

## NET ПЛАТФОРМАСЫ МЕНЕН АБА ЖАЗДЫКТЫН ССМСМ ДИНАМИКАСЫНА ТИЙГИЗГЕН КАМЕРАНЫН УЗУНДУГУНУН ТААСИРИН ИЗИЛДӨӨ

**Насиров А.А.<sup>1</sup>, Имамалиев Э.М.<sup>2</sup>, Талантбеков Т.Т.<sup>3</sup>, Аскарова Ч.Т.<sup>4</sup>**

<sup>(1)</sup> Н.Исанов атындагы КМКТАУ, Колдонмо информатика кафедрасынын магистранты,

<sup>(2)</sup> ЭИТУ, Санариптик трансформация жана программалоо институтунун магистранты,

<sup>(3)</sup> ЭИТУ, Санариптик трансформация жана программалоо институтунун магистранты,

<sup>(4)</sup> ЭИТУ, Санариптик трансформация жана программалоо институтунун ага окутуучусу,

[askarbekofficial@gmail.com](mailto:askarbekofficial@gmail.com), [imamaliyev04@gmail.com](mailto:imamaliyev04@gmail.com), [tiku.talantbekov98@mail.com](mailto:tiku.talantbekov98@mail.com), [askarovacholpon@mail.ru](mailto:askarovacholpon@mail.ru)

Макалада сүзгүчтүн структуралык элементтери жана сокку машинасынын боосу менен түзүлгөн аба жаздыкчасынын камерасынын узундугунун бөлүүчү жылдыргычы бар өзгөрмө түзүлүштүү механизмдин соккусунун динамикасына тийгизген таасирин изилдөө процесси сүрөттөлөт. Математикалык модель – сызыктуу эмес дифференциалдык теңдемелердин системасы, аларды чечүү сандык Рунге-Кутта ыкмасы менен ишке ашырылат. .NET платформасынын компоненттери сандык ыкманы ишке ашыруу, графиктерди түзүү жана таасир механизмдин шилтемелеринин кыймылынын динамикасын көрүү үчүн колдонулган.

**Ачык сөздөр:** сокку машинасы, өзгөрүлмө структура механизми, чабуулчу, аба жаздыкчасы, .NET платформасы, визуализация.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ КАМЕРЫ ВП НА ДИНАМИКУ МПСРП СРЕДСТВАМИ ПЛАТФОРМЫ .NET

**Насиров А.А.<sup>1</sup>, Имамалиев Э.М.<sup>2</sup>, Талантбеков Т.Т.<sup>3</sup>, Аскарова Ч.Т.<sup>4</sup>**

<sup>(1)</sup> КГУСТА им.Н.Исанова, магистрант кафедры Прикладной информатики,

<sup>(2)</sup> МУИТ, магистрант Института цифровой трансформации и программирования,

<sup>(3)</sup> МУИТ, магистрант Института цифровой трансформации и программирования,

<sup>(4)</sup> МУИТ, старший преподаватель Института цифровой трансформации и программирования,

[askarbekofficial@gmail.com](mailto:askarbekofficial@gmail.com), [imamaliyev04@gmail.com](mailto:imamaliyev04@gmail.com), [tiku.talantbekov98@mail.com](mailto:tiku.talantbekov98@mail.com), [askarovacholpon@mail.ru](mailto:askarovacholpon@mail.ru)

В статье описан процесс исследования влияния длины камеры воздушной подушки, образуемой конструктивными элементами бойка и поводка ударной машины, на динамику бойка механизма переменной структуры с разделяющимся ползуном. Математическая модель представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений, решение которой осуществлено численным методом Рунге-Кутта. Для реализации численного метода, построения графиков, а также визуализации динамики перемещения звеньев ударного механизма были использованы компоненты платформы .NET.

**Ключевые слова:** ударная машина, механизм переменной структуры, боек, воздушная подушка, платформа .NET, визуализация.

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE LENGTH OF THE EP CHAMBER ON THE DYNAMICS OF THE MPSRP USING THE .NET PLATFORM

**Nasirov A.A.<sup>1</sup>, Imamaliyev E.M.<sup>2</sup>, Talantbekov T.T.<sup>3</sup>, Askarova Ch.T.<sup>4</sup>**

<sup>(1)</sup> Kyrgyz state university named after N.ISANOV, master of the Department of Applied Informatics,

<sup>(2)</sup> International university of innovative technologies, master of the Institute of Digital Transformation and Programming,

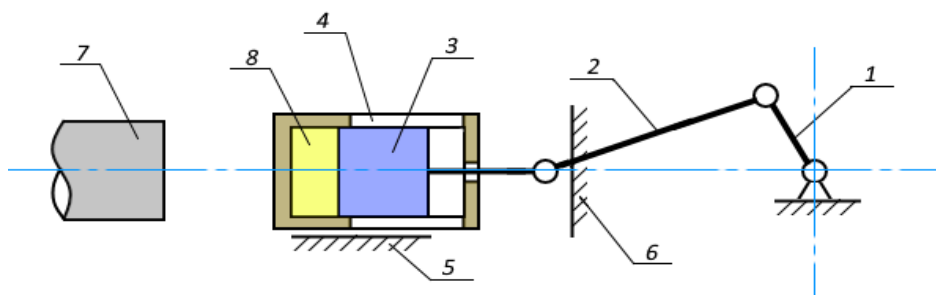
<sup>(3)</sup> International university of innovative technologies, master of the Institute of Digital Transformation and Programming,

<sup>(4)</sup> International university of innovative technologies, senior lecturer of the Institute of Digital Transformation and Programming,  
[imamaliyev04@gmail.com](mailto:imamaliyev04@gmail.com), [tiku.talantbekov98@mail.com](mailto:tiku.talantbekov98@mail.com), [askarovacholpon@mail.ru](mailto:askarovacholpon@mail.ru), [askarovacholpon@mail.ru](mailto:askarovacholpon@mail.ru)

The article describes the process of studying the influence of the length of the air cushion chamber, formed by the structural elements of the striker and the leash of the impact machine, on the dynamics of the striker of the variable structure mechanism with a separating slider. The mathematical model is a system of nonlinear differential equations, the solution of which is carried out by the Runge-Kutta numerical method. The components of the .NET platform were used to implement the numerical method, build graphs, and visualize the dynamics of movement of the impact mechanism links.

**Keywords:** impact machine, variable structure mechanism, striker, air cushion, .NET platform, visualization.

Ударные машины нашли широкое применение во многих сферах деятельности, в частности, в строительстве, геологии, машиностроении, в быту. Было предложено в качестве исполнительного органа этих машин использовать механизмы переменной структуры с разделяющимся ползуном (МПСРП) [1-5]. В данной конструкции ползун кривошипно-ползунного механизма состоит из взаимодействующих друг с другом поводка и бойка (рис.1).



1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – поводок, 4 – боек, 5 – корпус, 6 – упор,  
7 – инструмент, 8 – воздушная подушка

Рисунок 1 – МПСРП с воздушной подушкой

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, войдя своим левым торцом в соприкосновение с бойком, начинает его разгон. 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, входит своей правой торцевой поверхностью с бойком. В этот момент срабатывает фиксирующее устройство (на рисунке не показано), и до соприкосновения с упором боек с поводком движутся совместно. При достижении бойком с поводком упора заканчивается холостой ход, механизм переходит к выполнению следующего рабочего хода.

С целью снижения динамических нагрузок на привод, возникающих вследствие ударного взаимодействия поводка с бойком, было предложено это взаимодействие осуществлять посредством воздушной подушки (ВП) (рис.2). Данное решение обуславливает упругое безударное взаимодействие поводка с бойком, при этом боек движется с меньшими ускорениями, что приводит к снижению усилий, требуемых для его разгона.

В начальный момент возникновения воздушной подушки давление в ней равно атмосферному, а объем воздуха в ней определяется диаметром  $S$  и длиной полости бойка  $l$ , в которой образуется воздушная подушка. Допустим к моменту закрытия полости воздушной подушки в ней находился воздух в нормальных условиях, т.е.  $p_0 = 1 \text{ атм.} = 10^5 \text{ Н/м}^2$ . Тогда, мы можем вычислить значение постоянной  $C_n$ , а затем, зная перемещение ползуна  $\Delta x$  относительно бойка, определим изменение объема полости воздушной подушки и силу взаимодействия между ползуном и бойком.

$$F_{n\sigma} = \frac{C_n S}{V_0 - \Delta x \cdot S},$$

где  $V_0 = S \cdot l$  – полный объем полости воздушной подушки.

Воздушная подушка образуется в полости бойка при ее перекрытии торцевой поверхностью поводка. В связи с тем, что сопрягаемые поверхности поводка и бойка, участвующие в образовании воздушной подушки, перемещаются относительно друг друга, между ними должен быть зазор. Следовательно, воздух при сжатии будет через этот зазор выходить из воздушной подушки в атмосферу, а объем воздуха в воздушной подушке уменьшаться. При истечении газа из отверстия при постоянном давлении массовый расход определяется следующей зависимостью:

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

где:  $\omega$  - площадь сечения отверстия;  
 $p_1$  – давление внутри воздушной подушки;

$p_2$  – давление воздуха окружающей среды;  
 $\rho_1$  – плотность газа в воздушной подушке;  
 $k=c_p / c_v$  – показатель адиабаты;  
 $c_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении;  
 $c_v$  – удельная теплоемкость при постоянном объеме;

Полученные зависимости позволяют определить массовый расход воздуха из полости бойка, но при постоянном давлении в полости бойка. В ударной машине давление в воздушной подушке интенсивно изменяется, но для инженерных расчетов можно предположить, что давление в воздушной подушке в течение короткого интервала времени порядка  $1 \cdot 10^{-6}$  с остается постоянным.

Определив по выше приведенным зависимостям массовый расход воздуха, можно найти плотность и давление воздуха в воздушной подушке, следовательно, и определить силу, действующую на боек со стороны поводка.

Учитывая сделанные допущения, уравнение движения бойка будет выглядеть следующим образом:

$$\ddot{x}_6 = \frac{(p_2 - p_1)S}{m_6},$$

где:  $m_6$  – масса бойка, кг.

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, при моделировании движения бойка воспользуемся численным методом Рунге-Кутты IV порядка. Шаг итерации  $\Delta t = 1 \cdot 10^{-5}$  с.

При проведении компьютерных экспериментов важную роль играет визуализация, позволяющая увидеть элементы машины в движении, тем самым дополнительно проконтролировать адекватность разработанной модели и реализующей эту модель программы. Программа позволяет также оперативно вносить коррективы в размеры синтезированного механизма и получать интересующие исследователя данные в табличной и графической формах.

Программное обеспечение было разработано на платформе .NET на языке C# в среде Microsoft Visual Studio, предлагающее разработчикам удобный, надежный и безопасный интерфейс, позволяющий создавать кроссплатформенное многоязыковое

программное обеспечение [6-10]. На рис. 2 представлено главное окно разработанной программы.

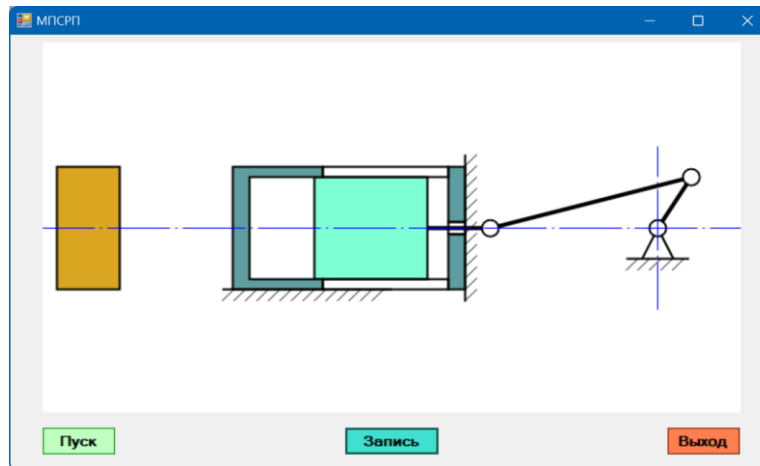
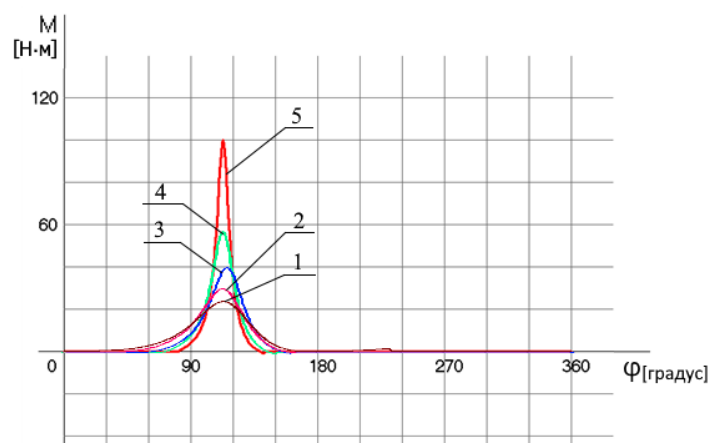


Рисунок 2 – Главное окно программы исследования МПСРП

Рассмотрим влияние длины камеры ВП МПСРП на движущий момент привода. При проведении компьютерного эксперимента фиксировались скорость удара бойка. Полученные результаты представлены в таблице 1. На рисунке 3 представлен объединенный график движущего момента на кривошипе при различных длинах  $l_{ВП}$ .

Таблица 1

№	$l_{ВП}$ , м	Скорость удара, м/с
1	0,035	8,7
2	0,03	9
3	0,025	9,27
4	0,02	9,51
5	0,015	9,76



1 –  $l_{ВП} = 0,035$ , 2 –  $l_{ВП} = 0,03$ , 3 –  $l_{ВП} = 0,025$ , 4 –  $l_{ВП} = 0,02$ , 5 –  $l_{ВП} = 0,015$

Рисунок 3 – Объединенный график движущего момента на кривошипе при различных длинах полости ВП

Анализ графиков показывает, что с увеличением длины полости ВП величина максимального крутящего момента уменьшается, при этом время действия ВП увеличивается, скорость удара бойка уменьшается, а максимальный крутящий момент на кривошипе значительно увеличивается.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **М.С.Джуматаев, Т.Т.Каримбаев, А.Ж.Баялиев** Ударный механизм Патент КР №1742, 30.04.2015.
2. **Каримбаев Т.Т.** Моделирование движения звеньев кривошипно-ползунного механизма с разделяющимся ползуном и воздушной подушкой [Текст] / Т.Т. Каримбаев // Вестник КГУСТА. - Бишкек 2013. вып. 4. - С. 222-226.
3. **Джуматаев М.С.** Моделирование движения звеньев с учетом зазора между сопрягаемыми поверхностями поводка и бойка [Текст] / М.С.Джуматаев, Т.Т.Каримбаев, З.А.Уркунов, А.Ж.Баялиев // Сб. научных трудов Института машиноведения. - Бишкек 2010. вып.7. С. 77–83.
4. **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.
5. **Джуматаев М.С.** Анализ влияния длины воздушной камеры на динамические параметры ударной машины с разделяющимся ползуном [Текст] / М.С.Джуматаев, Т.Т.Каримбаев, А.Ж.Баялиев // Машиноведение, Научно-технический журнал. 2017. вып.2 (6), - Бишкек, С. 29 – 37
6. **Бегалиев У.Т., Жамалова В.Ж., Кененбаева Г.М., Аскарлова Ч.Т., Рыспеков А.Р.** «Автоматизированная система для проведения рейтинга-конкурса среди ППС МУИТ» Свидетельство №681 Кыргызпатента, 2021
7. **Аскарлова Ч.Т.** Разработка тестирующей программы на базе .NET-технологий [Текст] / Ч.Т.Аскарлова, Э.А.Сатаров, Ф.Р.Раймжанова // Наука и инновационные технологии. 2020. № 1 (14). С. 89-94.
8. **Жамалова В.Ж.** Программа тестирования с мультимедийными компонентами на основе WPF [Текст] / В.Ж.Жамалова, Ф.Р.Раймжанова, Э.С.Сатаров // Наука и инновационные технологии. 2020. № 1 (14). С. 55-60.
9. **Каримбаев Т.Т.** Разработка информационно-коммуникационной и инновационной системы мониторинга основных фондов (на примере МОиН КР) [Текст] / Т.Т.Каримбаев, А.К.Сушибекова, Ж.А.Убайдылдаева // Наука и инновационные технологии. 2016. № 10. С. 38-42.
10. **Каримбаев Т.Т.** Трансформация спирометра ССП в цифровой прибор [Текст] / Т.Т.Каримбаев, В.Ж.Жамалова, А.Ж.Муралева, А.К.Сыябеков // Наука и инновационные технологии. 2021. № 1 (18). С. 106-113