



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР -
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН (МНИЦ - ГП)

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**



**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ

**18 - 20 апреля 2018 года
г. Бишкек**



УДК 001
ББК 30.6
C56

Ответственные редакторы:

Забинякова О.Б., Матюков В.Е., Имашев С.А.

Редакционная коллегия:

Лашин О.А., Чешев М.Е., Лисимов М.О., Саламатина Ю.М., Непеина К.С.

**C56 Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов
X Междунар. конф. молодых ученых и студентов.** – Бишкек: НС РАН, 2018. – 430 с.

ISBN 978-9967-12-728-9

В данный сборник включены материалы X Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», которая была проведена Научной станцией РАН и Международным научно-исследовательским центром – геодинамическим полигоном в г. Бишкеке, Кыргызская Республика. В сборнике представлены работы молодых ученых и студентов из Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Таджикистана и России, охватывающие исследования в области мониторинга геосреды, физики и механики горных пород, оценки сейсмического и геологического риска, математического моделирования различных процессов и других научных направлений.

Сборник может быть полезен студентам, аспирантам и специалистам, занимающимся исследованиями в области наук о Земле, механики и прикладной математики.

Издание сборника материалов конференции и иной печатной продукции осуществлялось при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций (субсидия № 007-02-2018-653)

Утверждено к печати Ученым советом
ФГБУН НС РАН в г. Бишкеке

УДК 001
ББК 30.6

C 2001000000-18
ISBN 978-9967-12-728-9

©ФГБУН Научная станция РАН в г. Бишкеке

©Международный научно-исследовательский
центр - геодинамический полигон в г. Бишкеке

© Коллектив авторов, 2018

КОЛЕБАНИЯ КОРПУСА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА МО-10 ПРИ ВИБРОУДАРНОЙ ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Арстанбек А.

alisherarstanbek@mail.ru

Кыргызско-Российский Славянский университет,
г. Бишкек, Кыргызская Республика

Научный руководитель:

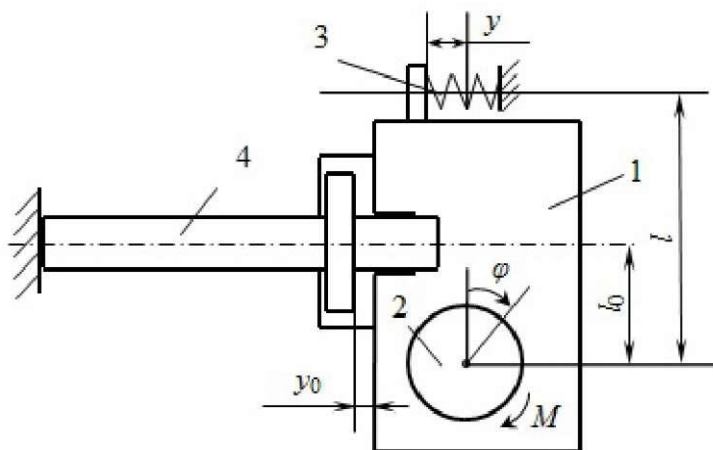
*Профессор кафедры механики Кыргызско-Российского Славянского университета,
д.т.н. Еремьянц В. Э.*

Аннотация. Рассмотрены колебания корпуса ударного механизма путем построения графиков перемещения корпуса относительно инструмента и его скорости в зависимости от времени с учетом предварительного натяга пружин.

Ключевые слова: ударный механизм, колебания корпуса, инструмент, амплитуда колебаний, скорость удара.

В работе [1] получены формулы для определения перемещения и скорости корпуса ударного механизма МО-10 в зависимости от времени, предварительного натяга устройства прижима и параметров вынуждающей нагрузки.

Схема ударного механизма МО-10 показана на рисунке 1. Корпус 1 может вращаться относительно неподвижной опоры 2 под действием вынуждающего момента M . Прижим механизма к инструменту 4 осуществляется с помощью усилия прижатия со стороны пружинного устройства 3.



В процессе работы машины под действием реактивных нагрузок происходят колебания корпуса ударного механизма относительно рабочего инструмента с нанесением ударов по инструменту. В работе [2, 3] показано, что амплитуда колебаний корпуса ударного механизма и скорость его соударения с инструментом являются основными критериями эффективной работы машины, определяющими её производительность и долговечность. Поэтому на амплитуду колебаний и скорость соударения налагаются определенные

ограничения, связанные с уменьшением ударных нагрузок на корпус механизма и инструмент.

При наличии предварительной деформации пружин a , движение корпуса ударного механизма начнется в момент времени t_0 (рисунок 2), когда величина вынуждающего момента достигнет величины, обусловленной предварительной деформацией пружин. Равенство этих моментов определяется соотношением:

$$cal = H \sin \mu(t_0 - t_1),$$

где t_1 – время начала действия вынуждающего момента; cal – момент затяжки; a – предварительная деформация пружин; l – плечо упругой силы (расстояние от оси вращения механизма – кривошипа до продольной оси пружин); H , μ – соответственно амплитуда и частота изменения вынуждающего момента.

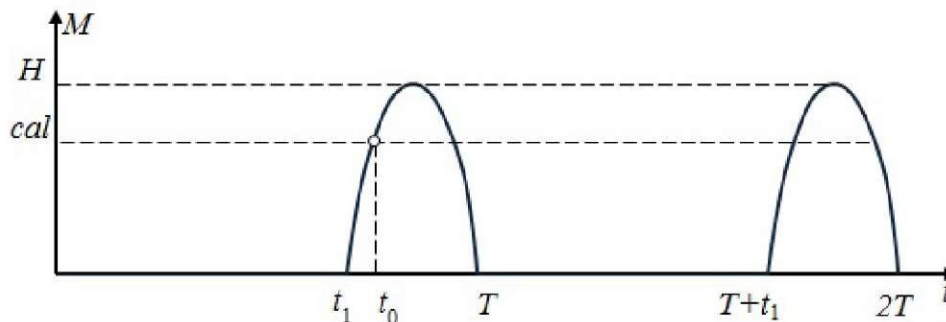


Рисунок 2 – Зависимость вынуждающего момента от времени

Из этого соотношения следует:

$$t_0 = t_1 + \frac{1}{\mu} \arcsin \left(\frac{cal}{H} \right) = t_1 + \frac{1}{\mu} \arcsin v; v = \sin \mu(t_0 - t_1),$$

где v – безразмерный параметр, равный отношению момента затяжки к вынуждающему моменту: $v = cal/H$.

Уравнения движения рассматриваемой системы с циклом работы ударного механизма T на различных временных участках имеют следующий вид:

$$t_0 < t < T$$

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = \frac{H}{J} \sin \mu(t - t_1) - k^2 \varphi_0; \quad (1)$$

$$T < t < T + t_1$$

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = -k^2 \varphi_0, \quad (2)$$

где φ – угловое перемещение корпуса механизма относительно начального положения; k – собственная частота колебаний корпуса; φ_0 – угол, соответствующий предварительной деформации пружин,

$$k = l\sqrt{c/J}; \quad \varphi_0 = a/l; \quad \mu = \pi/(T - t_1),$$

J – момент инерции ударного механизма относительно оси его вращения; c – коэффициент жесткости пружин.

Общее решение неоднородного уравнения (1) на интервале времени $t_0 < t < T$ описывается функциями:

$$\varphi(t) = A_1 \sin k(t - t_0) + B_1 \cos k(t - t_0) + C \sin \mu(t - t_1) - \varphi_0;$$

$$\dot{\varphi}(t) = A_1 k \cos k(t - t_0) - B_1 k \sin k(t - t_0) + C \mu \cos \mu(t - t_1).$$

Решение уравнений движения (1) и (2) записывается в виде:

$$\varphi = \bar{\varphi} + \tilde{\varphi},$$

где $\bar{\varphi}$ – общее решение однородного уравнения; $\tilde{\varphi}$ – частное решение неоднородного уравнения.

Для первого интервала движения начальные условия имеют вид:

$$\varphi_{01} = \varphi(t_0) = 0; \quad \dot{\varphi}_{01} = \dot{\varphi}(t_0) = 0. \quad (3)$$

Общее решение однородного уравнения с начала движения описывается функцией:

$$\bar{\varphi}(t) = A_1 \sin k(t - t_0) + B_1 \cos k(t - t_0).$$

Частное решение неоднородного уравнения:

$$\tilde{\varphi}_{21}(t) = C_1 \sin \mu(t - t_1) + C_2 \cos \mu(t - t_1) + C_0.$$

Подставляя частное решение в левую часть уравнения (1) и приравнявая коэффициенты при одинаковых функциях в левой и правой части уравнения находим неизвестные постоянные:

$$C_1 = C = \frac{H}{J(k^2 - \mu^2)}; \quad C_2 = 0; \quad C_0 = -\varphi_0.$$

С учетом этих постоянных частное решение запишется в виде:

$$\tilde{\varphi}(t) = \frac{H}{J(k^2 - \mu^2)} \sin \mu(t - t_1) - \varphi_0.$$

Общее решение неоднородного уравнения (1) описывается функциями:

$$\varphi(t) = A_1 \sin k(t - t_0) + B_1 \cos k(t - t_0) + C \sin \mu(t - t_1) - \varphi_0; \quad (4)$$

$$\dot{\varphi}(t) = A_1 k \cos k(t - t_0) - B_1 k \sin k(t - t_0) + C \mu \cos \mu(t - t_1), \quad (5)$$

где A и B – постоянные, определяемые из начальных условий (3); $C = C_1$.

Подставляя решение (4) и (5) в начальные условия (3) найдем

$$A_1 = -C \frac{\mu}{k} \cos \mu(t_0 - t_1); \quad B_1 = \varphi_0 - C \nu.$$

Подставляя эти постоянные в уравнение (4) получим

$$\varphi(t) = -C \left[\frac{\mu}{k} \cos \mu(t_0 - t_1) \sin k(t - t_0) + \left(\nu - \frac{a}{Cl} \right) \cos k(t - t_0) - \sin \mu(t - t_1) \right] - \frac{a}{l}. \quad (6)$$

Перемещение корпуса относительно инструмента $y_0(t)$ и его скорость $\dot{y}_0(t)$ связаны с функцией $\varphi(t)$ соотношениями:

$$y_0(t) = l_0 \varphi(t); \quad \dot{y}_0(t) = l_0 \dot{\varphi}(t),$$

где l_0 – расстояние от оси вращения корпуса до продольной оси инструмента.

Используя безразмерный параметр $s = k/\mu$ получим

$$y_0(t) = \frac{H l_0}{J \mu^2 (1 - s^2)} \left[\frac{1}{s} \cos \mu(t_0 - t_1) \sin k(t - t_0) + \frac{\nu}{s^2} \cos k(t - t_0) - \sin \mu(t - t_1) \right] - a \frac{l_0}{l}. \quad (7)$$

Скорость соударения корпуса с инструментом тогда определится как

$$\dot{y}_0(t) = \frac{H l_0}{J \mu (1 - s^2)} \left[\cos \mu(t_0 - t_1) \cos k(t - t_0) - \frac{\nu}{s} \sin k(t - t_0) - \cos \mu(t - t_1) \right]. \quad (8)$$

Решение уравнения (2) на интервале времени $T < t < T + t_1$ запишется в виде

$$\varphi(t) = \frac{\dot{\varphi}_{02}}{k} \sin k(t - T) + (\varphi_{02} + \varphi_0) \cos k(t - T) - \varphi_0.$$

где $\varphi_{02} = \varphi(T)$; $\dot{\varphi}_{02} = \dot{\varphi}(T)$.

Для следующего интервала $T + t_1 < t < 2T$ решение уравнения движения (1) имеет вид

$$\varphi(t) = A_3 \sin k(t - T - t_1) + B_3 \cos k(t - T - t_1) + C \sin \mu(t - T - t_1) - \varphi_0,$$

где $A_3 = (\dot{\varphi}_{03} - C \mu) / k$; $B_3 = \varphi_{03} + \varphi_0$; $\varphi_{03} = \varphi(T + t_1)$; $\dot{\varphi}_{03} = \dot{\varphi}(T + t_1)$.

Для третьего цикла удара на интервале времени $2T < t < 2T + t_1$ решение уравнения (2) имеет вид:

$$\varphi(t) = \frac{\dot{\varphi}_{04}}{k} \sin k(t - 2T) + (\varphi_{04} + \varphi_0) \cos k(t - 2T) - \varphi_0,$$

где $\varphi_{04} = \varphi(2T)$; $\dot{\varphi}_{04} = \dot{\varphi}(2T)$.

Для следующего интервала $2T + t_1 < t < 3T$ решение уравнения движения (1) запишется в виде:

$$\varphi(t) = A_5 \sin k(t - 2T - t_1) + B_5 \cos k(t - 2T - t_1) + C \sin \mu(t - 2T - t_1) - \varphi_0,$$

где

$$A_5 = (\dot{\varphi}_{05} - C\mu) / k; \quad B_5 = \varphi_{05} + \varphi_0; \quad \varphi_{05} = \varphi(2T + t_1); \quad \dot{\varphi}_{05} = \dot{\varphi}(2T + t_1).$$

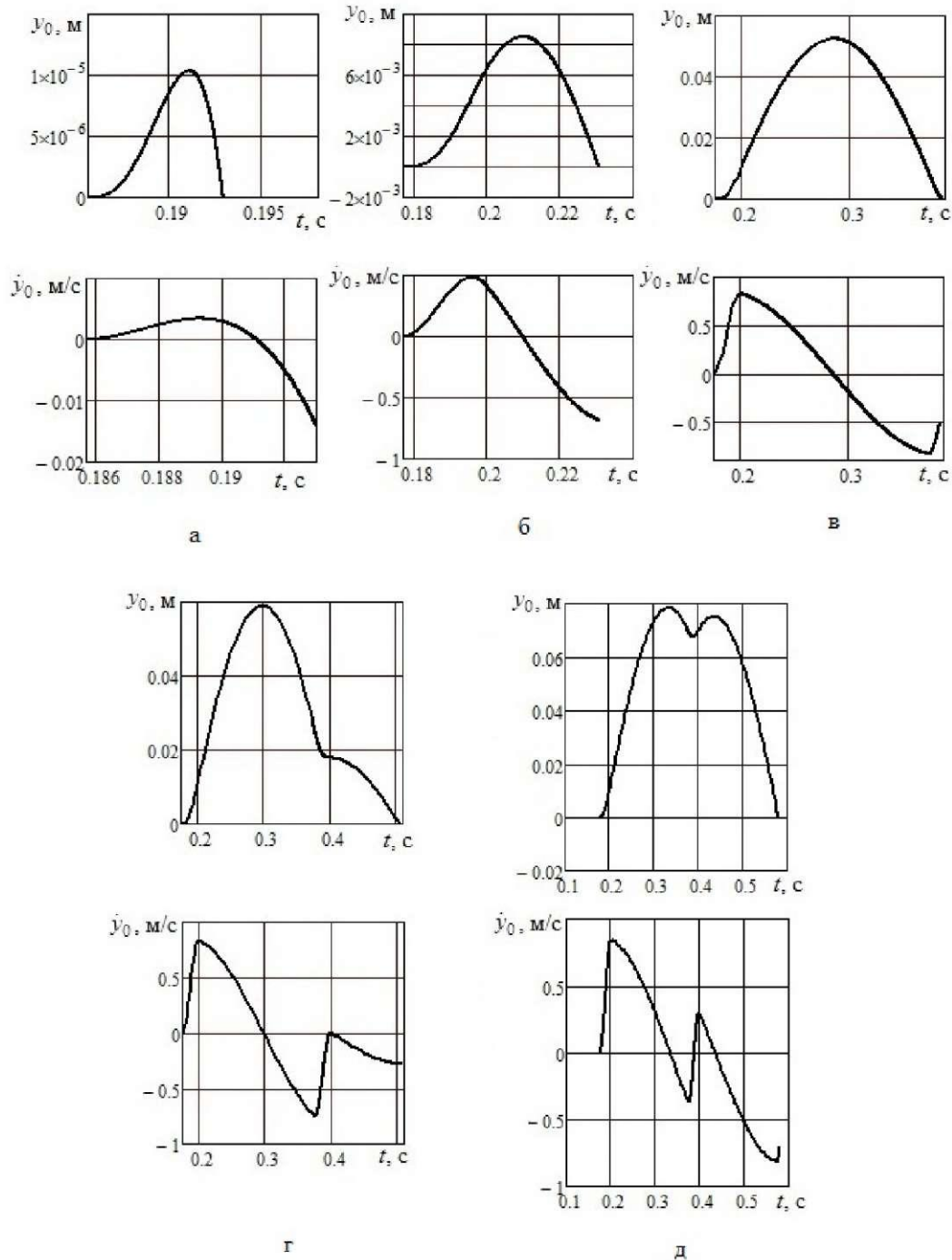


Рисунок 3 – Графики зависимости перемещения корпуса и его скорости от времени при различных значениях параметра s , равных:

а – 1,1; б – 0,5; в – 0,123; г – 0,11; д – 0,084 мм

В качестве примера проведен расчет колебаний корпуса ударного механизма МО-10 при предварительном поджатии пружин равном 4,5 мм. Остальные исходные данные следующие: $I = 0,225$ м; $J = 1,25$ кгм²; $H = 490$ Нм; $\mu = 125,6$ с⁻¹; $t_1 = 0,175$ с.

Безразмерные параметры ν и s связаны соотношением

$$\nu = \frac{\alpha J}{IH} \mu^2 s^2.$$

Из анализа формул следует, что при значении параметра s большем 1,114 колебание корпуса не происходит и корпус остается прижатым к буртику инструмента. При изменении параметра s от 1,023 до 1,115 удар происходит до момента времени T . Таким образом, в зависимости от параметра s удар корпусом по инструменту может происходить на различных интервалах времени.

В качестве примера приведены графики функций $y_0(t)$ и $\dot{y}_0(t)$ от безразмерного параметра s при предварительном поджатии пружин a равном 4,5 мм (рисунок 3).

Из графиков видно, что с увеличением параметра s значения времени до удара корпусом по инструменту, амплитуда колебаний корпуса ударного механизма и скорость его соударения с инструментом уменьшаются.

Формулы, приведенные выше, позволяют провести анализ влияния параметров ударного механизма и механизма прижима на амплитуду колебаний корпуса ударного механизма и скорость его соударения с инструментом, с целью последующей разработки рекомендации по выбору рациональных параметров механизма прижима, удовлетворяющих заданным ограничениям.

Литература

1. Eremyants V.E., Arstanbek A. Preliminary tension of clamp device of mechanism MO-10 influence on its oscillations // Journal of Advanced Research in Technical Science. North Charleston, USA: SRC MS, CreateSpace. 2018. Issue 8. P. 13–17.
2. Еремыянц В.Э., Арстанбек А. Динамика кривошипно-коромысловой виброударной машины при очистке внутренних поверхностей бункеров // Проблемы механики современных машин. Материалы VI междунар. конф. Улан-Удэ: ВСГТУ. 2015. С. 98–103.
3. Арстанбек А. Динамический анализ виброударного механизма МО-10 // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2015. № 3 (36). С. 65-70.