



КАРИМБАЕВ Т.Т., КАРТАНОВА А.Д., КАЙЫПОВ А.А., АСАНОВА А.К.

<sup>1</sup>КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

KARIMBAEV T.T., KARTANOVA A.D., KAIYPOV A.A., ASANOVA A.K.

KSUCTA n.a.N.Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic

[t.karimbaev@mail.ru](mailto:t.karimbaev@mail.ru), [a.kartanova@mail.ru](mailto:a.kartanova@mail.ru),

[kajypovaman@gmail.com](mailto:kajypovaman@gmail.com), [asanovaaidana@gmail.com](mailto:asanovaaidana@gmail.com)

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ .NET FRAMEWORK ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКИ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МПСРП

### USING .NET FRAMEWORK COMPONENTS TO ANALYZE THE IMPACT OF AIR CUSHION DURATION ON DYNAMIC PARAMETERS OF SVMSS

*Бул жумушта бөлүнүп жылгычтуу өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдүү ургу машинанын схемасы келтирилди, анын иштөө принциби баяндалды. Кыймылдаткычка динамикалык жүктөрдү азайтуу үчүн жетелегич менен соккучтун өз ара аракеттешүүсү аба жаздыкча аркылуу жүргүзүлүшү сунушталды. Макалада аба жаздыкчалуу жетелегич менен соккучтун конструкциялык элементтеринин ортосундагы жылчыктарынан абанын чыгышынын процесстерин үлгүлөөгө мүмкүндүк берген көз карандылыктар каралды. Аба жаздыкчанын аракет узактыгынын таасирин аныктоочу конструкциялык параметрлер көрсөтүлдү. Ургу машинанын динамикалык параметрлерине аба жаздыкчанын аракет узактыгынын таасири көрсөтүлдү.*

**Өзөк сөздөр:** бөлүнүп жылгычтуу өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизм, аба жаздыкча, ийри муунак, жетелегич, сокку, динамикалык жүк, .NET Framework, C#.

*В данной работе приведена схема ударной машины с механизмом переменной структуры с разделяющимся ползуном, описан принцип ее работы. Для снижения динамических нагрузок на привод предлагается взаимодействие поводка с бойком осуществлять посредством воздушной подушки. В статье рассмотрены зависимости, позволяющие смоделировать процесс истечения воздуха из воздушной подушки через зазоры между конструктивными элементами поводка и бойка. Выявлены конструктивные параметры, определяющие продолжительности действия воздушной подушки. Показано влияние продолжительности действия воздушной подушки на динамические параметры ударной машины.*

**Ключевые слова:** механизм переменной структуры с разделяющимся ползуном, воздушная подушка, кривошип, поводок, боек, динамическая нагрузка, .NET Framework, C#.

*In this work, a diagram of a shock machine with a variable structure mechanism with a separable slider is shown, the principle of its operation is described. In order to reduce dynamic loads on the track water, it is proposed to interact the carrier with the striker by means of an air cushion. The article considers dependencies that allow to model the process of air flow from the air cushion through gaps between structural elements of the carrier and striker. Structural parameters determining duration of air cushion action are revealed. Influence of duration of air cushion action on dynamic parameters of impact machine is shown.*

**Key words:** a variable structure mechanism with a separable slider, air cushion, crank, lead, baizes, dynamic load, .NET Framework, C#.

В Кыргызстане проводятся работы по созданию ударных машин на основе механизмов переменной структуры с разделяющимся ползуном (МПСРП) [1, 2]. В данной конструкции

Ползун кривошипно-ползунного механизма состоит из взаимодействующих друг с другом поводка и бойка. Поводок имеет левую и правую торцевые поверхности, посредством которых он передает движение бойку. В исходном положении поводок правым торцом прижимает боек к упору. При рабочем ходе поводок из правого крайнего положения перемещается влево. В это время боек остается прижатым к упору. Перемещающийся поводок, перекрыв своей левой торцевой поверхностью полость воздушной подушки, сжимает находящийся в ней воздух (рис. 1). С этого момента начинается разгон бойка.

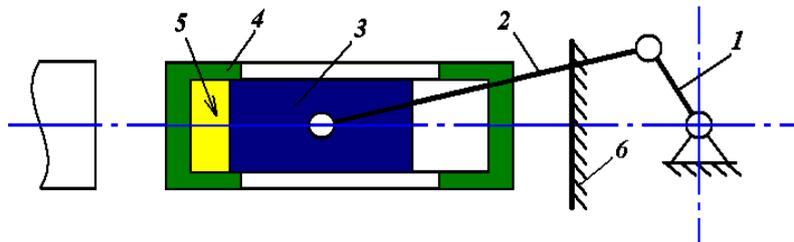


Рис. 1 – Схема кривошипно-ползунного механизма с разделяющимся ползуном.  
1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – поводок, 4 – боек, 5 – воздушная подушка, 6 – корпус.

Разогнанный поводком боек после достижения поводком максимальной скорости продолжает двигаться с набранной скоростью в сторону инструмента, в то время как поводок замедляется и затем меняет направление движения на противоположное. После нанесения удара по инструменту боек движется в сторону кривошипа. Характер движения бойка после нанесения удара по инструменту зависит от свойств обрабатываемой среды и элементов конструкции ударной машины. Поводок, перемещаясь в сторону кривошипа, взаимодействует своей правой торцевой поверхностью с бойком. В этот момент срабатывает фиксирующее устройство (на рисунке не показано), и до соприкосновения с упором корпуса боек с поводком движутся совместно. При достижении бойком с поводком упора заканчивается холостой ход, механизм переходит к выполнению следующего рабочего хода. Наличие воздушной подушки обуславливает упругое безударное взаимодействие поводка с бойком, при этом боек движется с меньшими ускорениями, что приводит к снижению усилий, требуемых для его разгона.

Воздух в воздушной полости бойка находится под изменяющимся давлением, поэтому истечение воздуха из этой полости имеет сложный характер. При истечении газа из отверстия при постоянном давлении массовый расход определяется следующей зависимостью [3]:

$$M = \omega \sqrt{2 \frac{k}{k-1} p_1 \rho_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (1)$$

где:  $\omega$  – площадь сечения отверстия;

$p_1, p_2$  – давления снаружи и внутри камеры воздушной подушки;

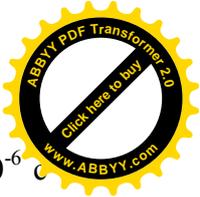
$\rho_1$  – плотность газа;

$k = c_p / c_v$  – показатель адиабаты;

$c_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении;

$c_v$  – удельная теплоемкость при постоянном объеме;

Приведенная зависимость позволяет определить массовый расход воздуха из полости бойка при постоянном давлении в полости бойка. В ударной машине давление в воздушной подушке интенсивно изменяется, но для инженерных расчетов можно допустить, что



давление в воздушной подушке в течение короткого интервала времени порядка  $1 \cdot 10^{-6}$  с остается постоянным.

Зная размеры камеры, перемещения поводка, массовый расход воздуха и массу бойка, можно определить ускорение бойка и динамические нагрузки в механизме. При рабочем ходе со стороны бойка на привод действует сила  $F_c$ , которой соответствует движущий момент  $M_d$ , приведенный к кривошипу.

Величина движущего момента определяется следующей зависимостью:

$$M_d = \frac{F_c l_1 \cos\left(\varphi - \arcsin \frac{l_1}{l_2 \sin \varphi}\right)}{\cos\left(\arcsin \frac{l_1}{l_2 \sin \varphi}\right)} \quad (2)$$

где:  $l_1$  – длина кривошипа,  
 $l_2$  – длина шатуна.

Поводок, как структурная составляющая исполнительного органа рассматриваемого ударного механизма, является ползуном кривошипно-ползунного механизма. Следовательно, поводок совершает неравномерное прямолинейное движение. Учитывая также то, что движущая сила, действующая на боек со стороны поводка и передаваемая посредством воздушной подушки, описывается сложными нелинейными уравнениями, кинематические параметры движения элементов ударной машины описываются системой нелинейных дифференциальных уравнений. Нахождение аналитического решения полученной системы дифференциальных уравнений вызывает большие затруднения, поэтому для ее решения воспользуемся численным методом Рунге-Кутты IV порядка.

Моделирование движения звеньев ударной машины будем производить с использованием языка программирования C# в среде программирования Visual Studio с использованием компонентов .NET Framework (рис. 2).

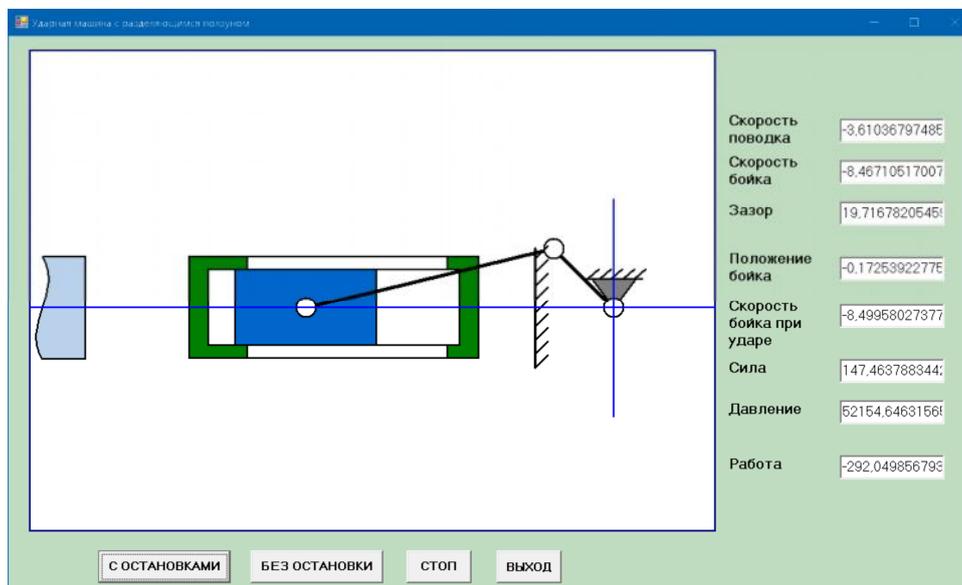
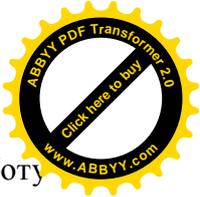


Рис. 2. Главная форма проекта динамического анализа

Сделанный выбор основан на высокой эффективности, надежности, безопасности и удобстве применения данной платформы и среды программирования. В ходе выполнения программа-приложение реагирует программно-заданным образом на определенные события (например, нажатие каких-либо кнопок на форме), поэтому совершаемые программой действия зависят от этих событий. С целью лучшего понимания процесса взаимодействия



Элементов ударной машины друг с другом программа позволяет показывать работу механизма как с остановками, так и без них.

Проект включает в себя несколько форм, предназначенные для ввода исходных параметров исполнительного органа ударной машины, для отображения механизма в процессе работы, а также для вывода графиков.

Главная форма позволяет проследить положения звеньев механизма в процессе рабочего и холостого ходов, а также вывести на форму основные параметры, характеризующие работу механизма:

- Скорость поводка.
- Скорость бойка.
- Зазор.
- Положение бойка.
- Силу взаимодействия бойка с поводком.
- Давление в воздушной камере.

Программа также позволяет зафиксировать и вывести на экран скорость бойка при ударе, а также вычислить работу, затраченную на разгон бойка. В течение одного оборота цикла работы механизма программа для каждого угла поворота кривошипа запоминает основные кинематические и динамические параметры и может в отдельной форме вывести различные графики (рис. 3).

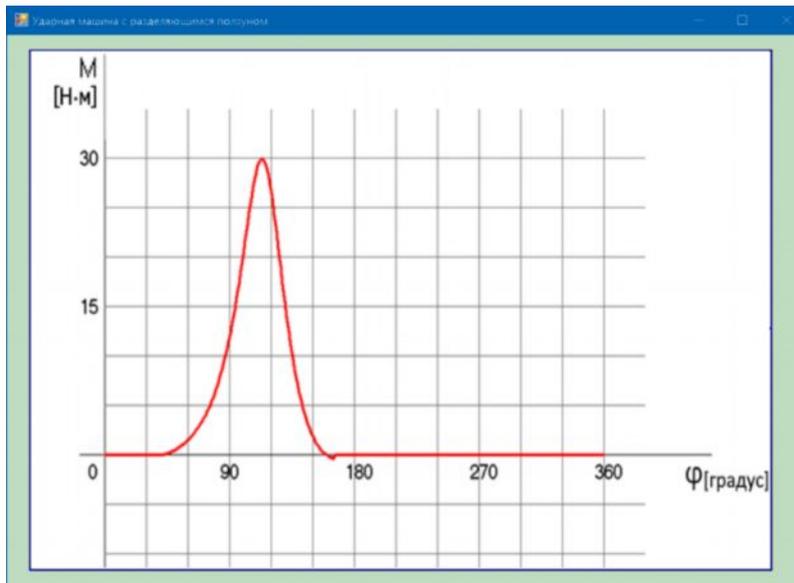


Рис. 3. Форма с графиком движущего момента на кривошипе

Воздушная подушка появляется в момент перекрытия торцевой поверхностью поводка входного отверстия полости воздушной подушки в бойке и действует на протяжении всего времени разгона бойка, который происходит не только в период разгона поводка, но и на некотором участке торможения поводка. Следует также отметить, что в связи с утечкой воздуха из полости воздушной подушки на конечном участке разгона бойка скорость последнего несколько снижается из-за появления вакуума.

Продолжительность действия воздушной подушки зависит, главным образом, от начального момента ее появления. Конструктивно этот момент зависит, в основном, от расстояния, проходимого поводком из исходного положения до появления воздушной подушки. Указанное расстояние зависит от длины прорези бойка  $l$  (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние длины прорези бойка на параметры ударной машины

№	$l$ , м	$\varphi$ , градус	Скорость удара, м/с
---	---------	--------------------	---------------------



1	0,027	93	6,3
2	0,0218	83	7,3
3	0,0166	72	8,2
4	0,0116	60	8,7
5	0,0065	45	9

Рассмотрим влияние продолжительности действия воздушной подушки МПСРП на характер нагружения привода. Для этого воспользуемся программой, моделирующей движение звеньев ударной машины с МПСРП.

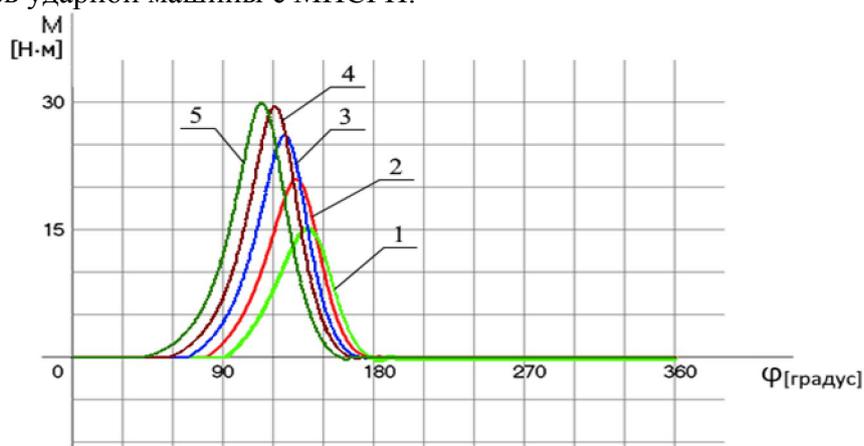


Рис. 4. Объединенный график движущего момента на кривошипе при различных углах  $\varphi$ : 1 –  $\varphi = 93^\circ$ , 2 –  $\varphi = 83^\circ$ , 3 –  $\varphi = 72^\circ$ , 4 –  $\varphi = 60^\circ$ , 5 –  $\varphi = 45^\circ$

Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением угла  $\varphi$  величина максимального крутящего момента уменьшается, в то же время, уменьшается время действия воздушной подушки и максимальное давление воздуха в ней, что приводит к уменьшению совершаемой воздушной подушкой работы по разгону бойка, и скорость удара последнего снижается.

### Список литературы

1. Джуматаев М.С. Моделирование истечения воздуха из воздушной подушки ударной машины с механизмом переменной структуры [Текст] / М.С.Джуматаев, Т.Т.Каримбаев, А.Ж.Баялиев // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова.– Бишкек: 2017. – №1. – часть 1– С. 53-57.
2. Каримбаев Т.Т. Моделирование движения звеньев ударной машины на основе механизма с разделяющимся ползуном [Текст] / Т.Т.Каримбаев // Сб. научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика». – Воронеж: 2017. – №8. – часть 1 – С. 143-147.
3. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика [Текст] / А.Д. Альтшуль и др. – М.: Стройздат, 1987 – С. 321-324.