

## КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОРПУСА ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА

Муравьев В.Р.

Научный руководитель – доцент Калиновская Т.Г.

*Сибирский федеральный университет*

Шагающий экскаватор — экскаватор на шагающем ходу, обычно с оборудованием драглайна (рис.1, *a*). Механизм шагания был разработан по той причине, что гусеницы экскаватора при значительном весе машины просто перестают работать из-за слишком высокого давления на грунт. Эту проблему удалось решить за счет использования в конструкции экскаватора гидравлического привода шагания.

Сегодня наиболее распространенная модель - экскаватор с трехопорным механизмом шагания. Для передвижения экскаватора мощные гидравлические поршни-домкраты приподнимают его переднюю часть, при этом корма подтягивается по земле. Когда поршни опускают переднюю часть экскаватора, то он всем своим весом сдвигается вперед. Такие экскаваторы могут работать при весе аппарата до 4,5 тыс. тонн. Это ограничение удалось преодолеть в конструкции четырехопорного механизма шагания с полным отрывом базы от земли. В неподвижном состоянии экскаватор опирается на грунт опорной плитой в основании. При шаге вес переносится на опорные башмаки (лыжи); каждый башмак управляется парами гидроцилиндров (рис. 1, *a*). Экскаватор приподнимается над грунтом, смещается на некоторое расстояние и снова садится на грунт опорной плитой. Опорные башмаки, в свою очередь, приподнимаются над грунтом и переносятся вперед; затем цикл повторяется.

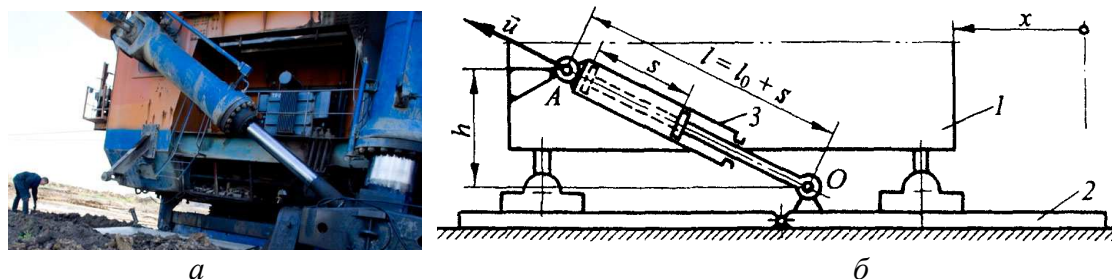


Рис.1. Экскаватор на шагающем ходу:

*a* - общий вид механизма шагания; *б* – расчетная кинематическая схема.

Важнейшим показателем скорости шагания непосредственно машины считается скорость и длина одного шага. В среднем на экскаваторе ЭШ20/90 эти показатели составляют 1 шаг = 1м / 55сек. В настоящей работе проводилось кинематическое исследование параметров движения корпуса шагающего экскаватора с применением методов теоретической механики. В процессе цикла шагания движение поршня в гидроцилиндре можно считать равномерным, однако при этом скорость перемещения корпуса экскаватора относительно лыж меняется. Интерес представляет определение закона движения корпуса и изменения его скорости в процессе цикла.

В рассматриваемой задаче предполагалось, что в цикле шагания корпус 1 экскаватора (рис. 1, *б*) перемещается поступательно относительно лыж 2 под действием гидроцилиндра 5, корпус которого движется относительно поршня с постоянной

скоростью  $u = 0,1$  м/с. Начальное положение гидроцилиндра задано размерами  $l_0 = 2,5$  м и  $h = 0,65$  м при  $s = 0$ , где  $s$  - ход поршня.

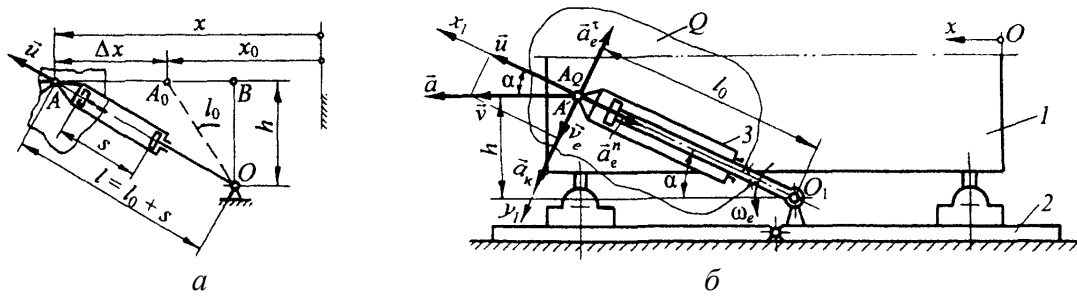


Рис. 2. Механизм перемещения экскаватора на шагающем ходу:

*a* – к определению закона движения корпуса; *б* – к расчету скорости и ускорения с применением теории сложного движения

При поступательном перемещении экскаватора по лыжам под действием гидроцилиндра (рис. 2, *a*) нижний шарнир *O* занимает фиксированное положение на задней лыжке. Положение верхнего шарнира *A*, расположенного на корпусе экскаватора, можно связать с координатой самого корпуса  $x$ , при этом расстояние между шарнирами *AO* равно  $l$ . При выдвигении штока из корпуса гидроцилиндра шарнир *A* перемещается горизонтально влево, заставляя корпус экскаватора скользить по лыжам. Перемещение корпуса  $\Delta x = x - x_0$  найдем из треугольников *OAB* и *OA<sub>0</sub>B*. В результате уравнение движения (закон движения) корпуса экскаватора имеет вид:

$$x = \sqrt{(l_0 + ut)^2 - h^2} - \sqrt{l_0^2 - h^2} \quad (1)$$

Уравнения скорости и ускорения, в которых  $l = l_0 + ut$ , получены дифференцированием уравнения (1):

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{ul}{\sqrt{l^2 - h^2}}; \quad a = \frac{dv}{dt} = -\frac{u^2 h^2}{(l^2 - h^2)^{1.5}} \quad (2)$$

Уравнения (2) позволяют определять скорость и ускорение в любой момент времени. Например, для начального момента, при  $t=0$   $v = 0,104$  м/с;  $a = -3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>

Скорость и ускорение корпуса экскаватора для заданного момента времени можно также определить другим способом, используя теорию сложного движения точки.

Для этого и изображаем механизм в положении, соответствующем требуемому моменту времени, например в его начальном положении (рис. 2, *б*) и исследуем движение точки *A* (центра шарнира), принадлежащей корпусу 1 экскаватора и корпусу 3 гидроцилиндра. Связываем со штоком некоторую плоскость *Q*, на которой выделяем точку *AQ*, совпадающую в данный момент времени с точкой *A*. Теперь движение точки *A* можно рассматривать как сложное, состоящее из переносного вращательного движения вместе с точкой *A<sub>Q</sub>* со скоростью  $v_e$  и относительного прямолинейного и равномерного движения вдоль оси *O<sub>1</sub>x<sub>1</sub>* со скоростью  $v_r = u$ .

Абсолютную скорость находим из прямоугольника скоростей

$$v = v_r / \cos \alpha = u / \cos \alpha = 0,104 \text{ м/с};$$

Абсолютное ускорение точки *A* определяем по теореме Кориолиса

$$\bar{a} = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_k.$$

Проецируя уравнение на координатную ось *Ax<sub>1</sub>*, вычисляя  $a_e^n$  и  $a_e^\tau$  по известным формулам, получаем решение  $a = -3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>.

Видно, что значения  $v$  и  $a$  полученные разными методами совпадают, что подтверждает достоверность выбранных методик определения кинематических параметров движения машины.

