

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОВША ЭКСКАВАТОРА

*Зеньков С.А., Минеев Д.А.*

*Братский государственный университет, г. Братск*

**Ключевые слова:** адгезия, экскаватор, ковш, очистка, производительность, гидроцилиндр.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается вопрос использования одного из методов борьбы с адгезией грунта на ковш экскаватора – механического. Также по техническому заданию был спроектирован рабочий орган в Компасе-3D, рассчитаны углы, скорости перемещения гидроцилиндра относительно рукояти экскаватора и усилие на режущей кромке ковша.

## DETERMINATION OF KINEMATIC PARAMETERS OF A BUCKET EXCAVATOR

*Zenkov S.A., Mineev D.A.*

*Bratsk State University, Bratsk*

**Keywords:** adhesion, excavator, bucket, cleaning, performance, hydraulic cylinder.

**Abstract.** This article discusses the use of one of the methods to combat the adhesion of the soil to the excavator bucket – mechanical. Also, according to the technical task, a working body was designed in Compass-3D, angles, speeds of movement of the hydraulic cylinder relative to the handle of the excavator and the force on the cutting edge of the bucket were calculated.

**Введение.** Опыт эксплуатации землеройных машин показывает, что при разработке влажных грунтов (особенно при отрицательной температуре) намерзание и налипание грунта на рабочие органы существенно снижает производительность машин [1,3].

Одним из методов борьбы с адгезией грунтов является механический способ. В настоящее время известен ряд полезных моделей, изобретений, предназначенных для очистки ковша экскаватора от налипшего и намерзшего грунта.

**Результаты.** По техническому заданию было спроектировано рабочее оборудование с механическим очистным устройством в среде Компасе-3D. Также рассчитаны углы, скорости перемещения гидроцилиндра относительно рукояти экскаватора и усилие на режущей кромке ковша согласно схеме изображенной на рис. 1 по методике [2].

Изначально следует задаваться  $\angle A_3A_4C_4$ , представив взаимосвязь переменных параметров  $[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3$  и  $S_1$  (рис. 1), например формулой:

$$S_1 = \sqrt{a_5^2 + b_5^2} + \frac{a_5}{a_6} [a_6^2 + b_5^2 - a_{34}^2 - b_4^2 + 2a_{34}b_4 \cos(\angle A_3A_4C_4)]. \quad (1)$$

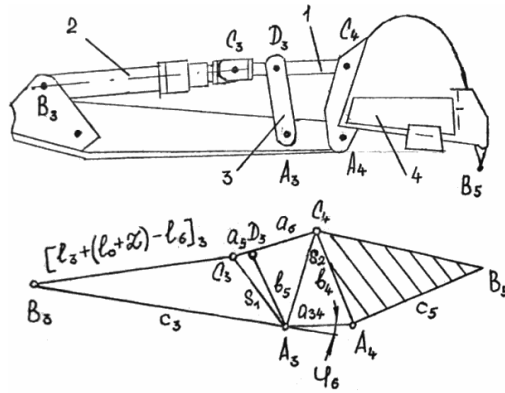


Рис. 1. Схема привода ковша

Полученного из совместного рассмотрения треугольников  $\Delta A_3 A_4 C_4$ ,  $\Delta A_3 D_3 C_4$  и  $\Delta A_3 D_3 C_3$  при прямолинейном звене  $C_3 D_3 C_4$ .

Угол  $\angle B_3 A_3 C_3$  определен из треугольников  $\Delta A_3 A_4 C_4$ ,  $\Delta D_3 A_3 C_4$ ,  $\Delta C_3 A_3 D_3$  и  $\Delta B_3 A_3 C_3$

$$\angle B_3 A_3 C_3 = (\pi - \varphi_6 - \angle A_4 A_3 D_3) - \arccos\left(\frac{S_1^2 + b_5^2 - a_5^2}{2S_1 b_5}\right). \quad (2)$$

Входящий в последнее выражение угол  $\angle A_4 A_3 D_3$  поворота рычага 3 (рис.1) относительно т.  $A_3$  находится по формуле

$$\angle A_4 A_3 D_3 = \arccos\left(\frac{S_2^2 + a_{34}^2 - b_4^2}{2S_2 a_{34}}\right) + \arccos\left(\frac{S_2^2 + b_5^2 - a_6^2}{2S_2 b_5}\right), \quad (3)$$

где геометрическая характеристика  $S_2$  (рис. 3) составляет

$$S_2 = \sqrt{a_{34}^2 + b_4^2 + 2a_{34}b_4 \cos(\angle A_3 A_4 C_4)}. \quad (4)$$

На рисунке 2 показано изменение угла  $\angle A_3 A_4 C_4$  и  $\angle A_4 A_3 D_3$  при движении штока гидроцилиндра.

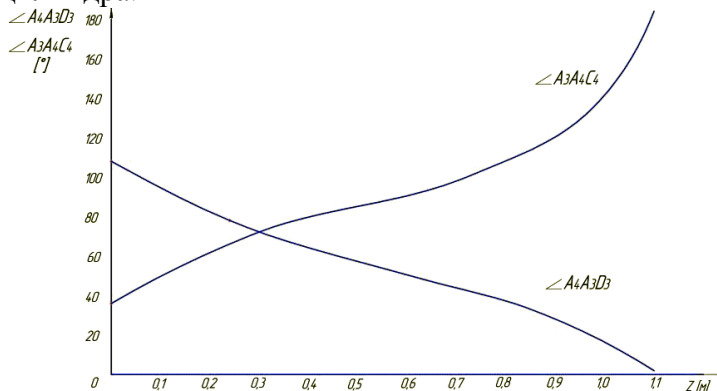


Рис. 2. График изменения угла  $\angle A_3 A_4 C_4$  и  $\angle A_4 A_3 D_3$  при движении штока гидроцилиндра

Получив, таким образом, необходимые взаимосвязи, опишем окончательно кинематику исследуемого привода.

$\angle A_3 B_3 C_3$  и  $\angle A_3 C_3 B_3$  трения в опорах корпуса и штока гидроцилиндра определяется соответственно из выражений:

$$\angle A_3 B_3 C_3 = \arccos \left\{ \frac{[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3^2 - S_4^2 + C_3^2}{2c_3[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3} \right\}, \quad (5)$$

$$\angle A_3 C_3 B_3 = \arccos \left\{ \frac{[S_1^2 + [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3^2 - C_3^2]}{2S_1[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3} \right\}. \quad (6)$$

Угол трения  $\angle B_3 A_3 C_3$  в упрощенном виде в дополнение к выражению (2) может находиться по формуле

$$\angle B_3 A_3 C_3 = \arccos \left\{ \frac{[S_1^2 + C_3^2 - [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3^2]}{2S_1 C_3} \right\} = \pi - \angle A_3 B_3 C_3 - \angle A_3 C_3 B_3. \quad (7)$$

Скорости поворота гидроцилиндра относительно опор его крепления находятся для мгновенной  $Z = Const$  из равенств:

$$\frac{d}{dt}(\angle A_3 B_3 C_3) = -Z \frac{S_1}{C_3[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3} \cdot \frac{\cos(\angle A_3 C_3 B_3)}{\sin(\angle A_3 B_3 C_3)}, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(\angle A_3 C_3 B_3 + \angle A_3 C_3 D_3) &= \frac{d}{dt}(\angle A_3 C_3 B_3) + \frac{d}{dt}(\angle A_3 C_3 D_3) = \\ &= -Z \frac{C_3}{[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3} \cdot \frac{\cos(\angle A_3 B_3 C_3)}{\sin(\angle A_3 C_3 B_3)} - Z \{ [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3 - \\ &\quad - C_3 \cos(\angle A_3 B_3 C_3) - S_1 \cos(\angle A_3 C_3 B_3) \} \cdot \frac{1}{\sin(\angle A_3 C_3 D_3)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Скорости трения в т. $A_3$  и т. $D_3$  могут описываться следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(\angle B_3 A_3 D_3) &= \frac{d}{dt}(\angle B_3 A_3 C_3 + \angle C_3 A_3 D_3) = \frac{d}{dt}(\angle B_3 A_3 C_3) + \frac{d}{dt}(\angle C_3 A_3 D_3) = \\ &= Z \frac{[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3}{S_1 C_1 \sin(\angle B_3 A_3 C_3)} - Z \{ [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3 - C_3 \cos(\angle A_3 B_3 C_3) - S_1 \cos(\angle A_3 C_3 B_3) \} \times \end{aligned} \quad (10)$$

$$\times \frac{\{ [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3^2 + C_3^2 - 2C_3[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3 \cos(\angle A_3 B_3 C_3) + a_5^2 + b_5^2 \}}{2b_5 \{ [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3^2 + C_3^2 - 2C_3[I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3 \cos(\angle A_3 B_3 C_3) \} \frac{3}{2} \sin(\angle C_3 A_3 D_3)},$$

$$\frac{d}{dt}(\angle A_3 D_3 C_3) = Z \frac{\{ [I_3 + (I_0 + Z) - I_6]_3 - C_3 \cos(\angle A_3 B_3 C_3) - S_1 \cos(\angle A_3 C_3 B_3) \}}{a_5 b_5 \sin(\angle A_3 D_3 C_3)}. \quad (11)$$

Входящие в уравнения (9), (10) и (11) недостающие углы расписываются следующим образом:

$$\angle A_3 C_3 D_3 = \arccos \left\{ \frac{S_1^2 + a_5^2 - b_5^2}{2S_1 a_5} \right\}, \quad (12)$$

$$\angle A_3 D_3 C_3 = \arccos \left\{ \frac{a_5^2 + b_5^2 - S_1^2}{2a_5 b_5} \right\}, \quad (13)$$

$$\angle C_3 A_3 D_3 = \arccos \left\{ \frac{S_1^2 + b_5^2 - a_5^2}{2S_1 b_5} \right\}. \quad (14)$$

Окончательно скорость поворота ковша нетрадиционного привода целесообразно записывать в виде:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}(\angle A_3 A_4 C_4 + A_3 C_3 D_3) &= \frac{d}{dt}(\angle B_3 A_3 D_3) \cdot \left\{ b_5 \sin \langle \pi - (\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3) - \right. \\ &- \arccos \left[ \frac{a_6^2 - b_4^2 + a_{34}^2 + b_5^2 + 2a_{34} b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}{2a_6 \sqrt{a_{34}^2 + b_5^2 + 2a_{34} b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}} \right] - \\ &\left. - \arctg \left[ \frac{-b_5 \sin(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}{b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)} \right] \right\} \times \\ &\left\{ b_4 \sin \left\langle \arccos \left[ \frac{a_6^2 - b_4^2 - a_{34}^2 - b_5^2 - 2a_{34} b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}{2b_4 \sqrt{a_{34}^2 + b_5^2 + 2a_{34} b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}} \right] - \right. \\ &\left. - \arccos \left[ \frac{a_6^2 - b_4^2 + a_{34}^2 + b_5^2 + 2a_{34} b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}{2a_6 \sqrt{a_{34}^2 + b_5^2 + 2a_{34} b_5 \cos(\varphi_6 + \angle C_3 A_3 D_3 + \angle B_3 A_3 C_3)}} \right] \right\} - 1. \end{aligned} \quad (15)$$

### Список литературы

1. Зеньков С.А., Курмашев Е.В. Определение производительности экскаваторов при снижении адгезии грунтов // Вестник Иркутского регионального отделения Академии наук высшей школы РФ. 2010. № 2 (17). С. 191-195.
2. Кобзов Д.Ю., Тимошенко А.А. Об эксцентричном нагружении гидроцилиндра в опорах. Деп.БРИИМАШМиР 1.12.92 № 48-сд 92. 23 с.
3. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В. Теоретические предпосылки повышения производительности экскаваторов при устранении адгезии грунта к ковшу // Механики XXI века. 2006. № 5. С. 79-81.

### References

1. Zenkov S.A., Kurmashev E.V. Determining the performance of excavators while reducing soil adhesion // Bulletin of the Irkutsk Regional Department of the Academy of Sciences of Higher School of the Russian Federation. 2010. No. 2 (17). Pp. 191-195.
2. Kobzov D.Yu., Timoshenko A.A. On eccentric loading of the hydraulic cylinder in the supports. Dep.BRIIMASHMiR 1.12.92 No. 48-cd 92. 23 p.
3. Zenkov S.A., Batur A.A., Bulaev K.V. Theoretical prerequisites for improving the performance of excavators while eliminating the adhesion of the soil to the bucket // Mechanics of the XXI century. 2006. No. 5. P. 79-81.

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<b>Зеньков Сергей Алексеевич</b> – к.т.н., доцент, mf@brstu.ru	<b>Zenkov Sergey Alekseevich</b> – candidate of technical sciences, associate professor
<b>Минеев Дмитрий Андреевич</b> - студент	<b>Mineev Dmitry Andreevich</b> – student
Братский государственный университет, г.Братск, Россия	Bratsk State University, city of Bratsk, Russian Federation

Получена 30.06.2019