

УДК 621.879

## ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КВИК-КАПЛЕРА С РАБОЧИМ ЭЛЕМЕНТОМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАШИН

Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ,  
Е.В. Прохорова, аспирантка, Е.А. Волков, аспирант, Белгородский  
государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, Россия

*Аннотация.* Исследованы кинематические параметры рабочего оборудования экскаватора с внесением в стандартную кинематическую схему дополнительного звена – квик-каплера, который представляет собой быстросоединительное устройство. Определено влияние квик-каплера на действие рабочего оборудования.

*Ключевые слова:* экскаватор, квик-каплер, кинематические параметры рабочего оборудования.

## ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВЗАЄМОДІЇ КВІК-КАПЛЕРА З РОБОЧИМ ЕЛЕМЕНТОМ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАШИН

Є.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ  
Є.В. Прохорова, аспірантка, Е.А. Волков, аспірант, Белгородський  
державний технологічний університет імені В.Г. Шухова, Росія

*Анотація.* Досліджено кінематичні параметри робочого обладнання экскаватора із внесенням до стандартної кінематичної схеми додаткової ланки – квік-каплера, який являє собою швидкоз'єднувальний пристрій. Визначено вплив квік-каплера на дію робочого обладнання.

*Ключові слова:* экскаватор, квік-каплер, кінематичні параметри робочого обладнання.

## EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF INTERACTION QUICK-KAPLER WITH THE WORK ITEM MULTIFUNCTIONAL MACHINES

E. Venzel, Professor, Doctor of Technical Science, KhNAHU,  
E. Prokhorova, postgraduate, E. Volkov, post-graduate,  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia

*Abstract.* The kinematic parameters of the working equipment of the excavator with the introduction of the standard kinematic scheme of an additional link – quick-coupler, which represent a quick-coupling device is investigated. The influence of the quick-coupler on the action of the working equipment is determined.

*Key words:* excavator, quick-coupler, kinematic parameters of operating equipment.

### Введение

В настоящее время совершенствование СДМ идет по пути унификации основных узлов и агрегатов, конструирования машин по принципу многофункциональности. Конструкция

современных СДМ предусматривает встроенное быстродействующее соединительное устройство (БДСУ) для быстрой смены навесного оборудования, обеспечивая его выбор, а также дополнительные опции для работы несколькими навесными органами.

### Анализ публикаций

При исследовании рабочего оборудования многофункциональных технологических машин большое внимание уделяется изучению влияния различных видов навесного рабочего оборудования на рукоять и базовую машину. При этом практически нет исследований влияния быстросоединительных устройств (БСУ) на работу рабочего оборудования технологических машин [1].

### Цель и постановка задачи

Все вышеизложенное показывает, что существует необходимость исследования работы многофункциональных машин с различным навесным оборудованием, установленным посредством так называемых квик-каплеров. Квик-каплер (БСУ) является промежуточным звеном между рукоятью и сменным рабочим органом [2].

### Методы оценки физико-механических свойств квик-каплера с рабочим элементом

Исследуем кинематические параметры рабочего оборудования экскаватора при включении в его кинематическую схему дополнительного звена.

Исследования показали, что силы сопротивления зависят не столько от физико-механических свойств материала, сколько от конструкции и кинематики рабочих органов, применяемых для выполнения данных работ, поэтому большое значение для их уменьшения имеет выбор оптимальной формы рабочих органов, конструкции и размеров их режущих кромок, траекторий и скоростей движения [3].

Задачей кинематического расчета является нахождение скоростей, ускорений и траекторий отдельных точек механизма. Движение точки определяется законом, который описывается уравнением или задается векторным способом [4].

Скорость точки, как известно из механики, есть производная по времени от радиус-вектора, определяющего положение точки в пространстве, а ускорение – производная от скорости по времени или вторая производная от радиус-вектора по времени [4].

Абсолютная скорость  $v$  точки равна геометрической сумме переносной  $v_e$  и относительной  $v_r$  скоростей

$$\bar{v} = \bar{v}_e + \bar{v}_r.$$

Абсолютное ускорение  $\bar{a}$  точки равно геометрической сумме переносного  $\bar{a}_e$ , относительного  $\bar{a}_r$  и кориолисова  $\bar{a}_k$  ускорений

$$\bar{a} = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_k,$$

где  $a_k = 2\omega_e v_r \sin(\bar{\omega}_e, \bar{v}_r)$  (здесь  $\bar{\omega}_e$  – вектор угловой скорости переносного движения).

Если движение точки является криволинейным, то переносное ускорение удобно представить как геометрическую сумму нормального  $a_e^n$  и тангенциального  $a_e^\tau$  переносных ускорений; то же можно сказать и об относительным ускорением, которое при этом равно геометрической сумме нормального  $a_r^n$  и тангенциального  $a_r^\tau$  относительных ускорений. Нормальное и тангенциальное ускорения определяют по формулам

$$a^n = \omega^2 \rho; a^\tau = \varepsilon \rho,$$

где  $\omega$  и  $\varepsilon$  – соответственно угловая скорость и угловое ускорение точки;  $\rho$  – радиус кривизны траектории, например расстояние от оси вращения тела до его центра масс.

Тогда суммарное ускорение

$$\bar{a} = \bar{a}^n + \bar{a}^\tau; a = \rho \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \quad (1)$$

По формуле (1) определяют абсолютное ускорение поступательного неравномерного движения точек звена по криволинейным траекториям.

В частном случае, когда точки поступательно движущегося звена перемещаются по прямолинейным траекториям,  $\bar{a} = \bar{a}^\tau$ . При вращательном равномерном движении точек звеньев  $\bar{a} = \bar{a}^n$ .

Нормальное ускорение всегда направлено вдоль звена к точке, относительно которой происходит вращение, а тангенциальное – перпендикулярно вращающемуся звену.

Для определения значений скоростей и ускорений можно пользоваться как аналитическими, так и графическими методами. К последним относится определение скоростей и ускорений методами планов.

Определим кинематические параметры рабочего оборудования экскаватора графическим методом. Кинематическая схема рабочего оборудования одноковшового экскаватора с использованием квик-каплера представлена на рис. 1.

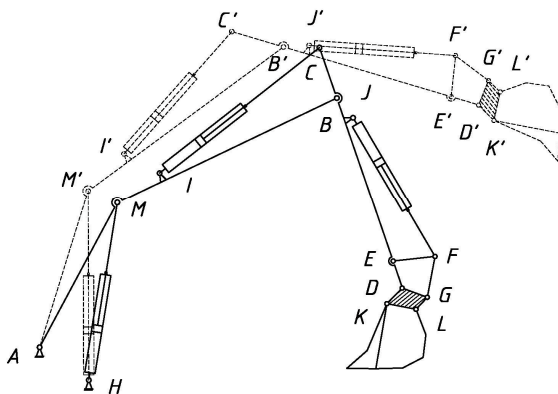


Рис. 1. Кинематическая схема рабочего оборудования одноковшового экскаватора с квик-каплером

Рабочее оборудование состоит из стрелы, механизмов управления ковшом, подъема стрелы, квик-каплера.

При подъеме стрелы поршень вместе со штоком гидроцилиндра совершает сложное движение – относительное относительно корпуса гидроцилиндра и переносное вращательное относительно точки  $H$ . Допустим, что скорость выдвижения штока гидроцилиндра при подъеме и опускании стрелы постоянна.

Скорость поршня (штока) гидроцилиндра подъема стрелы  $v_n = s_n / t = 0,06$  м/с.

Для определения скорости выдвижения штока гидроцилиндра поворота ковша необходимо знать время  $t_i$  и путь  $s_i$ , соответствующие различным положениям стрелы. При повороте стрелы из начального положения  $O$  в положение, отмеченное прерывистой линией, шток гидроцилиндра стрелы должен выдвинуться на величину  $C' - B'$ . При расчете значение  $AB'$  определяют графически.

Аналогичным образом можно найти значения  $s_i$  и  $t_i$  для остальных положений стрелы, увеличивая значения  $l_i$  (индексами  $i$  обозначены положения стрелы).

$$s_i = l_i - l_{i-1} \text{ с.}$$

Зная время  $t_i$  для каждого фиксированного положения стрелы и определенные из чертежа отрезки  $s'_i$ , соответствующие выдвижению штока гидроцилиндра поворота, можно определить скорости штока гидроцилиндра ковша для соответствующих моментов времени (со штрихом обозначены параметры штока гидроцилиндра поворота ковша). Скорость выдвижения штока гидроцилиндра ковша при подъеме (или опускании) стрелы не остается постоянной.

Определим скорости и ускорения отдельных точек рабочего оборудования. При этом наметим лишь общую последовательность решения этой задачи и приведем результаты расчета построения планов скоростей и ускорений на примере точки  $M$ .

Для определения скорости  $\bar{v}_M$  точки  $M$  составляем уравнение в векторной форме

$$\bar{v}_M = \bar{v}_{PI} + \bar{v}_{MH}; \quad \bar{v}_M = \bar{v}_A + \bar{v}_{MA}.$$

Скорости точек  $B, I$ , принадлежащих стреле, можно найти по аналогичному принципу или из условия подобия

$$v_B / v_M = AB / AM.$$

Далее строим планы скорости ускорений для других положений стрелы рабочего оборудования. В положении 2 (конечное верхнее) скорости всех точек равны нулю.

### Выводы

Из полученных результатов можно сделать вывод, что при внесении в стандартную кинематическую схему рабочего оборудования экскаватора дополнительного звена – квик-каплера (KDGL), кинематические параметры системы «рукоять–квик-каплер–навесное оборудование» существенно не меняются.

## Литература

1. Севрюгина Н.С. Ресурсная модернизация самоходных машин / Н.С. Севрюгина, А.А. Божанов // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: «Строительство и транспорт». – 2006. – № 1–2. – С. 77–80.
2. Севрюгина Н.С. Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники / Н.С. Севрюгина, Е.В. Прохорова, А.В. Дикевич // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 57. – С. 90–96.
3. Баловнев В.И. Определение главных параметров одноковшовых экскаваторов в зависимости от условий эксплуатации / В.И. Баловнев // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 8. – С. 34–37.
4. Павлов В.П. Схема реализации сложного проекта в задаче автоматизированного проектирования многоцелевой технологической машины / В.П. Павлов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 01. – С. 2–8.

Рецензент: А.Г. Гурко, доцент, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 11 ноября 2013 г.

---