية المتحركة لحبل الحفر
Friction	احتكاك
Friction break	كوابح احتكاكية
Fluid end	القسم الهيدروليكي
-G-	
Gear	مسنن
Gear box	علبة تغير السرعات
Grooving	اخاديد-ثلوم
-H-	
Hoisting system	منومة الرفع
Hook	خطاف
Hydromatic break	الكابح الهيدروديناميكي
-I-	
Interconnecting	توصيل مشترك
-K-	
Kelly	قلم الحفر
Kelly bushing	لقم قلم الحفر
Kinematic scheme	مخطط حركي
-L-	
Lever	عتلة
Liner	خطي
Load	حمل
Lock	قفل
-M-	
Main bearing	مضاجع رئيسية
Master bushing	اللقم الاساسية
Mixers	خلاطات

Mud additives	اضافات سائل الحفر
Mud (slush) pump	مضخة سائل الحفر
Mud tank	خزان سائل الحفر
-N-	
Nominal lad	الحمولة النظامية
-O-	
Offshore	الحفر البحري
drilling	
Offshore drilling platform	منصة الحفر البحري
-P-	
Power	القسم الميكانيكي
end	
Pilot القائد	
Penetration	معدل التقدم
rate	
Pressure pump	ضغط المضخة
Power drive	مصدر القوى المحركة
Pump discharge line	خط تصريف المضخة
-R-	
Rotor	دوار
Roller Bearing	مضاجع تدحرجية
Rotary table	منضدة رحوية
Rotary drilling	الحفر الدوراني
-S-	
Shale shakers	مناخل هزازة
Storage	خزانات
Slips	مواسك
Stand pipe	العمود القائم
Stress	الاجهاد
Structural scheme	مخطط تركيبي
Swivel	الرأس الهيدروليكي
-T-	
Traveling	البكرات المتحركة
blocks	
Torque	عزم
Turbo-Drill	الحفارة العنفية(التوربينية)
-U-	

Uphill	بالاتجاه الاعلى

-V-

Vent	مُصرف
Vibrator	هزاز
Velocity السرعة	
Velocity range	مجال السرعة

-W-

Well head equipment	معدات فوهة البئر

المراجع العلمية:

المراجع العربية:

١- ميكانيك الات الحفر والانتاج (١) –د.محمود حديد, منشورات جامعة البعث.

٢-ميكانيك الات الحفر والانتاج (٢) –د.محمود حديد, منشورات جامعة البعث.

٣-هندسة الحفر –د.طاهر نصور و د.مسرور سليمان, منشورات جامعة البعث.

٤- هندسة الحفر١ (طرق الحفر)-د.محمد خضور, منشورات جامعة البعث.

٥- الشركة السورية للنفط.

المراجع الاجنبية:

١- باعراف, ر-أ- الات الحفر ومجاميعها ١٩٨٨- موسكو- دارنيدرا.

٢- Uralmashplant –catalogue of oil&gas drilling equipment.