

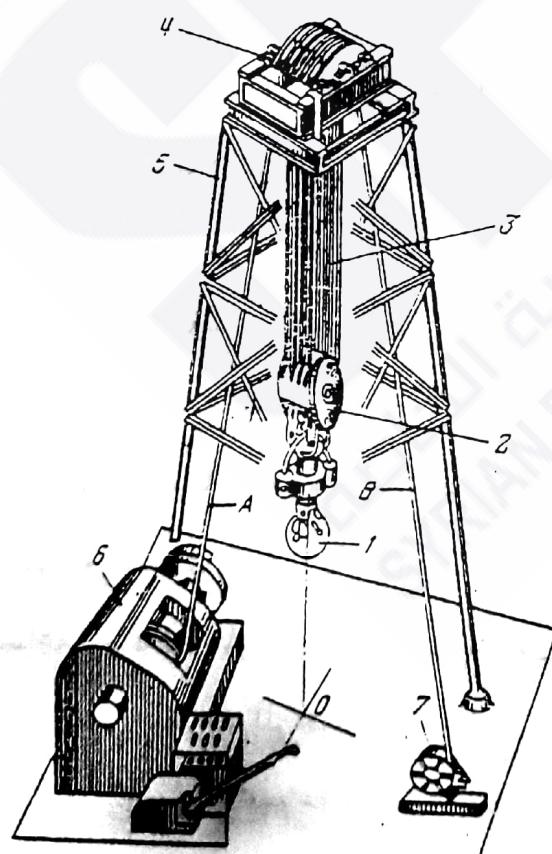
# الفصل العاشر

## منظومة الكابلات

تمثل منظومة الكابلات أحد الأجزاء الرئيسية لمجموعة الرفع التي تشمل إضافة إلى المنظومة : الخطاف (1) والأجهزة الرافعة (6) ومجموعة الكبع المرافق لها وجهاز تثبيت الطرف الثابت لحل الحفر (7) ، الشكل رقم (1-X) . كما تضم أيضاً الأجهزة المساعدة في عملية الرفع والإنزال ومعدات تعليق أجزاء المجموعة .

تضم مجموعة الكابلات :

- مجموعة البكرات المتحركة (2).
  - حبل الحفر (3) .
  - مجموعة البكرات الثابتة (4) .
- الشكل رقم (1-X) :  
منظمه الرفع



## X-1: مهام مجموعة الكابلات

لمنظومة الكابلات مهمتان أساسيتان هما :

1. تخفيف الحمولة عن الأجهزة الرافعه وبالتالي تقليل الاستطاعة اللازمه لمجموعة تشغيل مجموعة الرفع بكاملها .
2. تحويل الحركة الدورانية لحاوار الأجهزة ومجموعة تشغيلها إلى حركة مستقيمة شاقولية متوافقة مع حركة عمود مجموعة المواسير خلال عمليات الرفع والإنتزال وعمليات الحفر أيضاً .

أما مهامها الأخرى فهي المهام العامة لمجموعة الرفع وهي :

1. إنتزال عمود مجموعة المواسير مع الدقاق الجديد بعد استبدال الدقاق المستهلك إلى موقع الحفر ( قعر البئر ) .
2. إسناد عمود مجموعة المواسير واحتزاز الوزن الفائض عن الحمولة المنصبة على الدقاق خلال عملية الحفر .
3. إطالة عمود مجموعة المواسير عند التغلغل في عمق البئر خلال الحفر .
4. رفع العمود عند استهلاك الدقاق المستخدم أو عند انتهاء مرحلة حفر معينة أو حفر بئر بالكامل .
5. إنتزال مواسير التغليف عند انتهاء كل مرحلة من تصميم البئر .
6. إنتزال أجهزة ومعدات الاختبار خلال عمليات اختبار البئر .
7. المساعدة في عمليات إنتزال ورفع بعض معدات ووحدة الحفر خلال عمليات تركيب أو تفكيك الوحدة .
8. المساعدة بسحب المواسير من قواعد تجميعها ورفعها إلى أرضية السرج ورفع وإنزال بعض المعدات الموجودة على الأرضية .

توزع حمولة عمود مجموعة مواسير الحفر أو مواسير التغليف على الخطاف أو لاقطة ( ماسكة ) المواسير بين الخطوط العاملة لحبل الحفر التي يتحدد عددها وفق عدد

بكرات مجموعتي البكرات المتحركة والثابتة .

## X-2 - تركيبة منظومة الكابلات

تتميز تركيبة منظومة الحبل لوحدة الحفر بالتفاف طرف حبل الحفر حول بكرات مجموعة البكرات التاجية (الثابتة) . حيث :

- يلف الأول على أسطوانة الأجهزة الرافعه بعد تثبيته على جدران الأسطوانة الجانبية ويسمى بالطرف المتحرك .
- يثبت الثاني دون حركة على معدات تثبيت خاصة لهذا الغرض مثبتة تحت منصة البرج على القاعدة الهيكلية للمنصة ويسمى بالطرف الثابت (الميت) . لتحقيق ذلك لابد أن يكون عدد بكرات مجموعة البكرات التاجية أكبر من عدد البكرات المتحركة بيكرة واحدة . ومن خلال هذين العددين يرمز إلى تركيبة منظومة الحبال : (  $7 \times 8$  ,  $6 \times 7$  ,  $5 \times 6$  ,  $4 \times 5$  ,  $3 \times 4$  ,  $2 \times 3$  ) .

عند لف حبل الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعه ترتفع مجموعة البكرات المتحركة مع الخطاف والثقل المعلق عليه نحو مجموعة البكرات التاجية (الثابتة) .

عند إنزال المجموعة ينزاح الحبل عن الأسطوانة الدائرة في الاتجاه المعاكس تحت تأثير وزن مجموعة البكرات المتحركة والخطاف والثقل المعلق عليه . يستخدم الطرف الثابت لحبيل الحفر لربط وثبت أجهزة قياس تغيير الحمولة على الخطاف والثقل المعلق عليه .

تتوسط الخطوط العاملة لحبيل الحفر بين بكرات مجموعتي البكرات التاجية (الثابتة) والمتحركة وهي بخلاف الطرفين المتحرك والثابت ذات طول يتغير عند رفع الخطاف وإنزاله .

تسمى العلاقة بين عدد الخطوط العاملة وعدد الخطوط النازلة من مجموعة البكرات على أسطوانة الأجهزة الرافعه (الخطوط المتحركة) بـ **تركيبة منظومة الكابلات** .

توافق تركيبة منظومة الكابلات في وحدات الحفر مع عدد الخطوط العاملة في المنظومة ، حيث لدينا طرف متحرك واحد . وبما أن الطرف الثاني لحبال الحفر ثابت (غير عامل ) لذا تكون تركيبة منظومة الكابلات في وحدات الحفر ، وبغض النظر عن عدد البكرات في مجموعة البكرات ، مساوية لعدد زوجي يساوي ضعف عدد بكرات مجموعة البكرات المتحركة (n) ، أي :

$$m = 2n$$

(X-1)

### X-3 : تأثير تركيبة منظومة الكابلات في مؤشرات مجموعة الرفع

يتم تحديد التركيبة المعنية اعتماداً على :

- متانة حبل الحفر المرتبطة قبل كل شيء بقطره . وبما أن أقطار حبل الحفر المستخدم في وحدات الحفر محددة بالأقطار التصميمية المقبولة لأسطوانة الأجهزة الرافعة وأقطار بكرات منظومة الحبال فإن تركيبة المنظومة تزداد بازدياد الحمولة المسموح بها على الخطاف .
- المؤشرات التصميمية والحركية الكثيرة لمجموعة الرفع والمؤثرة بشدة في فعالية وحدة الحفر .

لذلك سندرس فيما يلي تأثير التركيبة في المؤشرات الأساسية لمجموعة الرفع .

#### X-3-1 : تأثير التركيبة في طول عمر خدمة قبل الحفر

يعتمد عمر الخدمة الإرهابي لكبل الحفر على : الشد في خطوطه وعدة إلتواءاته على بكرات منظومة الحبال .

ويمكن بدقة مقبولة تحديد طول عمر خدمة قبل الحفر من العلاقة المعروفة للحالة الإرهابية (الإجهاضية ) للمعادن عموماً :

$$P_1^S N_1 = P_2^S N_2 \quad (X-2)$$

حيث إن :

$P_1, P_2$  : الشد في خطوط حبل الحفر العاملة .

$N_1, N_2$  : عدد دورات العمل المتكررة حتى تقطع الحبل عند تأثير الحمولات ( $P_1, P_2$ ) على التوالي .

$S$  : مؤشر أسي يعبر عن الحالة الإرهابية للمعدن ، تتغير قيمته في حدود (20-3)

وتحتاج للحبار المستخدمة في وحدات الحفر بقيمتها الصغرى أي ( $S = 3$ )

يتم تحديد عدد دورات العمل (أو الانحناء) المتكررة ( $N$ ) حتى تقطع حبل الحفر وفق عدد أشواط مواسير الحفر المرفوعة من العلاقة :

$$N = n \cdot K \quad (X-3)$$

حيث إن :

$K$  : عدد أشواط المواسير المرفوعة المحددة بطول عمر خدمة حبل الحفر الإرهابي .

$n$  : عدد إanhnées (دورات) حبل الحفر خلال رفع شوط واحد من المواسير وتعتمد

على : - طول حبل الحفر الملفوف على أسطوانة الأجهزة الرافعة .

- الطول الأولي لخطوط حبل الحفر العاملة ويؤخذ مساوياً لارتفاع

البرج .

$$n = \frac{L}{H} = \frac{l.m}{H} \quad (X-4)$$

$L$  : طول الحبل الملفوف على أسطوانة الأجهزة الرافعة .

$l$  : طول شوط مواسير الحفر .

$m$  : تركيبة منظومة الحبال .

$H$  : ارتفاع البرج .

وفق العلاقة (X-4) نجد أن عدد الانحناءات حتى تقطع حبل الحفر يساوي :

$$N = \frac{l.m}{H} K \quad (X-5)$$

يتناصف الشد في الطرف المتحرك للحبل عكسياً مع تركيبة منظومة الحبال وفق

العلاقة :

$$P_1 = \frac{G_h + G_t}{m\eta} \quad (X-6)$$

حيث إن :  
 $G_h$  : الخمولة المعلقة على الخطاف وزن الأجزاء المتحركة من منظومة الحبال .  
 $\eta$  : المردود المفید لمنظومة الحبال .

بالتعويض في العلاقة (X-2) بقيم العلاقة (X-5) و (X-6) وتبسيطها نحصل :

$$K_2 = \frac{K_1 \cdot m_1}{m_2} \left[ \frac{m_2 \cdot \eta_2}{m_1 \cdot \eta_1} \right]^s = K_1 = \left[ \frac{m_2}{m_1} \right]^{s-1} \left[ \frac{\eta_2}{\eta_1} \right]^s$$

بتعويض قيمة ( $s = 3$ ) نحصل على :

$$K_2 = K_1 \left[ \frac{m_2}{m_1} \right]^2 \left[ \frac{\eta_2}{\eta_1} \right]^3 \quad (X-7)$$

من العلاقة (X-7) نجد أن عدد أشواط المواسير المرفوعة ( $K_2$ ) بالمقارنة بـ ( $K_1$ ) حتى تقطع حبل الحفر يزداد بتناسب طردي مع مربع علاقة تركيبية منظومة الحبال ( $m_2$  ,  $m_1$ ) . ويبين ذلك التأثير الإيجابي لزيادة تركيبة منظومة الحبال على طول عمر حبل الحفر .

### X-3-2 : تأثير التركيبة في طول كبل الحفر ومؤشرات لفه على أسطوانة الأجهزة الرافعه

يحدد طول حبل الحفر المستخدم في وحدة الحفر من العلاقة :

$$L_H = H(m+2) + l_p(m+1) + l_f \quad (X-8)$$

حيث إن :

$H$  : الارتفاع المفید لبرج الحفر .

$D_p$  : قطر بكرات المجموعة .

$I_p = \frac{\pi D_p}{2}$  : طول حبل الحفر الملتف حول بكرة واحدة من بكرات المنظومة :

$L$  : طول لفات حبل الحفر الاحتياطية على أسطوانة الأجهزة الرافعة (عندما تكون مجموعة البكرات المتحركة عند أرضية البرج) ويترافق هذا الطول في حدود (50-100) م.

وفقاً للعلاقة (X-8) يتضح أن طول كبل الحفر المستخدم في وحدة الحفر يزداد بتناسب طردي بزيادة تركيبة منظومة الحبال.

زيادة طول حبل الحفر المستخدم تؤدي إلى :

- زيادة طول كبل الحفر الملفوف على أسطوانة الأجهزة الرافعة وبالتالي
- زيادة عدد طبقات لف الحبل على الأسطوانة ونتيجة ذلك
- زيادة متوسط قطر لف حبل الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعة إلا أن هذا التغيير في متوسط القطر يكون في حدود قليلة لا تذكر ضمن حدود العملية المقبولة
- عملية لف حبل الحفر .

المحافظة على متوسط القطر الأولي للف الحبل على أسطوانة الأجهزة الرافعة مع تغير تركيبة منظومة الحال تتطلب تغيير طول الأسطوانة وهي عملية غير محبذة.

### X-3-3 : تأثير التركيبة في العدد التحويلي لمجموعة نقل الحركة

كما هو معروف تغير سرعة رفع الخطاف ضمن مجال معين محدد بمتطلبات تكنولوجيا الحفر وسلامة عمليات الرفع والإزاله . لهذا وانطلاقاً من عدد دورات محور المحرك

المستخدم في مجموعة تشغيل مجموعة الرفع يتم تحديد سرعة الخطاف وفق العلاقة :

$$V_h = \frac{\pi D_a n_e}{60 j_u m} \quad m/s \quad (X-9)$$

حيث إن :

$V_h$  : سرعة رفع الخطاف .  
 $D_a$  : متوسط قطر لف حبل الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعه .  
 $n_e$  : عدد دورات محور المحرك في الدقيقة .  
 $i_r$  : العدد التحويلي لمجموعة نقل الحركة من محور المحرك إلى المحور الرافع للأسطوانة  
 $m$  : تركيبة منظومة الحبال (عدد الخطوط العاملة لحبيل الحفر المستخدم في المنظومة)  
 بإهمال الزيادة في متوسط قطر لف حبل الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعه  
 الناتجة عن اللف المتعدد الطبقات ، يمكن المحافظة على سرعة الخطاف في حدود  
 المعطيات الأولية عند تغيير سرعة دوران أسطوانة الأجهزة الرافعه ( $n_1$ ) وفق الشرط :

$$i_r = \frac{\pi D_a n_1}{60 m_1} = \frac{\pi D_a n_2}{60 m_2} = const$$

من هذه العلاقة نحصل على :

$$n_2 = n_1 \frac{m_2}{m_1} \quad (X-10)$$

$D_a$  : متوسط قطر لف حبل الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعه .  
 $n_1, n_2$  : سرعة دوران أسطوانة الأجهزة الرافعه عند تركيبتين منظومة الحبال الأولية  
 والجديدة ( $m_1, m_2$ ) .

من العلاقة (X-10) نجد أن المحافظة على ثبات سرعة رفع الخطاف تتطلب  
 تغيير سرعة دوران محور الرفع بالتناسب مع العلاقة بين التركيبتين الأولية والجديدة  
 لمنظومة الحبال .

يحدد العدد التحويلي لمجموعة نقل الحركة ، عند الأخذ بالاعتبار العلاقة  
 الحركية لأسطوانة الأجهزة الرافعه مع مجموعة تشغيل الأجهزة الرافعه وفق العلاقة رقم  
 (X-9) . لذلك يمكن المحافظة على ثبات سرعة الخطاف عند تغيير تركيبة منظومة  
 الحبال بتحقق الشرط التالي :

$$\frac{\pi D_a n_e}{60 i_{r1} m_1} = \frac{\pi D_a n_e}{60 i_{r2} m_2}$$

من هذه العلاقة نحصل على :

$$i_{12} = i_{11} \frac{m_1}{m_2} \quad (X-11)$$

من العلاقة رقم (X-11) نجد أن العدد التحويلي ، عند تغير تركيبة منظومة الحبال يتغير بتناسب طردي مع علاقة التركيبة الأولية إلى التركيبة المختارة .

#### X-3-4 : تأثير التركيبة في عدد دورات المحور الرافع

وفقاً للعلاقتين (X-10) و (X-11) ، يمكن التأكيد على أن المحافظة على ثبات سرعة رفع الخطاف مع زيادة تركيبة منظومة الحبال يتطلب زيادة سرعة دوران أسطوانة الأجهزة الرافعة بتناسب طردي من خلال تقليل العدد التحويلي لمجموعة نقل الحركة المنظومة الرفع .

#### X-3-5 : تأثير التركيبة في العزوم الدورانية المؤثرة في المحور الرافع

يتغير عزم الدوران المؤثر في المحور الرافع للأجهزة الرافعة ومحاور مجموعة نقل الحركة المرتبطة معه حركيًا بتناسب عكسي مع تغير تركيبة منظومة الحبال .

يا بهما الزراعة في متوسط قطر لف حبل الخفر على أسطوانة الأجهزة الرافعة ، يمكن تحديد التغير النسبي للعزوم الدوراني وفق تركيبة منظومة الحبال من العلاقة :

$$M_2 = M_1 \frac{m_1 \eta_1}{m_2 \eta_2} \quad (X-12)$$

وفقاً لذلك يمكن تحديد قيم عزوم الدوران النسبي ومعامل المردود المفيد لمنظومة الحبال حسب تركيبة المنظومة .

في هذه الحالة يجب الأخذ بعين الاعتبار انخفاض الحمولة الحسابية على مضاجع البكرة السريعة لمنظومة الحبال ( البكرة الملتئف حولها الطرف المتحرك لحبال الخفر ) والتي تحدد وفق العلاقة :

$$R = \frac{2G}{m\eta} \quad (X-13)$$

يحدد العزم الدوراني على محور أسطوانة الأجهزة الرافعة الناتج عن تأثير قوى

$$M_r = J\omega \quad \text{العطاله وفق العلاقة :} \quad (X-14)$$

J : عزم العطاله المؤثر على محور أسطوانة الأجهزة الرافعة تحت تأثير الحمولة المعلقة في الخطاف .

$\varphi$  : تسارع أو تباطؤ محور أسطوانة الأجهزة الرافعة (المحور الرافع) .  
من قانون توازن (استقرارية ) الطاقة الحركية المؤثرة في الكتل الحقيقية الدوارة (دون حساب الطاقة الحركية للبكرات ) لدينا :

$$J = J_d + \frac{m_d D^2}{4m^2} \quad (X-15)$$

حيث إن :

$J_d$  : عزم العطاله لمحور أسطوانة الأجهزة الرافعة والكتل الدوارة معه .

$m_d$  : كتلة الأجزاء المتحركة حركة مستقيمة ترددية من منظومة الحال وعمود مجموعة المواسير المعلق على الخطاف .

$m$  : تركيبة منظومة الحال .

بتعریض القيم في العلاقة رقم (X-14) نحصل على :

$$M_r = J_d\omega + \frac{m_d D^2}{4m^2}\omega \quad (X-16)$$

نجد من هذه العلاقة أن العزم الدوراني الناتج عن قوى عطاله الكتل المتحركة حرکة مستقيمة ترددية يقل بالتناسب مع مربع تركيبة منظومة الحال .

نتيجة لذلك ، ينخفض أيضاً العزم الدوراني الناتج من القوى المستقرة (الستاتيكية) عند زيادة تركيبة منظومة الحال ، العلاقة (X-12) .

### X-3-6 : تأثير التركيبة في الشد في الطرف المتحرك لحبال الحفر

يتم تحديد الشد في الطرف المتحرك لحبال الحفر وفق :

الحمولة على الخطاف وحركية منظومة الحبال التي تأخذ بالحسبان مقاومة بكرات المنظومة ( $\beta''' = \frac{1}{\eta} = 1.03$ ) و تركيبتها وفق العلاقة :

$$P_t = P_h \frac{\beta'''(\beta - 1)}{\beta''' - 1} \quad (X-17)$$

يتضح من العلاقة أن قيمة الشد في الطرف المتحرك لحبال الحفر تنخفض انخفاضاً كبيراً بالنسبة إلى الحمولة المعلقة على الخطاف نتيجة استخدام منظومة الحبال .

ف عند استخدام تركيبة (5×4) تكون قيمة الشد في الطرف المتحرك لحبال الحفر (Q 0.142) ، أما عند استخدام تركيبة (7×8) فتنخفض حتى (Q 0.088) .

### X-3-7 : تأثير التركيبة في م坦ة و عمر مجموعة الرفع وأجزائها

يحدد طول عمر خدمة المضاجع بصورة عامة وفق العلاقة :

$$L = \frac{10^6}{60 n} \left( \frac{C}{R} \right)^3 \quad (X-18)$$

حيث إن : L : طول عمر الخدمة النظامي .

n : عدد الدورات في الدقيقة .

C : الحمولة الديناميكية على المضاجع وفق الوثائق المصنعة .

R : الحمولة المكافئة .

يعتمد عدد دورات البكرة السريعة في منظومة الحبال على تركيبتها وسرعة

الخطاف وفق العلاقة :

$$n_b = \frac{60 V_m}{\pi D_b} \quad (X-19)$$

حيث إن : D<sub>b</sub> : قطر البكرة .

بتعريض قيم (R) من العلاقة (X-13) و (n<sub>b</sub>) من العلاقة (X-19) في العلاقة (X-18) نحصل على العلاقة المحددة لعمر خدمة المضاجع بدلاًلة تركيبة منظومة الحبال:

$$L = \frac{10^4 \pi D_b \eta^3 C^3}{288 V G^3} m^2 \quad (X-20)$$

وفق هذه العلاقة نلاحظ أن طول عمر المضاجع يزداد زيادة كبيرة عند زيادة تركيبة المنظومة لأنها يتاسب طردياً مع مربع التركيبة.

يحدد معامل احتياطي الحمولات المهمشة للسلالس ، المحدد في أكثر حمولات مجموعه تشغيل الخور الرافع تحميلاً ، وفق العلاقة :

$$S = H_S \frac{P_c \cdot Z_L \cdot t}{G_{\max} \cdot D} \quad (X-21)$$

حيث إن :

P<sub>c</sub> : الحمولة المهمشة للسلالس .

G<sub>max</sub> : الحمولة القصوى على الخطاف .

Z<sub>L</sub> : عدد أسنان العجلة النجمية للمحولة التحتية .

t : خطوة السلالس .

D : القطر الحسابي للف حبل الحفر على أسطوانة الأجهزة الرافعة .

H<sub>S</sub> : معامل احتساب تركيبة منظومة الحبال و مردودها المفيد .

عند الأخذ بعين الاعتبار العلاقة الأساسية لطول عمر خدمة السلالس ومعامل احتياطي متناثتها تحدى الإشارة إلى التأثير الإيجابي لزيادة تركيبة منظومة الحبال في طول عمر خدمة الحمولات السلسلية . على سبيل المثال :

بؤدي الانتقال من التركيبة (5 × 4) إلى (6 × 5) إلى زيادة عمر خدمة السلالس وفق العلاقة :

$$T = T \left[ \frac{n_2}{n_1} \right]^4 \quad (X-22)$$

حيث تحسب قيمة ( $n_2$ ) من علاقة الحساب على التحمل :

$$n_2 = n_1 \frac{H_2 D_1}{H_1 D_2}$$

وعند اعتبار ( $n_1$ ) تساوي (1) للتركيبة ( $5 \times 4$ ) تحصل على ( $n_2 = 1.17$ ) للتركيبة ( $6 \times 5$ ) وبذلك تحصل على :

$$t = T \left( \frac{1.17}{1} \right)^4 = 1.87 T$$

أي أن طول عمر خدمة السلاسل يزداد (1.87) مرتة بالمقارنة بطول عمر خدمتها عند استخدام تركيبة ( $4 \times 5$ ) .

### X-3-8 : تأثير التركيبة في عمر خدمة الكابح الشرطي الرئيسي والكابح المساعد وفعاليتهما

كما هو معروف تحدد فعالية الكابح الشرطي من خلال احتياطي الكبح وطول عمر الصفائح الاحتاكية المزدوجة .

يزداد معامل الكبح بزيادة تركيبة منظومة الحبال بتاسب طردي :

$$K = \frac{M_B}{M_1} = \frac{2M_B m}{GD} \quad (X-24)$$

حيث إن :

$M_B$  : عزم الكبح (عزم احتاك الكابح الشرطي) والذي يحدد وفق مؤشرات الكابح التصميمية .

$M_1$  : عزم الدوران الذي يعتمد على : - الحمولة على الخطاف (G) .  
- تركيبة منظومة الحبال (m) .

D : القطر الوسطي للف حبل الخفر على أسطوانة الأجهزة الرافعة .  
يعتمد تآكل (استهلاك) الصفائح الاحتاكية المزدوجة على عدد كبير من المؤشرات أو العوامل منها : الضغط التماسي وسرعة الانزلاق ومسافة الكبح .