

نمذجة وحساب الكباش مع إمكانية تحميل حبال الرفع بمساعدة الحاسوب

الدكتور سمير نمر كفا*

(قبل للنشر في 2005/8/31)

□ الملخص □

إن استخدام الحواسيب الإلكترونية في أتمتة تصاميم آلات النقل والرفع تبنى على قاعدة دراسة مجموع الحركات الأولية لعناصر الرافعة والتي تترافق مع الإنشاءات الكينيماتيكية العديدة والمتنوعة. إن الاتجاه المتبع في أتمتة آلات النقل والرفع يعتمد على أنظمة جزئية ذات مستويات عالية تحدد تصميم الآلة الرافعة، وفي إطار إنشاء الأنظمة الجزئية المؤتمتة لتحليل الحلول التصميمية للمشاريع يقترح في البحث طريقة جديدة لحساب الميكانيزمات الكبشية لغرف التربة، التي تتيح رسم منحنى الغرف، وإيجاد كتلة التراب المغروف، وإجراء تحليل القوى المؤثرة على عناصر الكباش. وأيضاً دراسة الحالات العابرة العملية . النظرية، المدرجة والمرافقة لعمل الملفات الكبشية أثناء غرف المواد والرفع اللاحق للكباش الممتلى بالمواد.

* أستاذ مساعد في قسم هندسة التصميم والإنتاج . كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، جامعة تشرين، اللاذقية سوريا.

Computer Aided Design and the GRAB Simulation with the Possibility of Lifting Rope Loading

Dr. Samir Nemr Kafa *

(Accepted 31/8/2005)

□ ABSTRACT □

Using the computers in the atomization of transporting and lifting machines based on the studying of the first motion group of the lifting elements, which are associate with many kinematics' constructions.

The method used in the lifting and transporting atomization, based on practical systems of high levels, determines the lifting machines design, and in the field of partial system construction for solution – designing analysis of the projects.

We suggest a new method for grab calculation mechanisms of the soil –mass –ladle based on the analysis of forces affecting on the grab elements and studying of the theoretical and experimental transient cases, accompanied with the grab directorate working during the materials ladling and grab full with materials.

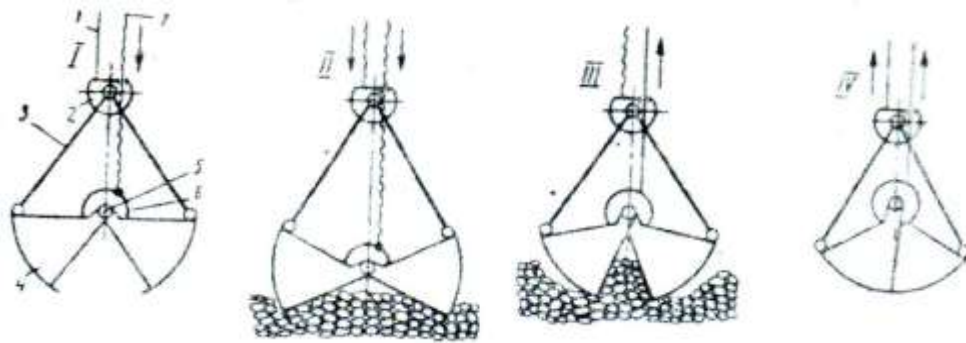
*Associate Professor, Department Of Design And Production Engineering, Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia ,Syria.

مقدمة:

إن الاستقرار الاقتصادي في أي بلد في القرن الحادي والعشرين يفسح مجالاً واسعاً في اتجاهاته الحديثة لاستثمار وتوظيف آلات النقل والرفع، وذلك لما تحتله هذه الآلات من مكانة مهمة وحيوية في اقتصاد السوق. وتعتبر الرافعات المزودة بميكانيزمات غرف المواد (الكباشات Grab's) واحدة من أهم طرق المكننة والأتمتة المتكاملة لأعمال التفريغ والشحن. وأعمال النقل المستودعي للمواد المتراكمة في كل قطاعات الاقتصاد، وذلك لاستخدامها الواسع في مجالات النقل والصناعة وورشات البناء الخ [1].

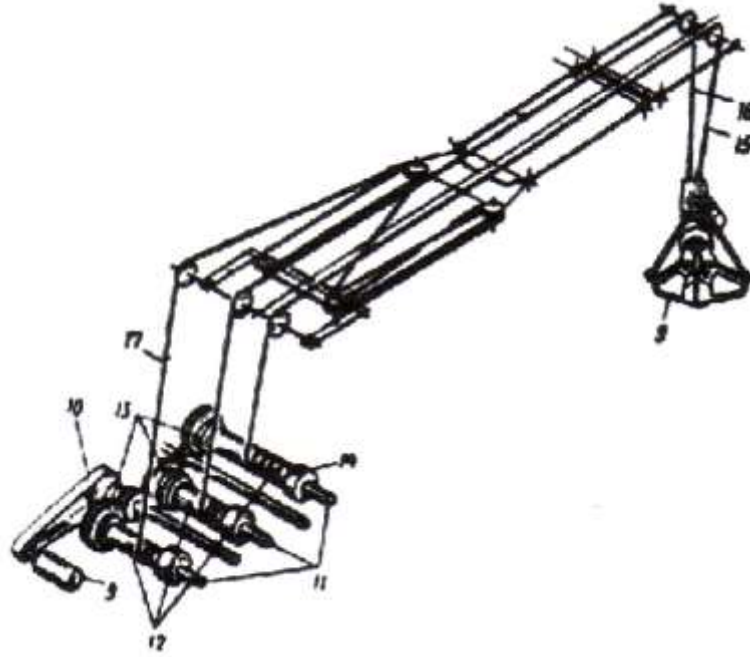
وتبلغ سعة الكباشات ذات الفكين حتى $10 m^3$ وتتقل مواد كثافتها تصل إلى $2800 \text{ Kg}/m^3$ كما أن البعد الأعظمي للمواد المنقولة لا يتجاوز 300 mm . ونميز نوعين من هذه الكباشات: بحبل واحد، وبحبلين. ويتألف الكباش ذو الحبلين (موضوع دراستنا الشكل 1) من حبل الرفع 1 المثبت على الرأس العلوي 2، ويتصل الرأس العلوي بكلا فكي الكباش 4 بواسطة أذرع 3. تتصل نهايتا فكي الكباش الداخليتان فيما بينهما بواسطة الزوج الحركي 5. يتوضع على هذا الزوج الحركي، الرأس السفلي للكباش 6 حيث يثبت عليه حبل إغلاق فكي الكباش [2].

عندما يكون الكباش معلقاً بحبل الرفع وحبل الإغلاق حرراً فإن فكي الكباش يبتعدان عن بعضهما تحت تأثير الوزن الذاتي ووزن الرأس السفلي (الشكل 1) / الوضعية I /، وبذلك تتم عملية التفريغ. عند خفض كلا الفكين بوقت واحد، فإن الكباش. بغض النظر عن وضع الفكين. يهبط ويتوضع على المواد /الوضعية II /. عند شد حبل الإغلاق فإن فكي الكباش يقتربان من بعضهما دافعين بالمواد إلى داخل الكباش /الوضعية III /، بتلامس فكي الكباش تتم عملية الإغلاق ومن ثم تبدأ عملية رفع الكباش مع الحمولة /الوضعية IV / [3].



الشكل 1/ يبين مراحل سير عمل الكباش

ويتم التحكم بإغلاق فكي الكباش ومن ثم رفعه بواسطة ميكانيزمات رفع مركبة (الشكل 2) حيث يتم نقل الحركة إلى أسطوانات لف الحبل 12 من المحرك 9 عبر مجموعة من المسننات أو السيور 10. يركب على كل من أسطوانات لف الحبل قارئة إقلاع 13 وجهاز فرملة 14. تصنع أسطوانة الفرملة ونصف قارئة الإقلاع كقطعة واحدة مع أسطوانة لف الحبل. تلتف على الأسطوانة الحبال 15 و16 الخاصة بالكباش (Grab) والحبل 17 لرفع الذراع [4].



الشكل /2/ يبين مخطط الميكانيزم المركب لرفع الكباش

ومما تقدم فإن نظام العمل في الكباش يعتبر الأكثر تعقيداً للدراسة وتحديدًا للتصميم والبحث بمساعدة الحاسوب، وجدير بالذكر بأنه في مجال بحوث وتصميم ميكانيزمات الغرف أنجزت دراسات شاملة وهامة للغاية . سوف نذكر أهمها لاحقاً . إلا أنه في معظم هذه الأبحاث كان الكباش (*Grab*) يدرس بشكل مستقل . وهذا المدخل في البحث يحد من إمكانية تحليل الحالات العابرة المرافقة لعمل الملفات أثناء عملية رفع الكباش بعد الغرف . وانطلاقاً من ذلك فإن دراسة هذه الحالات العابرة يجب أن تتم من خلال تجهيز دراسة شاملة لنظام غرف ورفع الكباش بالكامل .

هدف البحث:

- هو تطوير وزيادة إنتاجية الآلات الرافعة من خلال التطبيق العملي لتصميم وحساب أنظمة رفع الكباشات بمساعدة الحاسوب وذلك باقتراح:
1. وصف نظري جديد للقوى المتبادلة بين الكباش والمادة المراد غرفها، مع إمكانية تشغيل حبال الرفع قبل نهاية عملية الغرف .
 2. إعداد وتنفيذ خوارزمية رياضية وكتابة برنامج حاسوبي نستطيع من خلاله وبشكل كافٍ حساب وتصميم الكباش نظرياً وبحث منظومة الرفع الكباشية فيه .

صحة ومصداقية الأوضاع الأساسية العلمية ونتائج البحث الناتجة عنها:

إن مصداقية وصحة نتائج البحث تستند على درجة ومستوى تطبيقها واستخدامها في الواقع العملي لإنشاء الآلات، وذلك بمقارنة أتمتة تصاميم العمل باستخدام الحواسيب ، مع التصاميم المنفذة بالطرق التقليدية بدون الحواسيب .

تحليل المسألة وصياغة الموديل الرياضي:

يفترض عادة عند حساب وتصميم كفاءة الغرف لميكانيزمات الكباش، ترك حبال الرفع مرتخية أثناء عملية إغلاق فكي الكباش. إن هذه الفرضية تعتبر مقبولة عند تحديد كمية المواد المغروفة.

في الأبحاث [5,6] يتبين بأنه عند الدراسة النظرية لتحديد الحمولات الديناميكية ، المرافقة لعمل ملفاف رفع الكباش بعد عملية الغرف. يتطلب الأمر دراسة مسألة حساب وتصميم الكباش بشكل مختلف بحيث نأخذ بعين الاعتبار تحميل حبال الرفع قبل نهاية عملية الإطباق الكامل لفكي الكباش.

هذه الإضافة تتعلق ب: أولاً ، تقدير الحمولات الديناميكية الأعظمية عند رفع الكباش. وثانياً، تحليل فعالية الإجراءات المتبعة لموازنة الحمولة على حبال الكباش ومحاولة تخفيض هذه الحمولات الديناميكية.

عند وصف تأثير القوى المشترك بين فكي الكباش والمواد المغروفة ، من المناسب الاعتماد على نتائج البحوث [7,8] حيث يرمز لمقاومة الغرف R_1 ، وللمقاومة المتعلقة بتغلغل الطرف السفلي والجانبى لجدران الفك R_2 ، R_3 . مقاومة إزاحة الحمولات الترابية بالحد السفلي للفك. R_4 . محصلة قوى الاحتكاك للجدران الجانبية مع كتلة الحمولة المغروفة وأيضاً مع الكتلة المتبقية غير المغروفة.

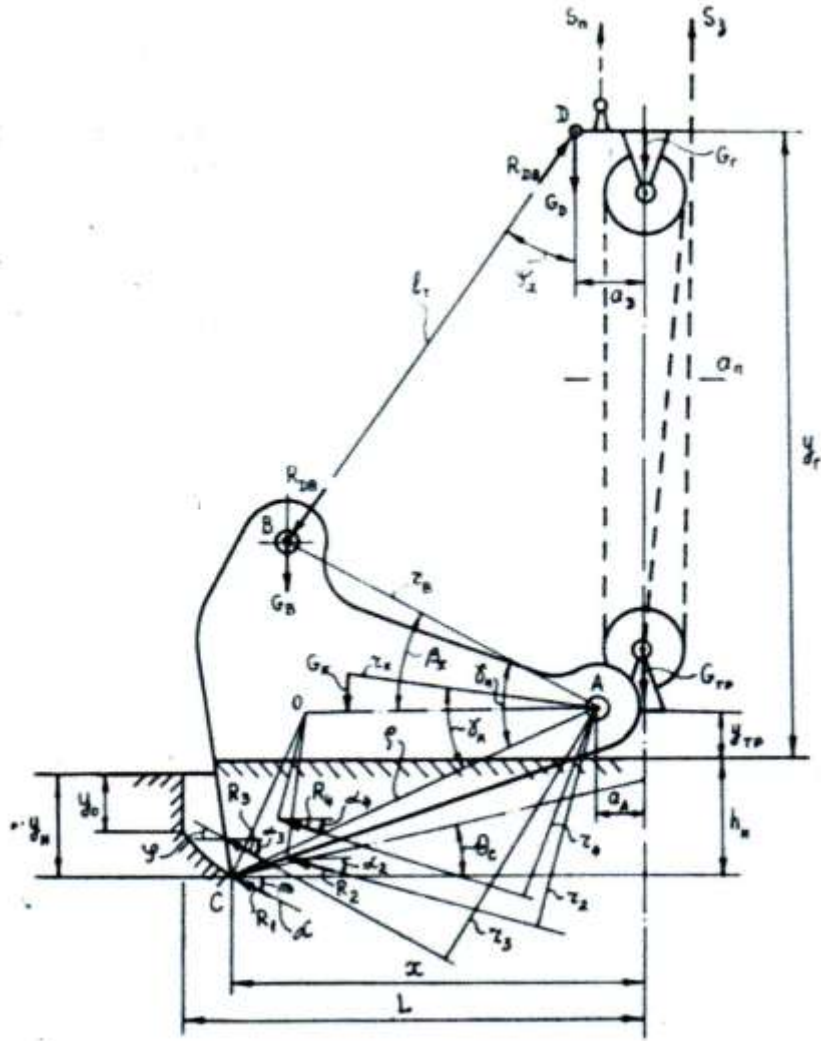
من الجدير بالذكر بأنه عند التحليل الحسابي المذكور أعلاه لم تدرج مقاومة الغرف ، ونشير بأن قيمتها واتجاه تأثيرها متعلق بالزاوية α المحددة بالتماس على منحنى الغرف عند المسافة x وعمق التغلغل y_H .

في البحوث [9,10] تم بحث عملية الغرف بالأخذ بعين الاعتبار حبال إغلاق فكي الكباش فقط. وفي هذه الحالة فإن توازن ميكانيزم الغرف يحدد من خلال الوضع الجاري لتقدم فكي الكباش في المادة المراد غرفها ، وبالتالي يحدد منحنى الغرف. ونبين لاحقاً الحل المقترح لحساب الكباش اعتماداً على الحالة العامة لعملية الغرف.

عند التأثير المشترك للقوى في حبال الإغلاق S_z والرفع S_n فإن شرط توازن الكباش يُبين في الشكل /3/ ويوصف بالعلاقة الآتية:

$$(S_z + S_n) / 2 = G - R_3 \cdot \sin \alpha - \sum_{i=2}^4 R_i \cdot \sin \alpha_i \quad \dots\dots (1)$$

حيث: G : نصف وزن الكباش ، المكون من وزن الفك G_k ، والذراع $G_D = G_B + G_T$ ، المربوطين بفك واحد ، نصف أوزان الرأس السفلي G_{TP} والرأس العلوي G_T .



الشكل 3/ يبين المخطط الحسابي لفك الكباش

بدراسة توازن مجموعة (الرؤوس + الذراع) نحصل على العلاقة الآتية:

$$R_{DB} = \frac{1}{\cos \psi_x} [G_D + G_T + S_z(n-1)/2 - S_n/2] \quad \dots\dots (2)$$

حيث: $n = \frac{1 - \eta_{bl}^{a_n}}{1 - \eta_{bl}}$. نسبة التقسيم المحولة لمجموعة بكرات الكباش .

η_{bl} . مردود البكرة .

a_n . العتلة (وهي النسبة بين مجموعة البكرات المتحركة والثابتة).

بكتابة معادلة عزوم القوى المؤثرة على فك الكباش نحصل على العلاقة:

$$R_{DB} \cdot r_B \cdot \cos(\beta_x + \psi_x) + G_B \cdot r_B \cdot \cos \beta_x + G_k \cdot r_k \cdot \cos(\beta_x + \gamma_H + \gamma_k) = R_1 \cdot \rho \cdot \sin(\beta_x + \gamma_H + \alpha) + \sum_{i=2}^4 R_i \cdot r_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

وبالاعتماد على العلاقات (1) و(2) يمكن كتابة المعادلة الأخيرة كما يلي:

$$G(C + B) - (A + B \cdot \sin \alpha) R_1 - \sum_{i=2}^4 (r_i / \rho + B \cdot \sin \alpha_i) R_i - S_n (E + B) / 2 = 0 \dots (4)$$

حيث:

$$\left. \begin{aligned} A &= \sin(\beta_x + \gamma_H + \alpha); \\ B &= E(n-1); \\ E &= \frac{r_B}{\rho} \cdot \frac{\cos(\beta_x + \psi_x)}{\cos \psi_x}; \\ C &= \frac{G_k}{G} \cdot \frac{r_k}{\rho} \cdot \cos(\beta_x + \gamma_H + \gamma_k) + \frac{G_B}{G} \cdot \frac{r_B}{\rho} \cos \beta_x + \frac{G_\Gamma + G_D}{G} E. \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

إن المعادلة (4) صحيحة للكباشات ذات الوصلات الطويلة، ولاستخدامها لأنواع أخرى من الكباشات ، يجب تغيير المعامل β فقط .

إن المعادلة (4) تحدد الزاوية α من خلال قيمة معلومة للقوة S_n خاصة عندما $S_n = 0$ وذلك عند تغير المسافة الحرة x لحركة الفك في المادة المغروفة .

ونرمز اعتماداً على البحوث [9,10] للجزء اليساري من المعادلة السابقة بالرمز $FY(\alpha)$ حيث إن :

$$FY(\alpha) = 0 \dots (6)$$

لا يؤدي إدراج القوة S_n في الجزء اليساري للمعادلة (4) إلى تغيير في تسلسل استخدام شرط توازن الكباش، في خوارزمية حل المعادلة (6) .

في الأبحاث [9,10] تبين إن مسألة تحميل حبال الرفع سوف يؤدي إلى تعديل بسيط نسبياً في الحساب المقترح للكباش .

وبطبيعة الحال فإن حل المسألة العام لعملية الغرف لا يتطلب فقط حساب القوى ، وإنما يتطلب أيضاً الحساب الكينيماتيكي (الحركي) لتحميل حبال الرفع ، عند ذلك فقط فإن الوضع الجاري لنصف الكباش (فك واحد فقط) سوف يحدد موضع الرأس العلوي وليس القوة S_n .

نفرض أن: \tilde{h}_Γ . هي الإزاحة العمودية للرأس العلوي للكباش وذلك عند تحميل حبال الرفع بقوة ما ، وبشكل خاص عندما $S_n = 0$.

تحسب إزاحة الرأس العلوي اعتباراً من نقطة الوضع الابتدائي في بداية عملية الغرف ونحو الأسفل . أما الحساب الكينيماتيكي لتحميل حبال الرفع فيفترض إزاحة معلومة للرأس العلوي ، أو كقاعدة فإن هذه الإزاحة تحقق المتراجحة $h_\Gamma \leq \tilde{h}_\Gamma$.

وقد تم في البحث [5] خلال مرحلة الغرف إدخال العلاقات التي تصف القوى المؤثرة على الكباش كما يلي:

$$S_z = S_z(l_z, l_n) \quad , \quad S_n = S_n(l_z, l_n) \dots (7)$$

وكأول متغير مستقل تم توصيف أطوال حبال الإغلاق في عملية الغرف بالعلاقة:

$$l_z = h_{TP} \cdot a_n + h_\Gamma (a_n - 1) \dots (8)$$

حيث: h_{TP} . هي الإزاحة لرأس الكباش السفلي المحسوبة من الوضع الابتدائي في بداية عملية الغرف ونحو الأعلى وهو المتغير الثاني الذي تم تحديده :

$$l_n = \tilde{h}_T - h_T \quad \dots\dots\dots (9)$$

واعتماداً على ما سبق فإن توصيف القوى /7/ بما يتناسب مع تحميل حبال الرفع يسمى بالحركي أو الكينيماتيكي.

لنفترض الآن بأن حبال الرفع بدأت بالعمل عند نصف إغلاق للفاك \tilde{x} . عندها $x < \tilde{x}$ ، المتغير l_n وأيضاً بالوقت نفسه الإزاحة h_T يحددان عمق تغلغل الفاك y_H . عندها تعطى إحداثيات الرأس العلوي بالعلاقة:

$$y_T = y_T^0 - h_T \quad \dots\dots\dots (10)$$

حيث: y_T^0 قيمة الإحداثي y_T عندما $x = h$.

فإن قيمة إحداثيات الرأس السفلي للكبش (أنظر الشكل 3) هي:

$$y_{TP} = y_T - l_T \cos \psi_x + r_B \sin \beta_x \quad \dots\dots\dots (11)$$

وأخيراً فإن:

$$y_H = \rho \sin(\beta_x + \gamma_H) - y_{TP} \quad \dots\dots\dots (12)$$

اعتماداً على العلاقة (8) فإن القيمة الابتدائية لتغير الرأس السفلي y_{TP}^0 تعطى بالتوصيف:

$$h_{TP} = y_{TP} - y_{TP}^0 \quad \dots\dots\dots (13)$$

في حالة تحميل حبال الرفع بقوة ما ، فإن المعادلة (6) تُحل عند كل تغير جاري لقيم x و y_H . وبغية حساب القيم التي تلي القيم الجارية لإغلاق نصف الكبش نكتب :

$$x' = x - \Delta x \quad \dots\dots\dots (14)$$

وبعد حساب قيمة الزاوية α يتم حساب عمق التغلغل للفاك بالعلاقة :

$$y_H' = y_H + \Delta x \cdot \text{tg} \alpha \quad \dots\dots\dots (15)$$

أما عند التحميل الكينيماتيكي فإن تسلسل الحساب يتم كالسابق تماماً. وتبعاً للمعادلة (14) نخفض القيمة الجارية $x < \tilde{x}$ بمقدار Δx ونتابع الحساب اعتماداً على العلاقات (10...12) .

ولأجل نصف الإغلاق x يتم إيجاد القيم y_H' , y_{TP}' , y_T' , h_T' . وعند القيمة الأخيرة يتم حساب الزاوية:

$$\alpha = \arctg \frac{y_H' - y_H}{\Delta x} \quad \dots\dots\dots (16)$$

تعوض القيمة المحسوبة لـ α في القسم اليساري من المعادلة (6) ويتم إيجاد قيمة القوة S_n من شرط توازن الكبش /4/ حيث :

$$S_n = \frac{2}{E + B} \left[G(C + B) - (A + B \sin \alpha) R_1 - \sum_{i=2}^4 \left(\frac{r_i}{\rho} + B \sin \alpha_i \right) R_i \right] \quad \dots\dots\dots (17)$$

تكون العلاقة التي تربط الإحداثي l_n بنصف المسافة الحرة x معلومة مسبقاً فقط في حالات خاصة من سير عملية الغرف. وفي هذه الحالات فقط يتم حساب الكبش وتحديد مواصفات القوى المؤثرة فيه/7/ ويمكن تنفيذ ذلك بغض النظر عن دراسة نظام رفع الكبش بالعموم.

ومن وجهة نظر الدراسة الديناميكية لملفاف رفع الكبش يجب التمييز ، أولاً ، عندما $l_n = 0$ ، وثانياً ،

$$. l_n = \tilde{h}_T - h_T(\tilde{x})$$

الحالة الأخيرة تستخدم عند $x < \tilde{x}$ ، وعند $x \geq \tilde{x}$ يكون لدينا $l_n = 0$.

يكون الاحتمال الأول مشابهاً لعملية الغرف عندما تكون حبال الرفع محملة دائماً بقوة صغيرة نسبياً S_n^0 ، وهي تؤمن تشغيل ملفاف الرفع دون اختبار ابتدائي لارتخاء الحبل.
الاحتمال الثاني يفرض ملفاف الرفع ويتوقف عن العمل وعليه فإن طول حبال الرفع المرتخية تكون أقل من شوط الرأس العلوي.

عندما تكون $x = \tilde{x}$ فإن الرأس العلوي للكباش يتم تثبيته بحبال الرفع ويبقى ارتفاعه ثابتاً. جدير بالذكر بأن الدراسة تفترض أن حبال الرفع وهيكل الرافعة المعدني جاسنان تماماً. لا يبقى مركز الثقل ثابتاً على طول الارتفاع أثناء عملية الغرف ، ولدراسة تأثير هذه الحالة عند حساب الحمولات الديناميكية يتم إدخال السرعة العمودية لمركز ثقل الكباش مع الحمولة V_Γ ، ويتم التعبير عن قيمتها من خلال المعامل الآتي:

$$k_v = 1 - \frac{V_\Gamma}{l'_z} \dots\dots (18)$$

حيث: l'_z . هي سرعة تغير الأطوال l_z .

وباستخدام نظرية حركة مركز العطالة لمجموعة النقاط المادية نجد أن :

$$V_\Gamma = \frac{1}{G + G_x} \left[(G_\Gamma + G_D) \frac{dy_\Gamma}{dt} + G_{TP} \frac{dy_{TP}}{dt} + G_4 \frac{dy_4}{dt} + G_B \frac{dy_B}{dt} + G_x \frac{dy_x}{dt} \right] \dots\dots (19)$$

حيث: G_x , y_x . هما وزن ومركز ثقل المواد المغروفة في فك واحد.

واعتماداً على العلاقة:

$$dl_z = l'_z \cdot dt \dots\dots (20)$$

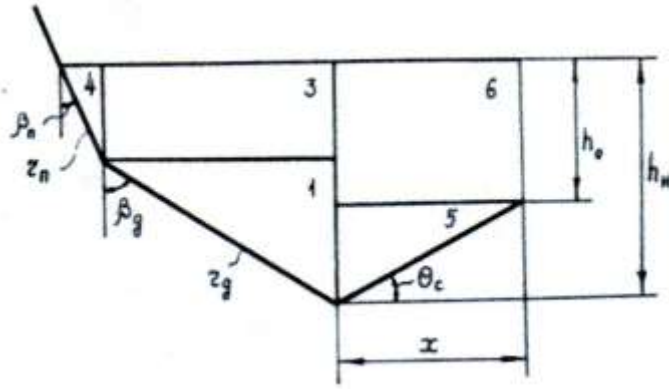
نجد أن :

$$k_v = 1 - \frac{1}{G_x + G} [(G_\Gamma + G_D) dy_\Gamma + G_{TP} \cdot dy_{TP} + G_r \cdot dy_r + G_B \cdot dy_B + G_x \cdot dy_x] dl_z \dots\dots (21)$$

وبزيادة قيمة صغيرة تصبح العلاقة:

$$k_v = 1 - \frac{1}{G_x + G} [(G_\Gamma + G_D) \Delta y_\Gamma + G_{TP} \cdot \Delta y_{TP} + G_r \cdot \Delta y_r + G_B \cdot \Delta y_B + G_x \cdot \Delta y_x] \Delta l_z \dots\dots (22)$$

التي تسمح بحساب قيمة المعامل k_v من دون استخدام علاقات تحليلية كبيرة وتعتمد على إنشاء مخطط السرعة لعناصر ميكانيزم الكباش.



الشكل /4/ يبين الرسم التخطيطي لكتلة المواد المزاحة

واعتماداً على الرسم التخطيطي لحركة كتلة المواد المغروفة /الشكل /4/ يمكن كتابة العلاقة:

$$G_x = g \gamma_M B A_x = g \gamma_M B \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 2}}^6 A_i \quad \dots\dots (23)$$

حيث :

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= (h_H - r_n \cdot \cos \beta_n) \frac{r_g}{2} \sin \beta_g ; \\ A_3 &= r_g \cdot r_n \sin \beta_g \cos \beta_n ; \\ A_4 &= \frac{r_n^2}{2} \cdot \sin \beta_n \cos \beta_n ; \\ A_5 &= \frac{x}{2} (h_H - h_0) ; \\ A_6 &= x \cdot h_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots (24)$$

ويدوره فإن :

$$y_x = \sqrt{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 2}}^6 \frac{A_i}{A_x} y_i^2} \quad \dots\dots (25)$$

حيث :

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= \frac{2}{3} (h_H - r_n \cdot \cos \beta_n) ; \\ y_3 &= h_H - \frac{r_n \cos \beta_n}{2} ; \\ y_4 &= h_H - \frac{r_n \cos \beta_n}{3} ; \\ y_5 &= \frac{2}{3} (h_H - h_0) ; \\ y_6 &= h_H - \frac{h_0}{2} . \end{aligned} \right\} \dots\dots (26)$$

بناء خوارزمية حل المسألة:

إن خوارزمية حساب الكباش موضحة في الشكل المرفق /5/ وتتضمن وصفاً دقيقاً وشاملاً لسير العمليات العددية التي تعطي حلاً للمسألة بالطريقة المقترحة [11,12].

حيث إنه في المستطيل الأول من الخوارزمية تأخذ المسافة الحرة x قيمة ابتدائية قدرها L شكل /4/ ، أما القيم الابتدائية الأخرى فهي ، الوزن G_x ، قوة الشد بحبال الرفع S_n ، عمق تغلغل الفك y_H .

يتم حساب خطوة تغير المسافة الحرة Δx في المستطيل 2 حيث تقوم الخوارزمية بإيجاد الوضع الابتدائي لعناصر الكباش عند $x = L$. تمثل هذه الوضعية الحالة التي يكون فيها الطول l_2 مساوياً للصفر . وتبدأ حبال الرفع بالتحميل عندما يأخذ المبدل JP القيمة صفر /المستطيل 3/ .

في بداية عملية غرف المواد وبعد المستطيل 4 ينفذ المستطيل 8 . ويجب الانتباه إلى أنه يجب معرفة زاوية ميل المماس لمنحني الغرف حتى يتم حساب مقاومة الغرف .

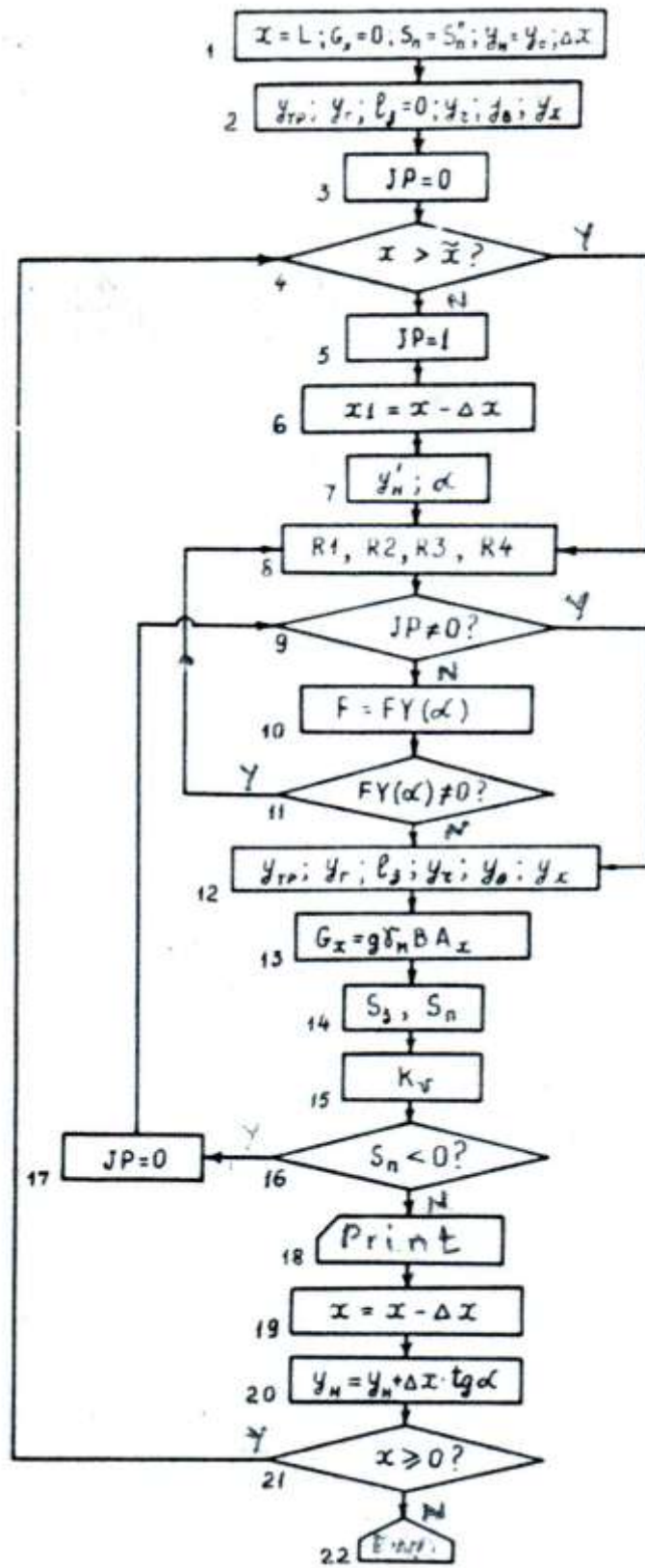
عند أول تنفيذ للمستطيل 8 تكون الزاوية $\alpha = 0$ ، وفي الخطوات اللاحقة تتغير قيمة x فإن الزاوية α لا تأخذ القيمة الابتدائية وإنما تؤخذ مساوية للقيمة المحسوبة في الخطوة السابقة . وإذا لم يتحقق الشرط الموجود في المستطيل 9 فإن المستطيل 10 يقوم بحساب القسم اليساري من المعادلة /6/ . وأيضاً إذا كان الشرط الموجود في المستطيل 11 غير محقق فإنه وتبعاً لإشارة (P) تتغير الزاوية α ويتم العودة لتنفيذ المستطيل 8 .

بعد عزل قيمة جذر المعادلة /6/ يتم تدقيقها اعتماداً على طريقة نصف قيمة الخطوة . وعند الوصول إلى دقة مطلوبة للحل ينفذ المستطيل 12 . وفيه يتم تحديد الوضع الجاري لعناصر الكباش المحددة بالمسافة الحرة x .

في المستطيل 13 يتم حساب القيمة الجارية للوزن G_x ، وفي المستطيلات 14 و 15 تحسب قيم القوى في الحبال وقيمة المعامل k_v . وجدير بالذكر بأن قيمة القوة S_n المحسوبة يجب أن تكون مساوية للقيمة الابتدائية S_n^0 . بعد المستطيل 16 يتم تنفيذ المستطيل 18 وفيه نبين نتائج الحساب الجاري للكباش . أما في المستطيلات 19 و 20 فيجري التحضير للمرحلة الآتية .

إذا لم يتحقق الشرط في المستطيل 4 فإن قيمة المبدل JP في المستطيل 5 تأخذ قيمة واحدة . وتلعب المسافة الحرة xI المحسوبة في المستطيل 6 دوراً مساعداً .

انطلاقاً من ثبات قيمة ارتفاع الرأس العلوي للكباش وفي المستطيل 7 يتم إيجاد قيمة عمق تغلغل الفك y_H' وقيمة الزاوية α . واعتماداً على قيمة α المحددة يتم حساب مقاومة الغرف (أنظر المستطيل 8) ، ويحدد في المستطيل 12 وضعيات عناصر الكباش المتناسبة مع المسافة الحرة لنصف إغلاق الكباش x . ومن الممكن أن ترتخي حبال الرفع عند تحميلها الكينيماتيكي (الحركي) ، ولهذا السبب في المستطيل 16 تحلل إشارة القوة الناتجة S_n ، فعندما تكون سالبة نعتبر $S_n = 0$ وينفذ بعد ذلك المستطيل 17 أما قيمة الزاوية α فتحدد اعتماداً على المعادلة /6/ . تستخدم قيمة الزاوية α المحسوبة في المستطيل 7 كحد أدنى للحل المطلوب لإجاده .



الشكل /5/ يبين خوارزمية حساب الكباش.

اختبار الخوارزمية ونتائج البحث:

إن تدقيق واختبار الخوارزمية المذكورة سابقاً قد تم بتطبيقها على ميكانيزمات الغرف أخذين بعين الاعتبار البحوث [7,8] عند برهنة صحة المقترحات حول التأثير المتبادل بين الفك والمواد المغروفة.

نعرض في الشكل /6/ نتائج حساب الكباش ذو السعة $1 m^3$. في الشكل a/6 نبين المنحني التجريبي للغرف ومنحني الغرف النظري وذلك عندما تكون $S_n = 0$ وحبال الرفع مرتخية، وأيضاً منحني الغرف النظري عند تثبيت الرأس العلوي للكباش وبلوغ مسافة نصف إغلاق قدرها $x = 0.3 m$.

تبين في الشكل b/6 منحنيات تغير القوى في حبال الرفع S_n والغرف (الإغلاق) S_g . يبقى ارتفاع الرأس العلوي للكباش ثابتاً عندما $x \leq \tilde{x}$ وفي ذات الوقت فإن سرعة تحميل حبال الرفع الناتجة يجب أن تتناسب مع التشوه ومع هبوط الرأس العلوي. ولأخذ هذه الحالة بعين الاعتبار عند الحساب تمت دراسة إمكانية إعطاء قيمة هبوط الرأس العلوي Δy_r عند $x < \tilde{x}$ بالمقارنة مع ارتفاعه $x = \tilde{x}$.

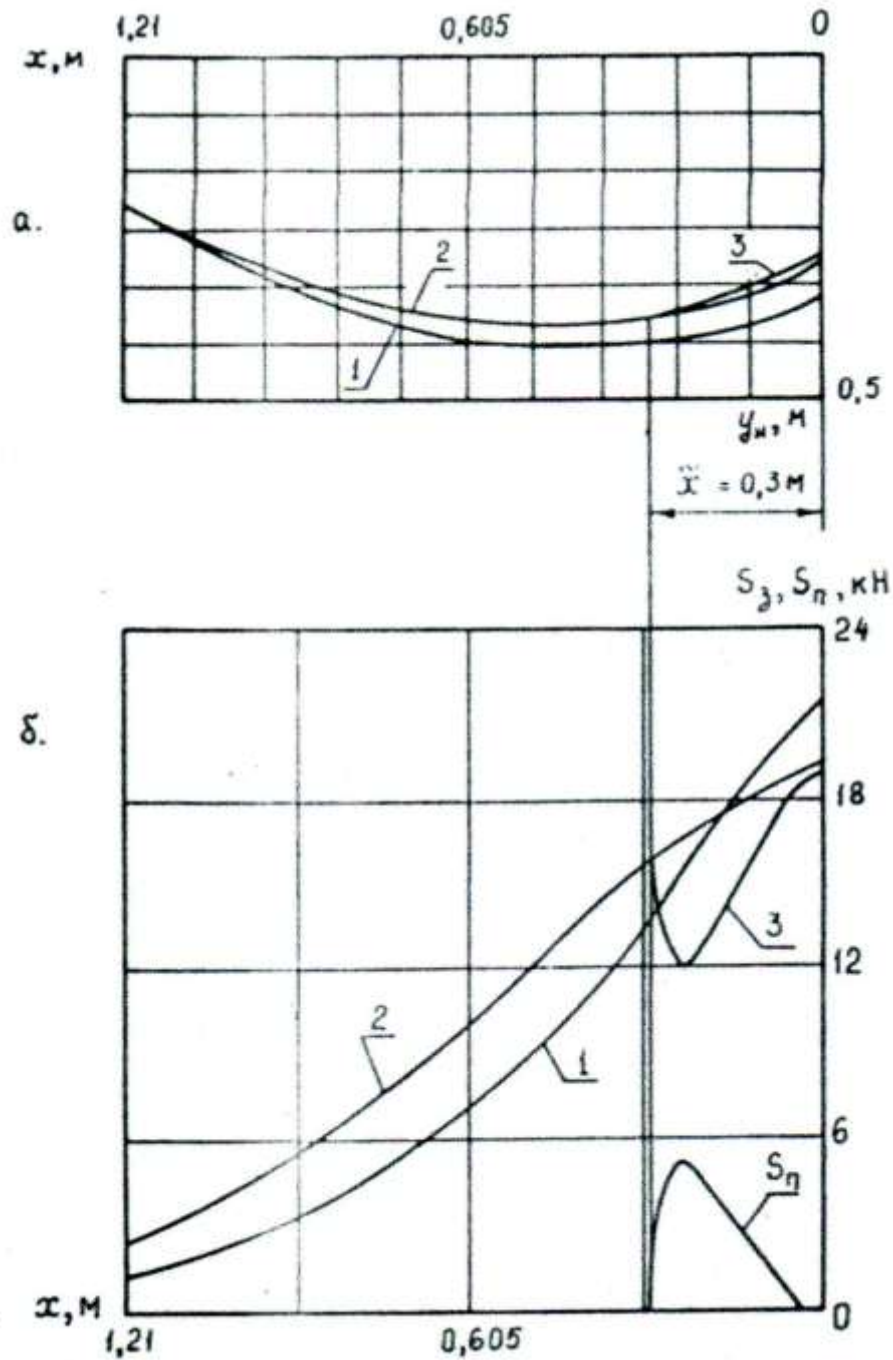
يبين الشكل /7/ نتائج حساب نفس الكباش عندما $\Delta y_r = 0.0075 m$. إن هذه القيمة المذكورة تبين تشوه حبال الرفع ذات الجساءة $C_n = 690 KN/m$ تحت تأثير القوة $S_n = 5160 N$ ، وتبين أيضاً بأن تزايد القوى في حبال الرفع قد تمت بشكل سلس.

نجد في الأشكال /6,7/ أن تثبيت الرأس العلوي للكباش من خلال فرملة حبال الرفع، ينعكس بشكل أساسي على تحميل حبال الغرف وملفاف الإغلاق حيث نرى أن كمية المواد المغروفة فعلياً لم تنقص تقريباً. تكون قيمة المعامل k_v عند ارتخاء حبال الرفع مساوية إلى $k_v = 0.88$ وفي حالة تثبيت الرأس العلوي للكباش فإن هذه القيمة فعلياً لا تتغير.

يبين الشكل /8/ نتائج حساب كباش ذي حمولة $16 Ton$. عند تثبيت الرأس العلوي له فإن كمية المواد المغروفة تنخفض بنسبة % 2، وقيمة المعامل k_v تصبح 0.94 بعد أن كانت قيمتها 0.79 في حال كانت حبال رفع مرتخية.

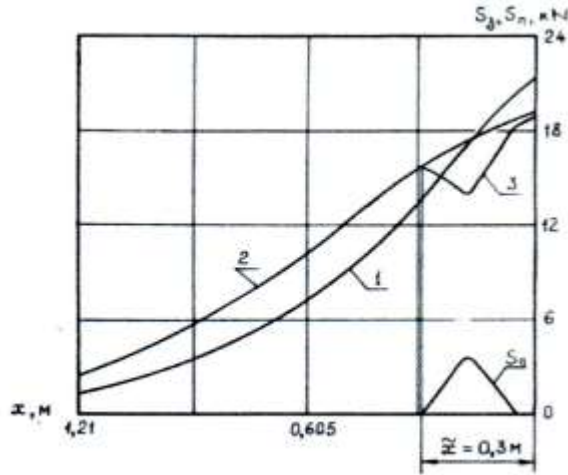
يبين الشكل /9/ نتائج حساب الكباش عندما تكون $\Delta y_r = 0.02 m$ ، هذه القيمة تتناسب مع تشوه حبال الرفع عند جساءة للحبال قدرها $C_n = 2690 KN/m$ وتحت تأثير قوة $S_n = 54 KN$. كما هو واضح من الأمثلة المبينة سابقاً التي تسمح بالوصول إلى نتيجة مفادها أن النموذج المقترح والخوارزمية المنفذة تعطينا إمكانية معرفة كفاءة الغرف لميكانيزمات الكباش.

وأيضاً عندما تكون حبال الإغلاق محملة في نهاية مرحلة إطباق الفكين ونتيجة لثبات الرأس العلوي للكباش، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة ملحوظة في سرعة ملفاف الإغلاق عند لحظة رفع الكباش مع الحمولة، مما يعني زيادة في الحمولة الديناميكية على الكباش.

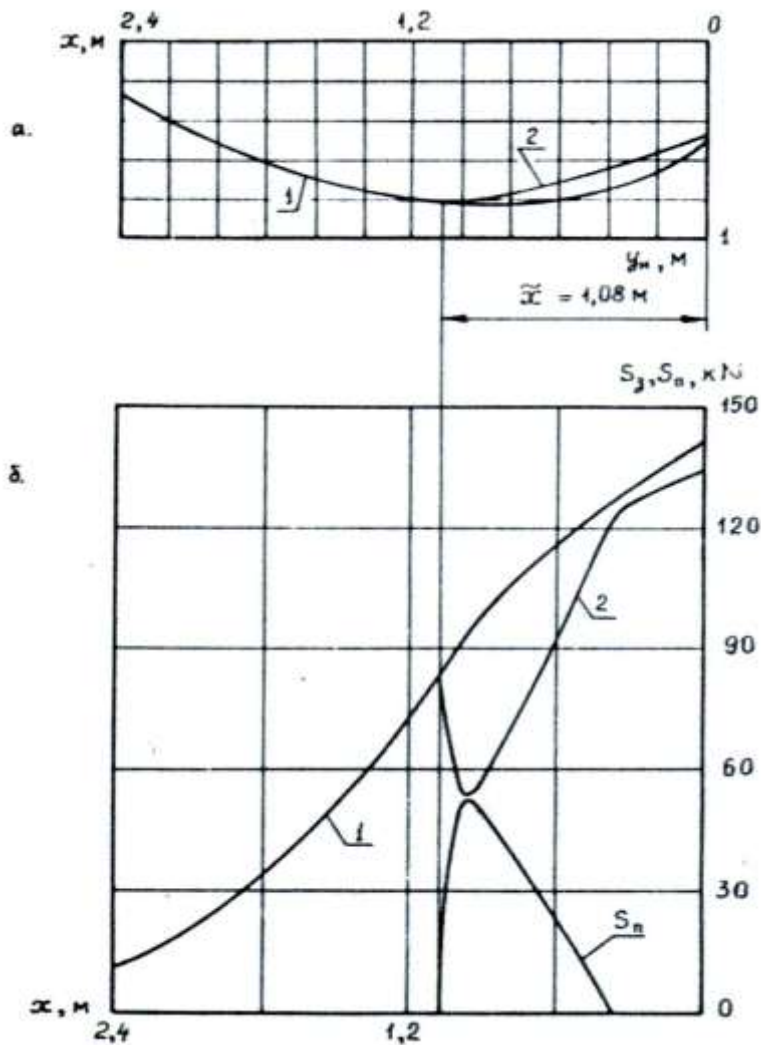


الشكل /6/ يبين منحنى الغرف /a/ والقوى في الحبال /b/ لكباش ذو السعة $1 m^3$ أثناء تحميل القوى حيث:

- 1- المنحنيات التجريبية .
- 2- المنحنيات النظرية أثناء ارتخاء حبال الرفع .
- 3- المنحنيات أثناء تثبيت الرأس العلوي.

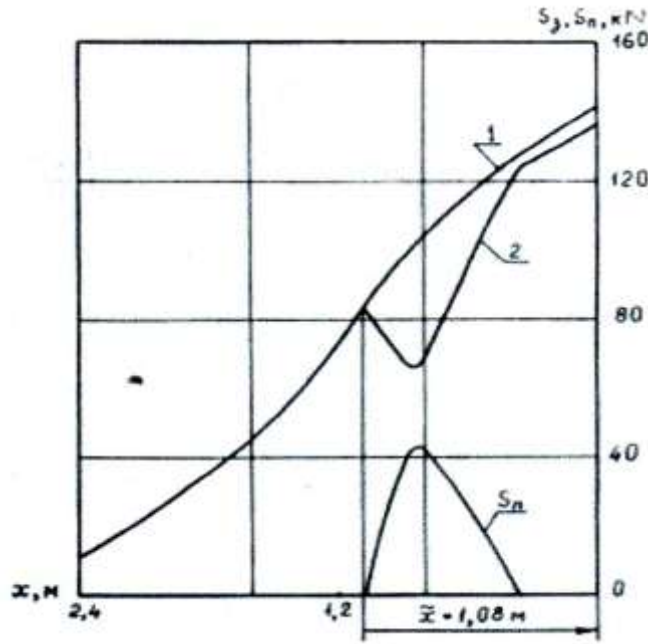


الشكل /7/ يبين مخططات القوى لحبال الكباش ذي السعة 1.0 m^3 أثناء هبوط الرأس العلوي



الشكل / 8 / يبين منحنى الغرف /a/ والقوى في الحبال /b/ لكباش ذي 16 طن حيث:

- 1- المنحنيات أثناء ارتقاء حبال الرفع .
- 2- المنحنيات أثناء تثبيت الرأس العلوي.



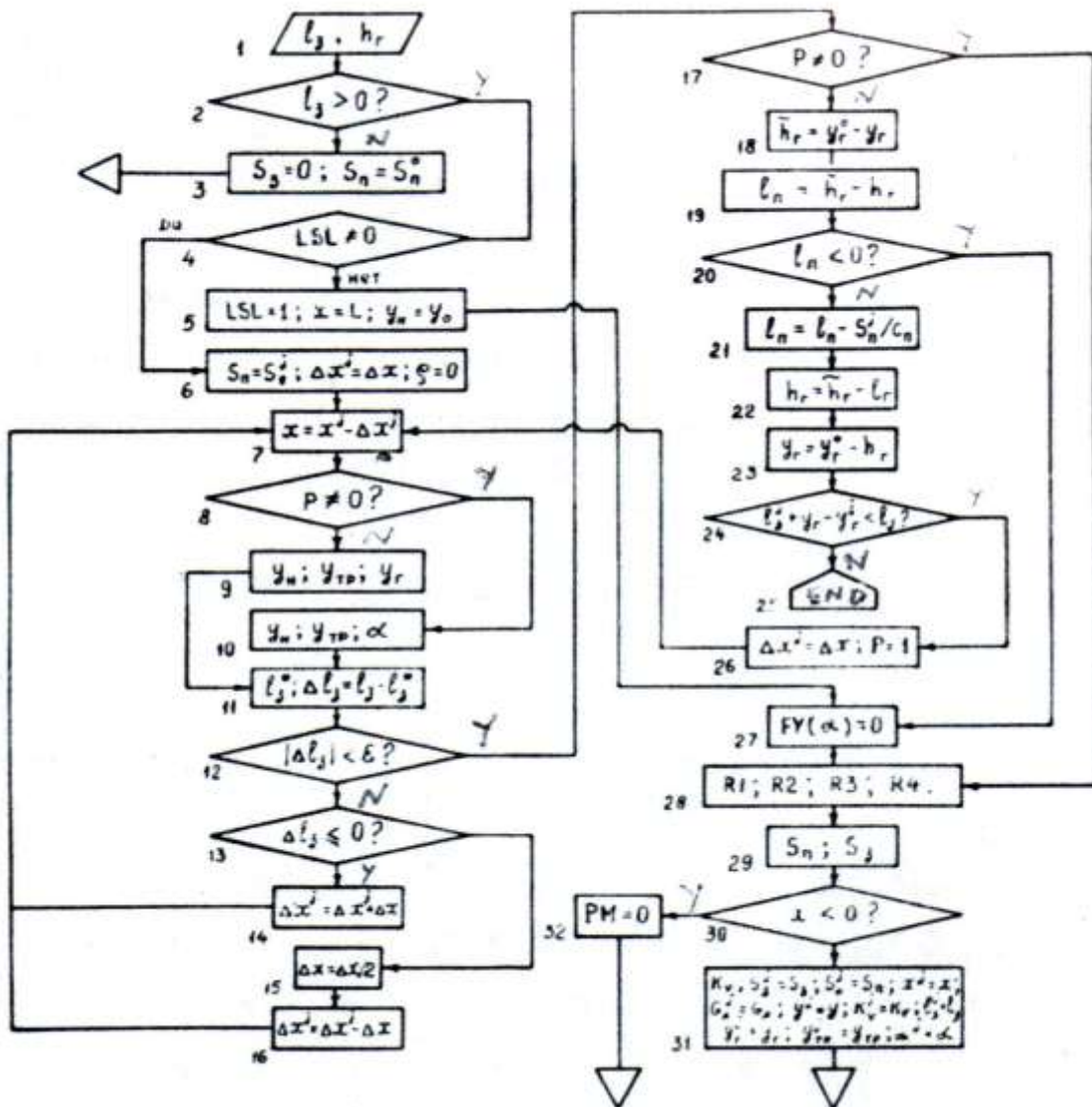
الشكل /9/ يبين القوى في الحبال للكباش ذي الـ 16 طن أثناء هبوط الرأس العلوي

إن البرنامج المذكور يتيح للمصمم ضمان إمكانية التحديد النظري لأكبر الحمولات الديناميكية الناتجة عند لحظة رفع الكباش، وكما ذكر سابقاً ، فإن مسألة حساب الكباش ، وبالأخص تحديد مواصفات القوى /7/ يمكن حلها خارج إطار دراسة نظام رفع الكباش بالكامل ، و فقط في حالات خاصة بسير عملية الغرف. في الحالة العامة فإن حل مسألة التحكم بملفافات الكباش يتطلب معالجة مشتركة للتأثير المتبادل بين الكباش والمواد المغروفة من جهة ، وبين الحالات العابرة المؤثرة على الملفاف وعلى هيكل الرافعة من جهة أخرى. وكخلاصة ، عندما تُعرف مواصفات القوى /7/ تصبح المسألة هي وضع خوارزمية لحساب هذه القوى في حبال الإغلاق S_z وبحال الرفع S_n تبعاً للمتغيرات l_z و l_n . إن المخطط الصندوقي لهذه الخوارزمية مبينة في الشكل /10/ حيث إنه: في المستطيل 1 تعرض قيم المتغيرات l_z و l_n وأيضاً قيمة إزاحة الرأس العلوي h_r عند عدم وجود ارتخاء في حبال الرفع.

إن الإزاحة h_r تدخل في تحديد المتغيرات /9/ وعند $h_r > \tilde{h}_r$ فإننا نعتبر أن $l_n = 0$ ويتم إيجاد الإزاحة \tilde{h}_r وأيضاً قيمة المتغير l_n عند تنفيذ الخوارزمية.

إذا كان المتغير $l_z = 0$ فإن هذا يعني أن حبال الإغلاق مرتخية وعليه فإننا ننفذ المستطيل 3 بعد تنفيذ المستطيل 2 وينتهي بذلك تحديد مواصفات القوى. يأخذ المبدل LSL عند أول تنفيذ للمستطيل 4 القيمة صفر ثم بعد ذلك ينفذ المستطيل 5 ويأخذ المبدل LSL قيمة مساوية للواحد الصحيح ويحافظ على هذه القيمة حتى النهاية.

إن مسافة نصف الإغلاق الحرة x وعمق التخلخل y_H يستحذان على القيم الابتدائية ثم يلي ذلك معرفة الوضع الابتدائي للكبش في بداية عملية الغرف والقوى المؤثرة عند هذه الوضعية.



الشكل 10/ يبين خوارزمية تحديد مواصفات القوى للكباش عند التحكم بملفات الكباش.

في المستطيل 27 تحسب زاوية ميل المماس على منحنى الغرف α والمحددة بالمعادلة /6/. في المستطيل 28 يتم إيجاد قوى مقاومة الغرف. وفي 29 يتم إيجاد القوى في حبال الإغلاق والرفع. يلي المستطيل 30 تنفيذ المستطيل 31 ، وهنا يدل الرمز J على قيمة المتحولات المناسبة التي نحافظ عليها حتى الانتقال التالي لخوارزمية إيجاد مواصفات القوى المؤثرة على الكباش.

يبدأ تحديد مواصفات القوى فعلياً، بتنفيذ المستطيل 6. تدل القيمة الصفرية للمبدل P على القوة المحتملة لشد حبال الرفع S_n وتعتبر هذه القوة مساوية إلى S_n^j المحسوبة عند التنفيذ السابق للخوارزمية. إن الاختلاف الأساسي عند الحساب المستقل السابق لكفاءة غرف الكباش يتعلق بتغير خطوة فتحة الفك. فإذا كانت الخطوة في الحالة السابقة ثابتة فإنها يجب أن تكون في الثانية متناسبة مع زيادة قيمة المتغير l_j ، تثبت في المستطيل 6 القيمة الابتدائية للخطوة Δx^j .

في المستطيل 7 تتناقص مسافة نصف الإغلاق الحرة x^j (أنظر المستطيل 31) بمقدار الخطوة Δx^j وعند القيمة الناتجة لـ x ، في المستطيل 9 يتم حساب عمق تغلغل الفك y_H ، وأيضاً الإحداثيات y_{TP} و y_{Γ} لتحديد عمق تغلغل الفك نستخدم الزاوية α المحسوبة عند التنفيذ السابق للخوارزمية (أنظر الشكل 10).

يتم في المستطيل 11 حساب القيمة المناسبة لطول حبال الإغلاق l_z^* ، وإذا كانت القيمة الناتجة متناسبة مع القيمة l_z المحسوبة في المستطيل 1. وضمن حدود الدقة المقبولة ε يلي تنفيذ المستطيل 12 تنفيذ المستطيل 17. أما في الحالة المعاكسة فيتم تحليل الشرط في المستطيل 13.

فإذا لم يتم بلوغ قيمة المتغير l_z فيتم في المستطيل 14 زيادة قيمة الخطوة Δx فإن المسافة المجهولة الحرة x تتناقص. (أنظر الشكل 6).

عند بلوغ القيمة المعطاة للمتغير l_z يلي تنفيذ المستطيل 13 تنفيذ المستطيل 15 ، ويتم إنقاص الخطوة Δx إلى النصف. وفي المستطيل 7 يتم التأكد من القيمة المجهولة للمسافة الحرة x .

عند التنفيذ الأول للمستطيل 17 فإن المبدل P يأخذ قيمة مساوية للصفر. (أنظر المستطيل 6) وفي المستطيل 18 يتم حساب إزاحة الرأس العلوي للكبش \tilde{h}_{Γ} عندما تكون حبال الرفع محملة بقوة. أما المستطيل 19 فيحسب المتغير l_n وفي حالة تحقق الشرط المشار إليه في المستطيل 20 فإن القيادة تعطى للمستطيل 27 .

إذا كانت قيمة l_n موجبة ينفذ المستطيل 21 ويدقق المتغير l_n بواسطة حساب التشوه المرن في حبال الرفع ذات الجساءة C_n .

في المستطيلات 22 و 23 يتم حساب انتقال إحداثيات الرأس العلوي المتعلقة بقيمة المتغير l_n .

أخيراً فإن الدراسة المعروضة أعلاه لحساب الكباش مع إمكانية تحميل حبال الرفع تدرس بدقة كافية نظام عمل الكباش بالكامل وتسمح أيضاً بإجراء تحليل ديناميكي للحالات العابرة المرافقة لعمل ملفافات الكباش عند غرف المواد ورفع الكباش الممتلئ بعد ذلك .

المراجع:

1. Aleksandrof M.P ; Hoisting & Transporting machines ; St. Petersburg ; 1998.
2. Tauber B. A ; Hoisting & Transporting machines ; 2001.
3. Handbook of Cranes ; Part 1-2 –Leningrad ; 1988.
4. Vaenson A. A ; Hoisting & Convening machines ; Moscow – 1989.
5. Salaviof V. G ; The theoretical principles for the rising of a productivity of GRABs; Leningrad ; 1981.
6. Chen Syansan ; The Algorithm of GRAB by computer; St. Petersburg; 1999.
7. Lobov N.A, Dynamic of hoisting cranes, Moscow, Mashinostroenie. 1987.
8. Juhani Sirjola; Development of a new GRAB unloaded control system, Konecranes VLC Corporation Hyvinkaa ;Finland;1999.
9. Yang XiChun, Yang Di Guo, Zheng Yu, Frank Andrew ; Computer aided design of a flywheel – forklift transmission system, Energy Convers, New York, 2001.
10. Wang Qi Ding; Computer aided static analysis for the Hydraulic System of a forklift truck, SAE Techn. Pap. Ber. -2002.
11. Julien Henefeld, Turbo Pascal 7.00 – OOP ; Borland 1995.
12. Berezin P.S, Numerical Methods, T₂. – McGraw-Hill, 2002.