

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНОГО МЕХАНИЗМА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Ю.А. Замыслов, студент гр.4НМ81

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.7(999)431-92-58*

E-mail: zamylov64@gmail.com

В настоящее время, актуальными техническими средствами для разрушения горного массива, является импульсные устройства, в основном ударного действия. Они используются при бурении скважин в прочных горных породах и грунтах, для отделения полезного ископаемого от массива и разрешения негабаритных частей массива, для проведения специальных строительных работ по бестраншейной прокладке подземных коммуникаций, усилению оснований и фундаментов, а также для разрушения старого дорожного полотна и т.д. [1,2,3]

Увеличение в перспективе масштабов применения машин ударного действия, особенно для сооружения протяжных скважин в грунте и горных породах, диктует настоятельную необходимость их дальнейшего совершенствования. В настоящее время существуют различные виды ударных механизмов, которые используются для различных видов работ, наиболее эффективными являются механизмы, у которых в ударном узле расположен упругий промежуточный элемент. Несмотря на большое количество работ по исследованию влияния ударников на различные материалы [3,4], изучение оптимально подходящего промежуточного элемента для предотвращения остаточных колебаний остается актуальной темой

В данной статье представлено моделирование конструкции ударного узла с упругим промежуточным элементом.

На рисунке 1 приведен эскиз ударного механизма, который состоит из поршня бойка с крышкой 1, промежуточного упругого элемента 2, промежуточного бойка 3, наголовника 4 и корпуса 5. Основной особенностью данной конструкции является упругий элемент 2 (см. рис.1), благодаря которому время действия поршня бойка 1 на наголовник 2 увеличивается, увеличивая время контакта между наголовником 2 и промежуточным бойком 3.

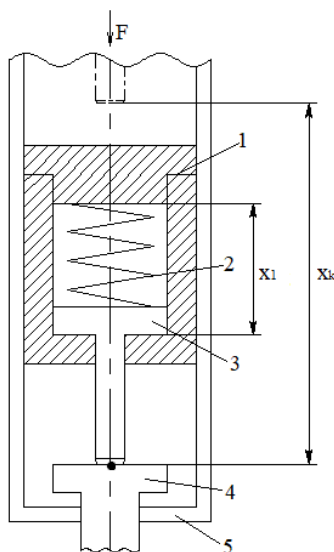


Рис.1. Эскиз формирователя с упругим элементом: 1-поршень боёк;2-промежуточный упругий элемент (пружина); 3-промежуточный боёк; 4-наголовник; 5- корпус, x_1 -от начальной точки до точки контакта, x_k -расстояние до точки контакта

Цикл работы данного механизма, можно разделить на 3 этапа: разгон, удар, возврат. Разгон осуществляется различными приводами (гидравлический, пневматический, свободное падение и т.д.), и характеризуется силой F_0 (рис. 2). Под действием этой силы, поршень-боёк 1 массой m_1 и промежуточный боёк 2 массой m_2 разгоняются и движутся с одинаковой скоростью. Вовремя движения происходит вязкое трение F_{h1} между корпусом 5 и поверхностью поршня-бойка 1 (см. рис.2.). Движение поршня-бойка можно представить в виде уравнения:

$$F_0 = F_{h1} + F_m \quad (1).$$

В свою очередь, потери F_{h1} характеризуются коэффициентом вязкого трения h_1 , который зависит от геометрических отклонений (соосности, цилиндричности, конусности, площади контакта), величины зазора, шероховатости поверхности и используемой смазки. И рассчитывается по формуле [3]:

$$h_1 = v \cdot \rho \cdot S_1 / \delta_1 \quad (2),$$

Где v — кинематический коэффициент вязкости; ρ — плотность жидкости; S_1 — площадь контакта поршня-бойка и корпуса; δ_1 — зазор между поршнем-бойком и корпусом.

Инерция определяется суммой масс m_1 и m_2 и таким образом уравнение (1) будет иметь вид:

$$F_0 = h_1 \cdot V_1 + (m_1 + m_2) \cdot a_1 \quad (3).$$

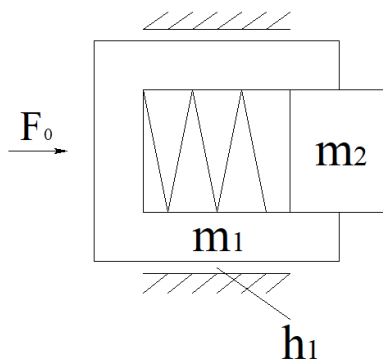


Рис.2. Расчетная схема ударного механизма с промежуточным упругим элементом при разгоне

Во время разгона поршень-боёк 1 и промежуточный боёк 2 движутся с одинаковой скоростью V_1 и ускорением a_1 , до момента, когда промежуточный боёк 2 сталкивается с наголовником 4 в координате $x_{конт.}$ (рис. 1).

Удар наступает в тот момент, когда промежуточный боёк 2 массой m_2 останавливается при сталкивается с наголовником 4, а поршень-боёк m_1 продолжает двигаться (см. рис.3), соответственно движущая масса будет равняться m_1 , а трение в этом случае увеличивается, так как возникает дополнительное трение F_{h2} между поршнем-бойком 1 и промежуточным бойком 2, которое так же характеризуется коэффициентом h_2 и определяется по формуле:

$$h_2 = v \cdot \rho \cdot S_2 / \delta_2 \quad (4),$$

где S_2 — площадь контакта поршня-бойка и промежуточного бойка; δ_2 — зазор между поршнем-бойком и промежуточным бойком.

В этот момент происходит сжатие пружины 3 и появляется F_c - сила упругости, которая определяется жесткостью c , умноженной на перемещение поршня x_1 после столкновения ($x_{конт.}$). Таким образом наше уравнение будет выглядеть:

$$F_0 = (h_1 + h_2) * V_1 + c * (x_1 - x_{конт.}) + m_1 * a_1 \quad (5).$$

Удар действует с момента контакта поршня-бойка и наголовника, пружина сжимается, поршень-боек останавливается и под действием силы F_c поршень-боек меняет направление, при этом контакт поршня-бойка и наголовника сохраняется до полного восстановления упругого элемента. Таким образом удар действует, когда перемещение поршня-бойка в интервале от $x_{конт.}$ до $x_{пруж.}$.

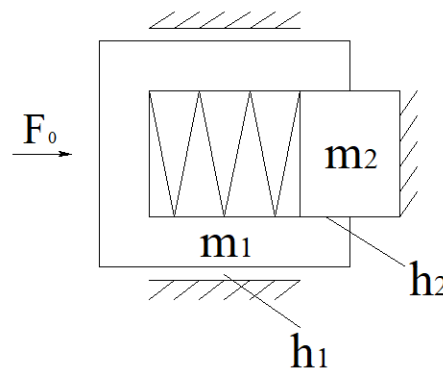


Рис.3. Момент удара поршня-бойка и промежуточного бойка

Таким образом, из выше сказанного получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} F_0 = h_1 * V_1 + (m_1 + m_2) * a_1, & 0 < x_{конт.} < x_1, V_1 > 0 \\ F_0 = (h_1 + h_2) * V_1 + c * (x_1 - x_{конт.}) + m_1 * a_1, & x_{конт.} < x_1 < (x_{конт.} + x_{пруж.}) \end{cases} \quad (6).$$

В ходе проделанной работы нами представлена система уравнений, описывающая динамику ударного механизма с учетом упругого элемента. Использование упругого элемента позволяет увеличить время контакта инструмента с обрабатываемой средой, тем самым увеличить эффективность ударного механизма.

Список литературы:

1. Евсеев В.Д. Особенности разрушения горных пород при бурении нефтяных и газовых скважин//НИИ ТПУ-Томск-2002.-18с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6224883/>.
2. Родыгин М.П. Модель пневматической установки для ударных испытаний. //Новый университет- 2014. –С. 76
3. Дерюшева В.Н. Модели пневмогидравлического ударного узла с учетом свойств формирователя импульса и нагрузки. // НИИ ТПУ- Томск -2009. – 154с.