

## МОДЕЛЮВАННЯ КАНАТНО-СКРЕПЕРНОЇ УСТАНОВКИ

В статті наведено результати моделювання дослідного зразка канатно-скреперної установки (КСУ) для добування сапропелю. Обґрунтовано доцільність застосування комп'ютерних програм для побудови тримірної моделі КСУ, яка дає можливість визначити параметри необхідні для виготовлення фізичної моделі КСУ для проведення експериментальних досліджень черпання сапропелю природної вологості.

Сучасний стан комп'ютерної техніки дозволяє розробляти різні моделі виробів та процесів на стадії наукових досліджень.

Це дало змогу змоделювати процес роботи канатно-скреперної установки (КСУ) [1], її виготовлення на основі комп'ютерної тримірної моделі.

Розв'язок поставленої задачі має важливе значення, так як виготовлення КСУ потребує значних матеріальних затрат. Необхідні дослідження проведено з використанням запропонованої фізичної моделі (рис. 1), яка містить ківш із скребком 1, каретку 2, рейку 3 із поперечиною 4, стійки 5 і 6. Стійки встановлені на кріпильні плити 7 і 8. Робочий орган 1 виконаний у вигляді каркаса, внутрішня поверхня якого покрита сталевим листом товщиною 0,5 мм. Така конструкція забезпечує необхідну його жорсткість та оптимальну вагу. Рейка кріпиться до повзунів із отворами 9 і 10 штифтами. Перестановкою штифтів регулюється кут підйому каретки. Привод повзунів виконаний у вигляді системи блоків 11, 12, 13 і 14, канатів 15, електродвигуна 16 з редуктором 17 та барабана 18. Черпання сапропелю ковшем проводили з ємності 19. Переміщення каретки по поперечині здійснюється за допомогою тягового каната 20 та лебідки 21. Для розвантаження робочого органу 1 ролик 22 стопориться на рейці 4.

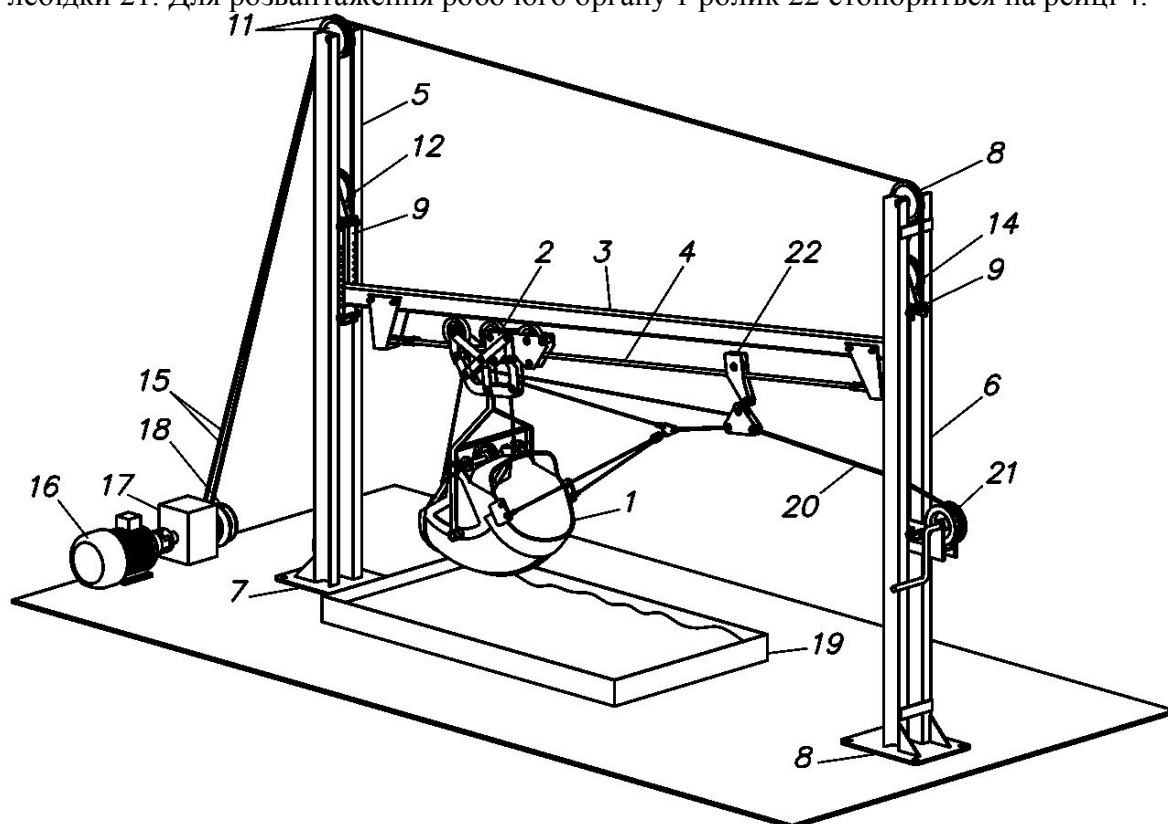


Рис. 1. Загальний вигляд дослідного зразка канатно-скреперної установки

В фізичній моделі канат замінено жорсткою поперечиною із наступних міркувань. Згідно досліджень проведених в роботі [2], кут згину несучого каната КСУ під дією ваги каретки і наповненого ковша (рис. 2) визначається за формулою:

$$\delta = 2 \arctg \frac{Q}{2H_B \left( 1 + \left( \operatorname{tg} \beta + \frac{l - 2x}{2H_B} \left( \frac{g}{\cos \beta} + \frac{Q}{l} \right) \right)^2 \right) - Q \left( \operatorname{tg} \beta + \frac{l - 2x}{2H_B} \left( \frac{g}{\cos \beta} + \frac{Q}{l} \right) \right)}, \quad (1)$$

де  $Q$  – зосереджена сила, Н;  $H_B$  – горизонтальна складова натягу каната в точці  $B$ , Н;  $g$  – погонна вага каната, Н/м;  $l$  – відстань між опорами, м.

Значення  $x$ , при якому  $\delta$  буде максимальним, рівне:

$$x = \frac{l}{2} + \left( H \operatorname{tg} \beta - \frac{Q}{4} \right) / \left( \frac{g}{\cos \beta} + \frac{Q}{l} \right). \quad (2)$$

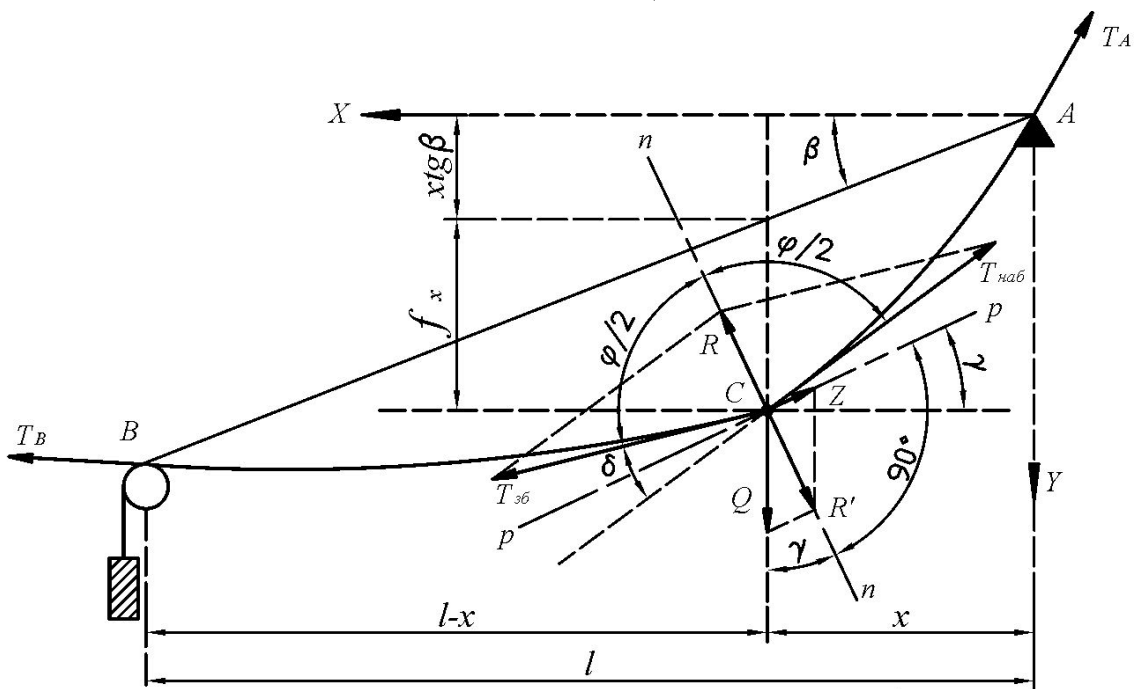


Рис. 2. Схема до визначення кута обхвату каретки несучим канатом.

Аналіз літературних джерел [3, 4, 5] показує, що для екскавації сапропелю із заростаючих малих водойм відстань між баштами КСУ повинна знаходитись в межах 300 м, а висота великої башти не перевищувати 30 м. Оскільки глибина котловин таких озер може бути до 17 м, то загальна максимальна висота підйому вантажу буде рівною 47 м. Враховуючи ці дані, з допомогою формул (1) і (2) було встановлено, що максимальний кут згину несучого каната КСУ знаходиться в межах  $2^{\circ}$ .

При такому значенні кута згину несучого каната його вплив на опір руху каретки та на врівноважування ковша є незначним. Тому, в фізичній моделі використана жорстка поперечина.

Одним із важливим етапів проектування КСУ є врівноважування ковша (рис. 3). Дане питання досліджене в роботі [6]. Умову врівноважування отримано у вигляді нерівності:

$$M_{G10} < \frac{\left( (G_1 + G_2) \sin \gamma + F_{o.k} - \Phi_2 - \Phi_1 \left( 1 + \frac{\sin \gamma \cos(\beta - \gamma)}{\cos \beta} \right) \right)}{\cos \beta \cos(\gamma - \delta) + \sin \varphi \cos(\beta - \gamma)} \times \times (h_{T2} \cos \beta + h_{T3} \sin \varphi) + \Phi_1 h_{\varphi 1}, \quad (3)$$

де  $M_{G10}$  – момент ваги ковша із набраним матеріалом відносно т.О, Нм;  $G_1, G_2$  – сили ваги наповненого ковша і каретки, Н;  $\gamma$  – кут підйому каретки;  $F_{O.K}$  – сила опору кочення, Н;  $\Phi_1, \Phi_2$  – сили інерції наповненого ковша і каретки, Н;  $\beta, \delta$  і  $\varphi$  – відповідно кути відхилення канатів від горизонтального та вертикального положення,  $h_{T1}, h_{T2}, h_{T3}, h_{G1}$  і  $h_{\Phi1}$  – відповідно плечі моментів сил  $T_1, T_2, T_3, G_1$  і  $\Phi_1$ .

Сила  $F_{O.K}$  визначається за формулою:

$$F_{O.K} = \left( \mu \frac{r}{R} + \frac{\mu_0}{R} \right) \left( \left( G_1 - \frac{(G_1 h_{G1} - \Phi_1 h_{\Phi1}) \cos(\beta - \varphi)}{h_{T2} \cos \beta + h_{T3} \sin \varphi} - \Phi_1 (\sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta - \cos \gamma) \right) \cos \gamma + \frac{G_1 h_{G1} \cos \beta}{h_{T2} \cos \beta + h_{T3} \sin \varphi} \times (\cos \varphi + \sin(\gamma - \delta)) + G_2 \cos \gamma \right), \quad (4)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя в підшипниках коліс каретки;  $\mu_0$  – коефіцієнт тертя кочення коліс каретки по канату;  $R$  і  $r$  – відповідно радіус колеса і його осі, м.

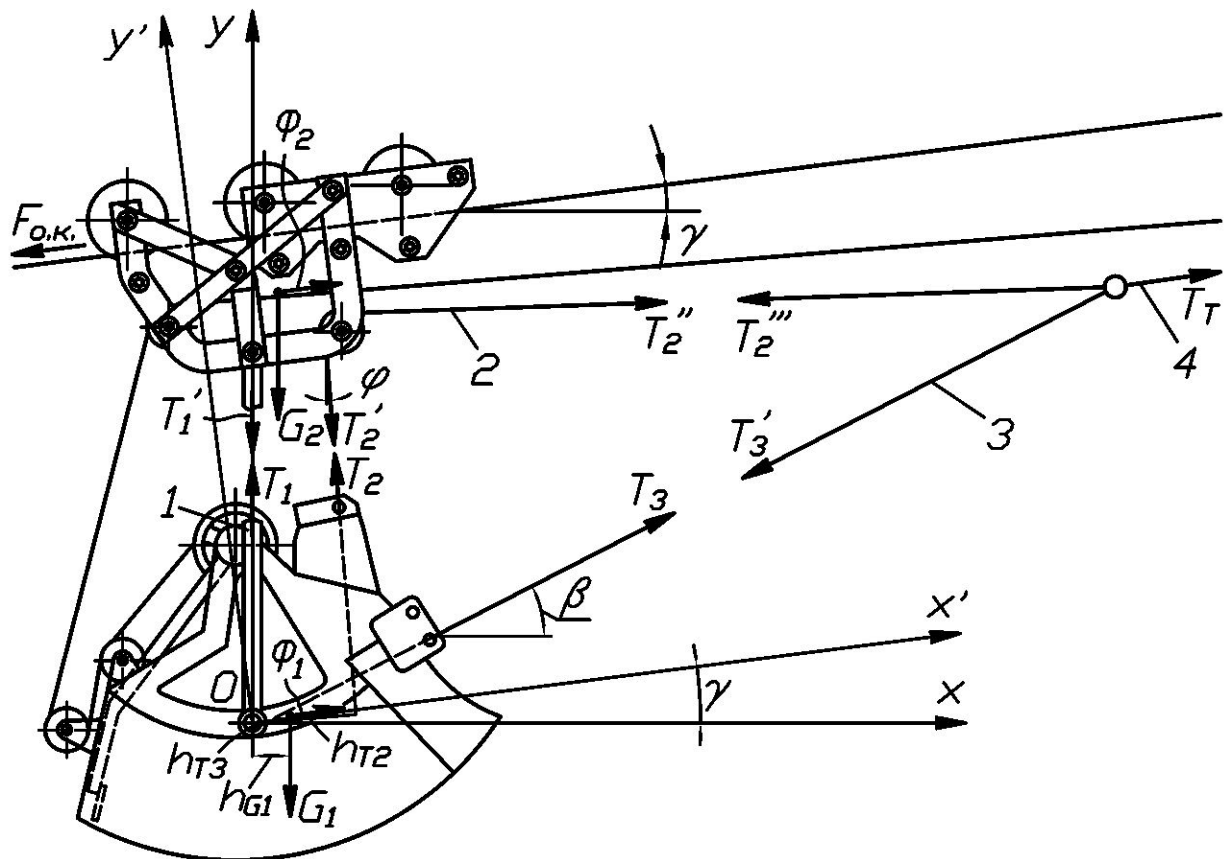


Рис. 3. Розрахункова схема до врівноваження ковша КСУ.  
1 – важіль; 2, 3 і 4 – канати.

Задача врівноваження ковша є досить складною, оскільки вирішується методом підбору значень його геометричних параметрів і елементів підвіски із врахуванням умови (3).

Вирішення поставленої задачі можна значно прискорити та полегшити з використанням САПР. Для дослідження масових характеристик заповненого ковша із скребком була виготовлена комп'ютерна тримірна модель (рис. 4). Після

специфікування матеріалів, з яких складається модель, проводили її аналіз. Результати досліджень отримували в табличній формі (табл. 1).

Таблиця 1

Результати аналізу масових та геометричних характеристик тримірної моделі дослідного зразка

Результати обчислень: Маса 56.11 кг Об'єм 0.04 м <sup>3</sup> Площа поверхні 2.26 м <sup>2</sup>		
Центроид X 0.00 м Y 0.00 м Z 0.00 м		Момент інерції X 1.82 кг м <sup>2</sup> Y 1.64 кг м <sup>2</sup> Z 1.33 кг м <sup>2</sup>
Статичні моменти інерції XY 0.00 кг м <sup>2</sup> XZ 0.00 кг м <sup>2</sup> YZ 0.25 кг м <sup>2</sup>		Радіуси інерції X 0.18 м Y 0.17 м Z 0.15 м
Головні моменти інерції і головні вісі		
I 1.82 кг м <sup>2</sup> Вісь X 0.00 м Y 0.00 м Z -0.00 м	J 1.78 кг м <sup>2</sup> Вісь X -0.00 м Y 0.00 м Z -0.00 м	K 1.19 кг м <sup>2</sup> Вісь X -0.00 м Y 0.00 м Z 0.00 м

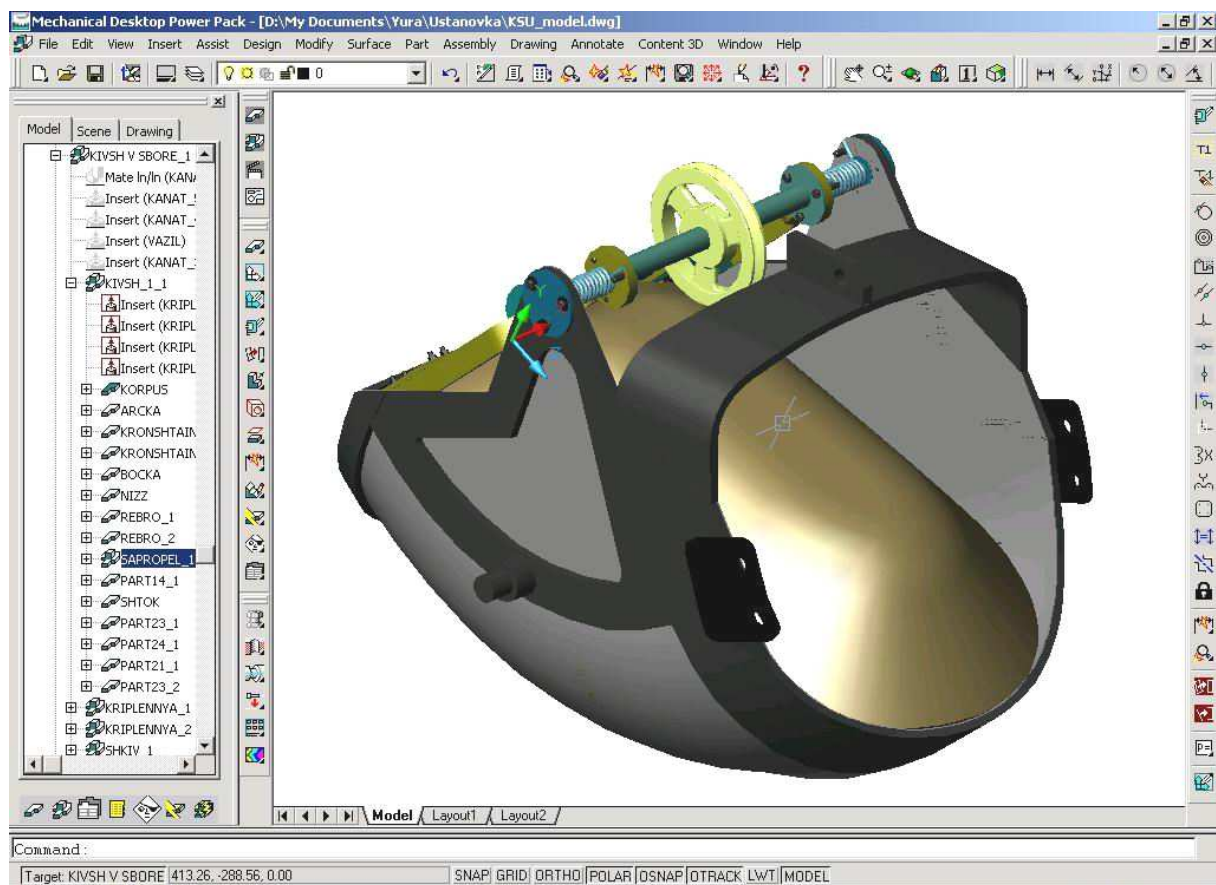


Рис. 4. Цифрова тримірна модель наповненого ковша із скребокком для визначення масових характеристик

Розроблена фізична модель КСУ дозволяє досліджувати роботу ковша в режимі набору сапропелю, утримування набраного матеріалу при транспортуванні, в режимі розвантаження перевірити роботу скребка, визначити або уточнити основні закономірності роботи КСУ та обґрунтувати її конструктивно-технологічні параметри.

Створення комп'ютерної моделі вказаної установки і її всесторонній аналіз на ранніх стадіях проектування, проведення перевірного розрахунку істотно скорочує як час, так і вартість досліджень.

*The results of the pre-production model design of the installation with traction cable (ITC) for sapropel production are shown in this article. The expedience of computer programs application for construction of the three-dimensional model ITC is grounded, which enables to define a parameter necessary for making the physical model ITC for conducting of ladling sapropel experimental researches of natural humidity.*

### **Література**

1. Булік Ю.В. Особливості добування сапропелів з „мертвих” озер // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 9. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2001. – С. 33 – 38.
2. Булік Ю.В., Дідух В.Ф. Визначення кутів обхвату блоків каретки канатно-скреперної установки несучим канатом. – К.: Науковий вісник НАУ, вип. 49, 2002. – С. 33–38.
3. Детальная разведка месторождений сапропеля озер Святое, Воронченское и др. Волынской области УССР. – К., ПГО “Севукргеология”, 1989.
4. Шорохов С.М. Разработка россыпей экскаваторами и скреперами. – М.-Л., 1940. – 205 с.
5. Зеленін І.Х. Использование скрепера для механизации вскрышных работ. – М.-Л.-Н.: Государственное научно-техническое горно-геолого-нефтяное издательство, 1933. – 136 с.
6. Булік Ю.В. Врівноважування ковша канатно-скреперної установки // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 10. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2001. – С. 50 – 53.

*Одержано 17.05.2004 р.*