

تحسين مؤشرات عمل مجموعة الرفع اعتماداً على عدد الخطوط العاملة المثالية في وحدات الحفر

أ.د محمود حديد أستاذ مساعد في قسم الهندسة البترولية،

كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث..

احمد محمد طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم الهندسة البترولية، جامعة البعث.

ملخص البحث

تعتمد معظم وحدات حفر الآبار النفطية والغازية في تصاميمها التقنية على استخدام تركيبية منظومة كابلات أعظمية دون الأخذ بعين الاعتبار الحمولة المعلقة على الخطاف عند حفر آبار متباينة في الأعماق، مما يترتب على ذلك زيادة في الكلفة المادية، وانخفاض في المردود المفيد، مترافق مع زمن رفع وإنزال أكبر .

يتناول هذا البحث تأثير تركيبية الحبال المعدنية على مؤشرات مجموعة الرفع ويعطي الإجابة الواضحة على السؤال التالي: ما هي أفضل مؤشرات عمل مجاميع الرفع عند أقل منظومة للحبال المعدنية متوافقة مع الحمولة القصوى على الخطاف في وحدات حفر الآبار النفطية والغازية ؟

توصلنا في هذا البحث إلى نموذج رياضي يعتمد على الحل التحليلي لجملة من المؤشرات التصميمية لمجموعة الرفع بالعلاقة مع عدد الخطوط العاملة ، وحدد هذا النموذج عدد الخطوط العاملة المثالية قبل البدء بعملية الحفر عند حمولات متعددة على الخطاف بالنسبة لوحدات حفر مختلفة.

كلمات مفتاحية: وحدة الحفر ، مجموعة الرفع، منظومة الكابلات ، الخطوط العاملة، الحمولة على الخطاف ، المؤشرات التصميمية.

Improvement Hoisting System Indicators Depending On Optimal Drilling lines Number in Drilling Units

ABSTRACT

Most of oil and gas wells drilling units depend in its technical design on using great travelling system without taking into consideration hook load when drilling wells of different depths, which causes increase in material cost, decrease the efficiency, with more tripping time.

This research impact of travelling system structure on design parameters of hoisting system and deals with clear answer to the question: what are the best indicators of hoisting systems at less travelling system structure suitable with max allowable load on hook for oil and gas wells drilling units?

In this search we have reached a mathematical model based on graphical solution for set of design parameters of hoisting system in relation to number of drilling lines. This model determined optimal structure before beginning drilling process at multiple hook loads with reference to different drilling units.

Key words: Drilling unit, Hoisting System, Travelling system, Drilling lines, Hook load, Design Parameters.

1- مقدمة

تمثل منظومة الكابلات (Travelling system) أحد الأجزاء الرئيسية في مجموعة الرفع، (Hoisting system) التي تشمل بالإضافة لها كل من الخطاف، والأجهزة الرافعة، ومجموعة الكبح المرافقة، وجهاز تثبيت الطرف الثابت لكبل الحفر.

تضم منظومة الكابلات كل من البكرات المتحركة (Travelling blocks)، البكرات الثابتة (Crown blocks) و حبل الحفر (Drilling line)، حيث تتوضع الخطوط العاملة لحبل الحفر بين مجموعتي البكرات الثابتة والمتحركة، ويؤخذ عدد الخطوط العاملة بالعلاقة ($m=2n$) حيث n عدد البكرات المتحركة، ويرمز إلى تركيبية منظومة الحبال المعدنية من خلال العددين (3×4 ، 4×5 ، 5×6 ، 6×7)، ويشير العدد الأكبر إلى عدد البكرات الثابتة والأصغر إلى عدد البكرات المتحركة [1].

تشير الأبحاث والدراسات السابقة في هذا المجال إلى أن عدد الخطوط العاملة يحدد اعتماداً على عاملين أساسيين هما الحمولة القصوى المسموح بها على الخطاف، والمؤشرات التصميمية والحركية لمجموعة الرفع [1,6]، إلا أن معظم الباحثين قد تناولوا دراسة تأثير تركيبية منظومة الحبال المعدنية على مؤشرات مجموعة الرفع بشكل منفصل، كالعلاقة بين المردود المفيد وعدد الخطوط العاملة وإيجاد معامل فعالية البرج استناداً إلى عدد الخطوط [5]، إضافة إلى دراسة العلاقة بين العزم الدوراني وفعالية منظومة الحبال المعدنية وتأثير عدد الخطوط العاملة في الشد في الطرف المتحرك لكبل الحفر، مع دراسة إمكانية إضافة بكرات وسطية (Idler sheaves) [7] وأوضحوا أن تأثير تركيبية منظومة الكابلات في هذه المؤشرات متعدد الجوانب، إذ يحمل تغيير التركيبية تأثيرات إيجابية وأخرى سلبية على مؤشرات مجموعة الرفع، وهذه الأبحاث تناولت جزء من المؤشرات، إلا أن هذه الدراسة أخذت بالاعتبار دراسة جميع المؤشرات بصورة مجتمعة بالعلاقة مع عدد الخطوط العاملة، لتحديد العدد الأمثل الذي يؤمن أفضل

مؤشرات عمل مجموعة الرفع عند الحمولة المتوافقة مع أعماق الآبار النفطية أو الغازية في وحدات الحفر.

يعتبر زيادة الوقت المصروف لإنجاز حفرة البئر والكلفة المادية الكبيرة لعملية الحفر الناجمة عن عدم الاختيار المثالي لتركيبية منظومة الحبال المعدنية ، بسبب انخفاض سرعة رفع الخطاف مع انخفاض المردود المفيد لمنظومة الحبال المعدنية وزيادة طول كبل الحفر المستخدم، إلى جانب تقليل المشاكل الناتجة عن الاهتراء والتآكل في مضاجع البكرات وأشرطة الكابح وتقطع في أسلاك كبل الحفر، من أهم مبررات تنفيذ هذا البحث.

2- هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى الاختيار الأمثل لمنظومة الحبال المعدنية عند حمولة معينة على الخطاف ، بالنسبة إلى بارامترات تصميمية محددة لوحدة الحفر باستخدام برنامج MATLAB من خلال نموذج (Model) يعتمد على الحل التحليلي للوصول إلى حالة توازن بين الجوانب الإيجابية والجوانب السلبية لتأثير تغيير المنظومة على المؤشرات التصميمية والحركية لمجموعة الرفع في وحدات حفر الآبار النفطية و الغازية، ومما يضمن أن تكون الجوانب الإيجابية هي الغالبة و تأثير الجوانب السلبية في أدنى قيمة.

3- مواد وطرق البحث

- المؤشرات التصميمية والحركية (Design and kinetic indicators) لمجموعة الرفع والمؤثرة بشدة في فعالية وحدة الحفر، وقد تناول هذا البحث مجموعة من المؤشرات التصميمية كما هو موضح في الجدول(1) والتي قد يؤثر زيادة أو نقصان تركيبية المنظومة سلباً أو إيجاباً عليها، ومن أهمها [1,2]:
✓ الضغط التماسي (p) المؤثر في أشرطة الكابح الرئيسي المتناسب مع عزم الدوران المؤثر في المحور الرفع والذي يقل مع ازدياد منظومة الحبال المعدنية (تأثير إيجابي).

- ✓ طول كبل الحفر (L_w) المستخدم في وحدة الحفر والذي يزداد مع زيادة عدد الخطوط العاملة (تأثير سلبي).
 - ✓ العمر النسبي (L_h) لمضاجع البكرة السريعة ومضاجع مجموعة البكرات والذي يزداد كثيرا مع ازدياد تركيبة منظومة الحبال المعدنية (تأثير إيجابي).
 - ✓ سرعة رفع الخطاف (V_h) عند الاستطاعة المقدمة من محركات الأجهزة الرافعة والتي تقل مع زيادة المنظومة (تأثير سلبي)*.
 - ✓ الحمولة الشاقولية على البرج (F_{DV}) المتناسبة مع الشد في الطرف المتحرك لحبل الحفر والذي يقل مع ازدياد تركيبة منظومة الكابلات (تأثير إيجابي).
 - ✓ المردود المفيد لمنظومة البكرات ($\eta_{t.s}$) والذي يقل مع ازدياد تركيبة المنظومة (تأثير سلبي).
- الجدول (1)- يبين أهم المؤشرات التصميمية والحركية لمجموعة الرفع في وحدات الحفر.

| SYMBOL | HOISTING SYSTEM DESIGN INDICATORS | EQUATION |
|--------------|-----------------------------------|---|
| L_w | Drilling line length | $L_w = H(m + 2) + lp(m + 1) + lf$ |
| v_h | Hook Velocity | $v_h = \frac{N_e \cdot \eta_{t.s} \cdot N_D}{G_h}$ |
| $\eta_{t.s}$ | Efficiency | $\eta_{t.s} = \frac{\beta^m - 1}{m \cdot \beta^m (\beta - 1)}$ |
| L_h | Bearing life | $L_h = \frac{10^4 \cdot D_b \cdot \pi \cdot \eta^3 \cdot C^3 \cdot m^2}{288 \cdot V \cdot G_h^3}$ |
| p | Braking contact pressure | $p = \frac{2 \cdot G_h \cdot D \cdot e^{\mu \cdot \alpha}}{B \cdot D_t^2 (e^{\mu \cdot \alpha} - 1) \cdot m}$ |
| F_{DV} | Derrick load | $F_{DV} = (1 + \frac{2}{m}) \cdot G_h$ |

- برنامج بناء البئر (FORCAST) لآبار محفورة في مديرية حقول المنطقة الوسطى (Geologic and technical project) بأعماق مختلفة [4]) لحساب الحمولات على الخطاف عند كل عمق، كما يبين الجدول (2) وقد تم ذلك اعتماداً على وزن المتر الطولي من مواسير التغليف الوسطية (intermediate casing) حيث إن تركيبة المنظومة تزداد بازدياد الحمولة المسموح بها على الخطاف مع الأخذ بالاعتبار معامل أمان يصل إلى (120%)، من أجل حل بعض مشاكل الاستعصاء (backing off) التي من الممكن مصادفتها أثناء عمليات الحفر :

الجدول(2)- يبين الحمولات القصوى على الخطاف لكل بئر من الآبار المحفورة في مديرية حقول المنطقة الوسطى.

| Well name | Total Depth (m) | Depth of intermediate casing (m) | Max hook load (ton) |
|--------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|
| ALBREIJ-4 | 2550 | 2185 | 185 |
| ABO RABAH-20 | 2800 | 2550 | 200 |
| QARA-3 | 3570 | 3200 | 236 |
| SADAD-9 | 3775 | 3430 | 260 |

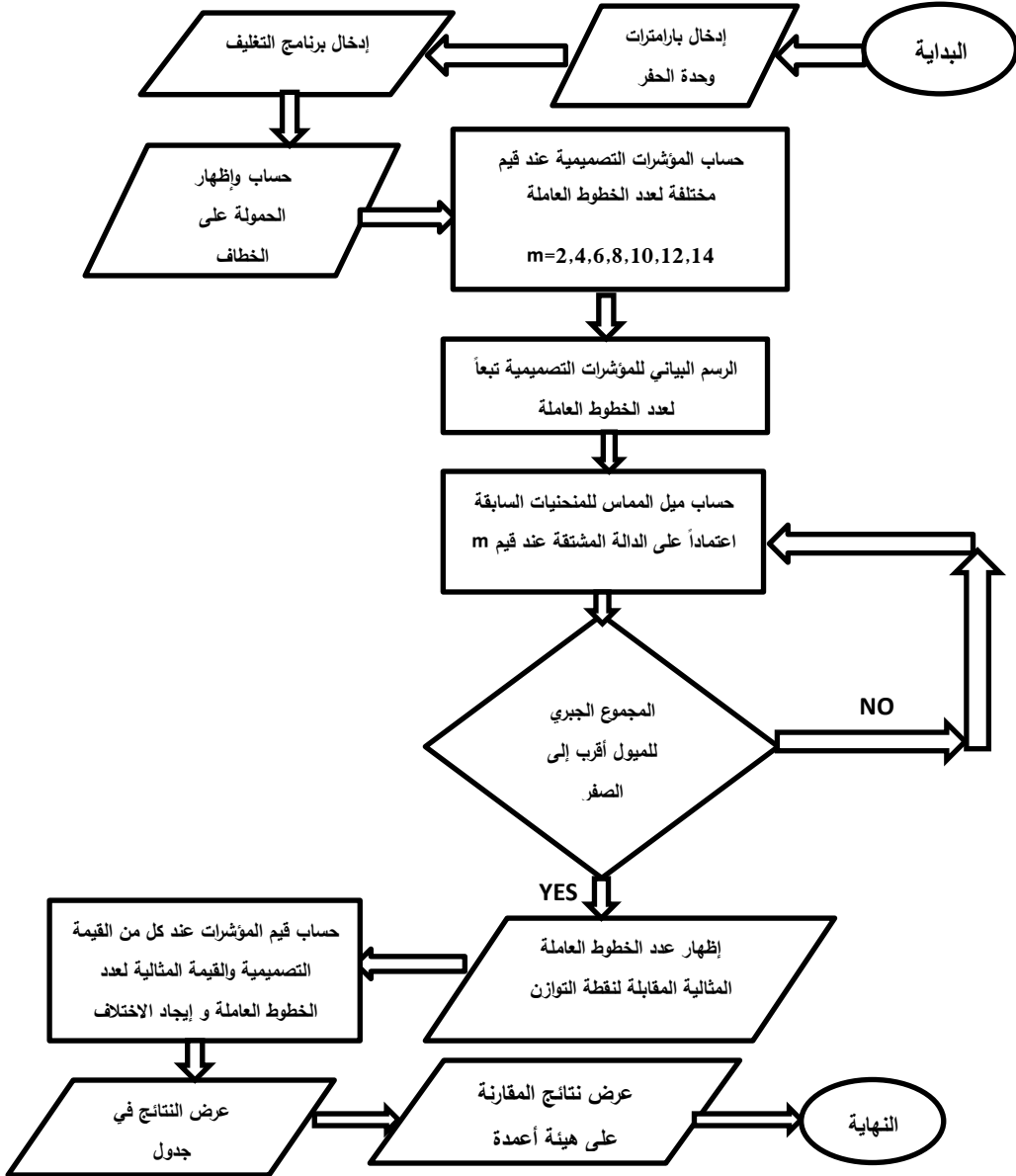
* سرعة رفع الخطاف والمردود المفيد لمنظومة البكرات أخذت ضمناً في علاقة العمر النسبي للمضاجع.

- نماذج عن وحدات الحفر مختلفة، وفيما يلي الجدول (3) يبين أهم المؤشرات التقنية لوحدات الحفر الروسية والأمريكية الصنع [9,10,11]:

الجدول (3) - يبين البارامترات التقنية لوحدات الحفر الروسية والأمريكية الصنع.

| Technical parameters | National 1320UE | National 110-M | Nationa 1 B-80 | BU5000 L32 DGO.I. | Uralmash 4500\270 :BM-EK | Uralmash 3900\225 :BM-EK | |
|----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
| Max static Hookload (ton) | 454 | 360 | 220 | 320 | 270 | 225 | |
| Drilling Depth(m) | 6069 | 4877 | 3000 | 5000 | 4500 | 3900 | |
| Horsepower rating(KW) | 2237 | 1119 | 750 | 1100 | 900 | 750 | |
| Max line pull(KN) | 680 | 354 | 317 | 288 | 288 | 288 | |
| Drilling line diameter(mm) | 31.8 | 3 1.8 | 32 | 32 | 32 | 28 | |
| Main brake | Diameter (mm) | 1270 | 1270 | 1160 | 1450 | 1450 | 1450 |
| | Band width(mm) | 263 | 263 | 263 | 230 | 230 | 230 |
| Drilling lines | 12 | 12 | 10 | 12 | 12 | 10 | |
| Sheaves diameter(mm) | 1120 | 1120 | 1000 | 1120 | 1120 | 1000 | |
| Mast | Max load (KN) | 6030 | 4780 | 3750 | 5000 | 3750 | 3750 |
| | Height(m) | 43.3 | 43.3 | 45 | 45 | 45.3 | 45.3 |
| Drawwork Drum Diameter(mm) | 800 | 685 | 635 | 990 | 800 | 700 | |

- تصميم نموذج لمعالجة المعطيات المختلفة لمجاميع الرفع وفق المؤشرات التقنية للقيم الموجودة في الجدول (3) وفق الحمولات المرفقة في الجدول (2) باستخدام برنامج (Matlab) وتم الوصول إلى المخطط الخوارزمي التالي للنموذج [3,8]:

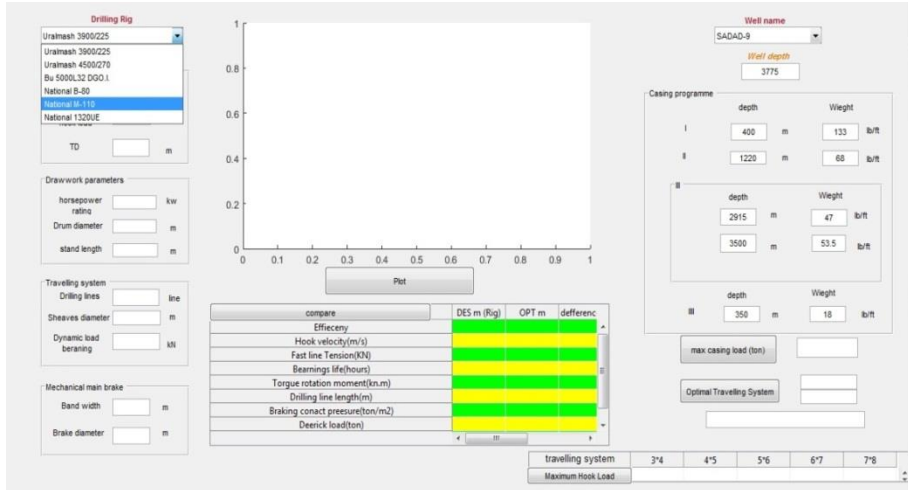


المخطط الخوارزمي للنموذج المقترح (Model flowchart).

4- النتائج ومناقشتها

تم في هذه الدراسة اعتماد الخطوات التالية في مناقشة وتحليل النتائج التي تم الوصول عليها وفق الخوارزمية السابقة:

1- تصميم واجهة رسومية باستخدام MATLAB تحاكي إدخال البيانات اللازمة لوحدة الحفر، إضافة إلى برنامج البئر كما يظهر الشكل (1) للوصول إلى عدد الخطوط العاملة المثالية اعتماداً على الحل التحليلي لجملة من المؤشرات التصميمية لمجموعة الرفع.

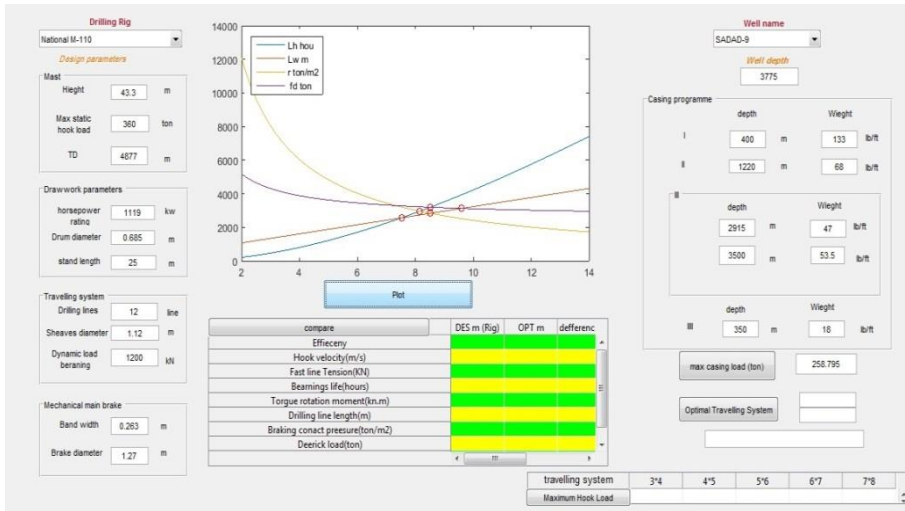


الشكل (1)-يبين الواجهة الرسومية GUI للبرنامج المقترح ويظهر اختيار وحدة الحفر والبئر المراد حساب عدد الخطوط العاملة المناسبة عند الحفر.

2- حساب المؤشرات التصميمية المبينة في الجدول (1) لمجموعة الرفع عند بارامترات وحدة الحفر التي تم اختيارها (الحمولة الحديدية، عدد الخطوط العاملة، ارتفاع البرج،

استطاعة الملفات، عدد الخطوط العاملة التصميمية)، والتي تعتبر مثالية بالنسبة لمؤشرات عمل وحدة الحفر المستخدمة عند الحمولة القصوى المسموح بها.

3- إدخال البيانات اللازمة إلى البرنامج المقترح، وإظهار الرسم البياني المبين في الشكل (2) لأهم المؤشرات المذكورة في الجدول (1) عند حمولة معينة على الخطاف وفق الجدول (2)، وبالنسبة لبارامترات وحدات الحفر الموضحة في الجدول (3).



الشكل (2) - يبين الرسم البياني الذي يظهره البرنامج لأهم المؤشرات التصميمية لمجموعة الرفع عند استخدام وحدة الحفر National M110 في حفر بئر SADA-9.

4- حساب ميل المماس لكل منحنى من المنحنيات السابقة اعتماداً على الدالة المشتقة، وإيجاد النقطة التي يكون عندها المجموع الجبري للميول عند نفس النقطة أقرب ما يمكن إلى الصفر، والتي تمثل نقطة التوازن بين مختلف المؤشرات التصميمية (التي تتأثر سلباً أو إيجاباً مع تغير عدد الخطوط العاملة)، وعندها تكون عدد الخطوط العاملة مثالية بالنسبة لوحدة الحفر عند الحمولة المختارة كما هو موضح في الجدول (4):

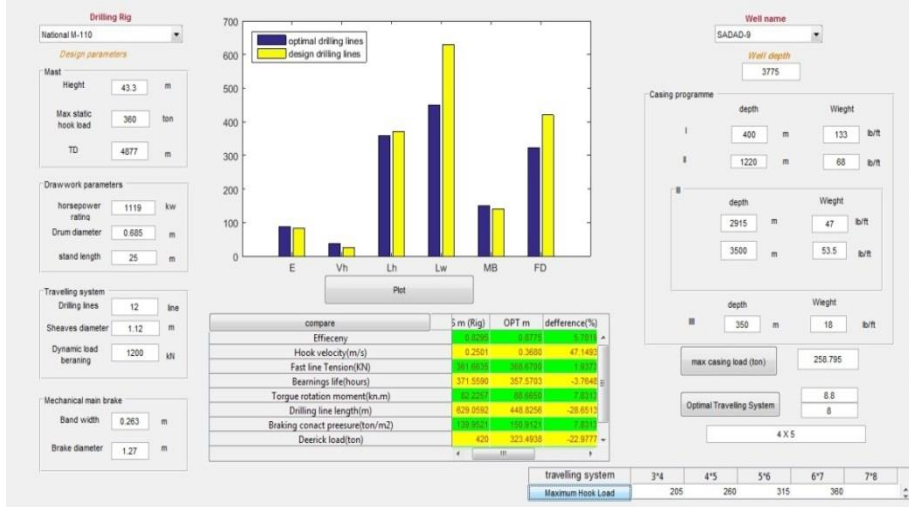
الجدول(4)- يبين عدد الخطوط العاملة المثالية بالنسبة لوحدات الحفر الروسية والأمريكية الصنع عند حمولات مختلفة على الخطاف.

| Drilling Rigs Max HKI | Uralmash 3900/225 BK-EM | Uralmash 4500/270 BK-EM | DGO Bu5000 L32.I. | Nationa 1 B-80 | Nationa 1 110 M | Nationa I 1320UE |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| 185 t | 8 | 8 | 6 | 8 | 6 | 6 |
| 200 t | 10 | 8 | 8 | 10 | 6 | 6 |
| 236 t | - | 10 | 8 | - | 8 | 6 |
| 258 t | - | 12 | 10 | - | 8 | 8 |

من خلال النتائج المذكورة في الجدول(4) وضحا التركيبة المثالية عند بئر معين بالنسبة لوحدات الحفر الروسية والامريكية ، ويلاحظ تغير التركيبة عند الحمولة المتناسبة مع عمق البئر حسب البارامترات التصميمية لكل وحدة حفر ،فمثلا عدد الخطوط العاملة الملائمة للحمولة (236 ton) هي (8) خطوط أي التركيبة (4×5) بالنسبة لوحد الحفر الروسية DGO Bu5000L32I. أما بالنسبة لوحد الحفر الأمريكية National 1320UE هي (3×4) مما يعبر عن فعالية مجموعة الرفع بالنسبة لهذه البارامترات والتي تؤمن أفضل مؤشرات لعمل مجاميع الرفع عند الحمولة على الخطاف وتركيبه الحبال المعدنية الملائمة لها.

5 - حساب مؤشرات مجموعة الرفع عند عدد الخطوط العاملة المثالية والحمولة الموافقة لها عند نفس البارامترات الأخرى.

6- إجراء **مضاهاة** مع مؤشرات مجموعة الرفع للتركيبية التصميمية (الخطوة 2) من خلال مخطط الأعمدة الذي يظهره برنامج MATLAB المبين في الشكل (3).



الشكل (3)-يبين التركيبية المثالية حسب البرنامج المقترح، ويوضح تأثير اختيار هذه التركيبية على المؤشرات التصميمية لمجموعة الرفع بالمقارنة مع التركيبية التصميمية.

على سبيل المثال، أنه عند استخدام وحدة الحفر الروسية (BU5000L32 DGO.1) أو الأمريكية (National 110 M) في حفر بئر (SADAD-9) حيث تكون الحمولة القصوى (260 ton) فإن المنظومة المثالية بالنسبة لوحدة الحفر الروسية هي (5×6) ، ولوحدة الحفر الأمريكية (4×5) وللتان تملكان نفس التركيبية التصميمية (6×7) عند حملتان حديتان مختلفتان (320) و (360) طن على التوالي ، وتم توضيح أن التركيبية المثالية تؤمن أفضل المؤشرات التصميمية لمجموعة الرفع عند أقل منظومة متوافقة مع الحمولة حسب مخطط الاعمدة المبين في الشكل(3)، وفق ما يوضحه الجدول (5) .

الجدول(5)-يبين التأثير الحاصل على المؤشرات التصميمية عند التركيبه المثاليه المختاره بالمقارنه مع التركيبه التصميميه لوحدي حفر مختلفين.

| Drilling rigs | BU5000L32 DGO.I | | National 110M | |
|--|-----------------|-------|---------------|-------|
| Travelling system | 6×7 | 5×6 | 6×7 | 4×5 |
| Design Parameters | m=12 | m=10 | m=12 | m=8 |
| Efficiency | 0.829 | 0.853 | 0.829 | 0.877 |
| Hook velocity(m/s) | 0.276 | 0.351 | 0.250 | 0.368 |
| Bearings life (hou) | 1684 | 1708 | 1484 | 1428 |
| Drilling line length (m) | 652 | 559 | 629 | 448 |
| Braking contact pressure(ton /m ²) | 158 | 153 | 140 | 151 |
| Derrick load (ton) | 373 | 310 | 420 | 323 |

من خلال مخطط الأعمدة المبين في الشكل(3) ، وكذلك الجدول (5) نبين أفضل مؤشرات عمل مجموعه الرفع عند أقل تركيبه متوافقه مع الحمل، حيث تزداد سرعة رفع الخطاف بنسبه تصل إلى (27%) ويزداد المردود المفيد لمنظومه الحبال بنسبه (3%) عند استخدام منظومه كابلات اقل من المنظومه التصميميه وفق الحمولة المناسبه لها مترافقه مع تقليل طول كبل الحفر اللازم بنسبه (14%)، مما يقلل من الكلفه الماديه والزمن اللازم لحفر البئر، إضافة إلى انخفاض العزوم الدورانيه بنسبه طفيفه وكذلك تقل الحمولات على البرج بنسبه (17%) مع ازدياد في العمر النسبي للمضاجع بنسب تصل إلى (12%)،(تبقى هذه المؤشرات ضمن الحدود المثاليه لعمل مجموعه الرفع عند التركيبه التصميميه والحمولة الحديه المسموح بها) عند استخدام وحدة الحفر (BU5000L32 DGO.I) في حفر بئر SADAD-9 حيث تركيبه الحبال المعدنيه المثاليه هي (5×6).

7- قد تم إغناء البرنامج من خلال حسابات الحمولات الحديدية عند كل منظومة بالنسبة لوحدات حفر مختلفة وفق المخطط الخوارزمي السابق وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (6) و الجدول(7):

الجدول(6)-يبين الحمولات الحديدية المسموح بها عند كل منظومة بالنسبة لوحدات الحفر الأمريكية.

| | Travelling System | 3×4 | 4×5 | 5×6 | 6×7 |
|---------------------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Max Hook load (Ton) For American rigs | National B-80 | 155 | 195 | 220 | - |
| | National 110 M | 205 | 260 | 315 | 360 |
| | National 1320UE | 255 | 320 | 385 | 450 |

الجدول(7)-يبين الحمولات الحديدية المسموح بها عند كل منظومة بالنسبة لوحدات الحفر الروسية.

| | Travelling System | 3×4 | 4×5 | 5×6 | 6×7 |
|--------------------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Max Hook load (Ton) For Russian rigs | Uralmash 3900\225 BM-EK | 160 | 200 | 225 | - |
| | Uralmash 4500\270 BM-EK | 155 | 200 | 240 | 270 |
| | BU5000L32 DGO.I. | 185 | 235 | 280 | 320 |

اعتماداً على النتائج المبينة في الجداول (6) و (7) تم التوصل إلى الحمولات القصوى الحدية (Critical loads) وفقاً لكل منظومة للحبال المعدنية بالنسبة لكل وحدة حفر، مما يتيح لطاخم الحفر معرفة الحمولات التي من الممكن الشد إليها في حال حدوث استعصاء بتشكيلة الحفر (Sticking drilling string)، ومعرفة درجة الأمان التي تعمل عنده وحدة الحفر.

5- الاستنتاجات

توصلنا في هذه الدراسة إلى الاستنتاجات التالية:

- في هذا البحث تم استخدام برنامج Matlab للنموذج الرياضي وفق المخطط الخوارزمي السابق كما تظهر الأشكال (1,2,3)، وهذا النموذج يمكن من الحصول على عدد الخطوط العاملة لجميع وحدات الحفر الروسية والأمريكية والصينية في حال توفر أهم البارامترات التصميمية لمجموعة الرفع ، ومن الممكن إنشاء جدول خاص بكل حفارة نفطية أو غازية، أو الحصول عليها مباشرة بعد إدخال المعلومات اللازمة.
- إن تغيير عدد الخطوط العاملة إلى القيمة المثالية بشكل متوافق مع الحمل يحسن من فعالية مجموعة الرفع بالكامل من خلال:
 - زيادة سرعة رفع الخطاف عند الاستطاعة المقدمة من الملفاف.
 - زيادة المردود المفيد لمنظومة الحبال المعدنية.
 - تقليل من طول كبل الحفر المستخدم.
 - انخفاض الحمولة الشاقولية على البرج.
 - المحافظة على العمر النسبي للمضاجع والضغط التماسي المؤثر في الكابح الرئيسي ضمن الحدود المثالية بالمقارنة مع عدد الخطوط العاملة التصميمية.
- بالنتيجة تقليل الكلفة المادية والوقت المصروف لإنجاز حفرة البئر .
- تحديد الحمولة القصوى المسموح بها على الخطاف عند كل تركيبة بالنسبة لمختلف وحدات الحفر .

التوصيات

- يلاحظ وفقاً للنتائج المذكورة في الجدول (5) بالنسبة للحفارة الامريكية (National110M) عند الحمولة الحديدية (260 ton) المبينة في الجدول (6) زيادة الضغط التماسي بنسبة (7%) ويقل العمر النسبي للمضاجع بنسبة (4%) مع تحسن بقية المؤشرات، لذلك نوصي في مثل هذه الحالات عند الحمولات الحديدية المسموح بها لكل منظومة استخدام تركيبة منظومة أكبر من المنظومة المثالية المختارة لضمان عمل مجموعة الرفع وفق أفضل المؤشرات.
- نوصي بتبديل المنظومة قبل البدء بعملية الحفر من خلال لف كبل الحفر على البكرات الثابتة والمتحركة للحصول على عدد الخطوط المثالية لكل بئر إذا كانت الحفارة مجهزة بمجموعة بكرات أعظمية ، ومن الصعب استبدالها بمجموعة أقل.
- لا نوصي بتغيير المنظومة مع زيادة العمق أي مع تغيير الحمولة بين أقل قيمة متمثلة بمنظومة الأجزاء المتحركة إلى أقصى قيمة والمتمثلة بوزن عمود المواسير الذي يبلغ طوله عمق المرحلة لأن هذه العملية تتطلب جهداً ووقت طويل وزيادة فترة حفر البئر والكلفة.
- لا بد من تطبيق هذه النتائج حقلياً للحفارات المتواجدة في الحقول السورية، لاختبار مدى دقة النتائج تجريبياً.
- نوصي بتطوير النموذج من خلال إضافة قاعدة بيانات ضخمة لمختلف وحدات الحفر ، إضافة إلى آبار متعددة مما يمكن من إجراء المقارنة بصورة أدق ومن الممكن أن يحدد الحفارة المناسبة حسب عمق كل بئر نفطي أو غازي.

الملحق (1) - يوضح شرح الرموز مع الوحدات للعلاقات الرياضية في
الجدول (1).

| الواحدة | المعنى العلمي | الرمز |
|-------------------|---------------------------------------|--------------|
| m | ارتفاع برج الحفر | H |
| m | طول الكبل الملتف على البكرة | lp |
| - | عدد الخطوط العاملة | m |
| m | عدد اللفات الاحتياطية | lf |
| KW | الاستطاعة المقدمة من المحرك | N_e |
| $\eta_{t.s}=0.75$ | معامل المردود المفيد لمجموعة الحفر | $\eta_{t.s}$ |
| KW | استطاعة مجموعة الرفع | N_D |
| KN | الحمولة على الخطاف | G_h |
| - | معامل مقاومة البكرات | β |
| m | قطر البكرة | D_b |
| - | معامل المردود لمنظومة الكابلات | η |
| KN | الحمولة الديناميكية على المضاجع | C |
| m/s | سرعة رفع الخطاف | V |
| m | القطر الوسطي لأسطوانة الملفاف | D |
| m | قطر عجلة الكابح | D_t |
| m | عرض اللقم | B |
| - | معامل احتكاك ازواج الصفائح الاحتكاكية | μ |
| راديان | زاوية إحاطة الشريط بعجلة الفرامل | α |

6- المراجع العلمية

1 - أ.د. حديد ,محمود -ميكانيك آلات الحفر والإنتاج (1) - القسم العملي

-كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية ,منشورات جامعة البعث, 2008-2009 .

2- د. الجواهري، محمد مهدي، دراسة العلاقة بين تركيبية منظومة الحبال والمؤشرات التصميمية لمجموعة الرفع في وحدات حفر الآبار النفطية، مجلة

جامعة البعث، 2002.

3- د. يونس ، حميد عبد الكريم ، البرمجة بلغة MATLAB، كلية العلوم -

جامعة البصرة، أذار 2009 .

4-الشركة السورية للنفط، برنامج بناء البئر، مديرية الحقول الوسطى، 2017.

5- JACK, F and DAVID, S 1972 -APPLIED DRILLING

ENGINEERING. Richadons.TX, First Edition, U.S.A,

513pages.

6- DAVIS, L .d 1981 - THE BLOCKS AND DRILLING LINE,

Second Edition, Houston, Texas, 51 pages.

7- GABOLDE, G and NGUYEN, J .p1999- DRILLING DATA

HANDBOOK, Third Edition, Richardson. TX, U.S.A, 258

pages.

8- MARCHAND, P and HOLLAND, T- Graphics and GUIs

with MATLAB, CRC Press Company.

9- KCA DEUTAG **T-19 NATIONAL 110M**. April, 2015

10- KCA DEUTAG **T-80 NATIONAL 1320UE** , November ,2015.

11- <http://Moscow.prompetrol.su/goods/3719387/burovaya-ustanovka-uralmash.htm>.