

**ДИНАМИКА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА РЕДКОУДАРНОГО
ГАЙКОВЕРТА С ОСЕВЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ БОЙКА****Водолазская Н.В., Искрицкий В.М.***(ДонНТУ, ДГМА, г. Донецк, г. Краматорск, Украина)*

В условиях серийного и мелкосерийного производства одним из перспективных направлений решения проблемы качественной сборки резьбовых соединений является использование ударных гайковертов. Их разновидностью являются редкоударные гайковерты, в которых момент соударения маховика с наковальней определяется не углом разгона маховика, а его угловой скоростью [1, 2]. Ударные механизмы таких гайковертов, предназначенные для осуществления периодического зацепления маховика с наковальней, представляют собой сложную конструкцию, включающую регулятор скорости, ориентирующее устройство и другие элементы, соединенные жестко-упругими связями. Они должны после достижения заданной угловой скорости маховика обеспечить перемещение размещенных в пазах маховика бойков в раствор кулачков наковальни за довольно малый промежуток времени поворота маховика на так называемый угол зацепления.

Проведенный качественный анализ различных типов редкоударных гайковертов [3] позволил систематизировать их по конструктивным признакам ударного механизма: по способу ввода бойков в зацепление и по характеру относительного перемещения бойков в маховике. В соответствии с этим различают ударные гайковерты с кинематическим зацеплением, где бойки перемещаются в основном в осевом направлении и гайковерты с силовым (инерционным, пружинным, пневмогидравлическим и т. п.) зацеплением, где бойки могут совершать различное перемещение: радиальное, осевое, вращательное вокруг оси, параллельной или перпендикулярной оси маховика, и поступательно-поворотное перемещение. В гайковертах с кинематическим зацеплением [4] перемещение бойка к наковальне происходит принудительно в результате взаимодействия установленного в маховике толкателя с профильным элементом наковальни, и закон движения бойка определяется кинематикой механизма. Этим обеспечивается полное зацепление кулачков бойка и наковальни независимо от силовых характеристик возвратной пружины.

В настоящее время запатентовано более 50 ударных механизмов редкоударных гайковертов различных типов, однако, практическое применение при монтаже резьбовых соединений находят только отдельные из них. Основная причина заключается в том, что движение бойков в гайковертах с силовым зацеплением зависит не только от скорости вращения маховика, но и от величины усилий, побуждающих движение бойка. При проектировании таких гайковертов для исключения кромочного удара, который может иметь место в результате неполного выхода бойков при зацеплении, возникает проблема правильного выбора инерционных параметров и силовых характеристик упругих элементов ударного механизма. Эта проблема была частично решена для крупных резьбовых соединений с диаметром резьбы более 42 мм, для которых были предложены редкоударные гайковерты с силовым инерционным зацеплением и радиальным перемещением бойков [5]. Их производственные испытания проводились при ремонтах металлургического и теплоэнергетического оборудования [6]. Вопросы исключения кромочного удара в таких гайковертах рассмотрены ранее [3, 7]. Однако существует значительная группа редкоударных гайковертов (например, для резьбовых соединений

диаметром до 42 мм успешно применяется редкоударный гайковерт ИЭ3112) с силовым инерционным зацеплением [8], которое осуществляется при осевом смещении центробежных грузов, взаимодействующих с коническими поверхностями маховика и бойка. Для этих гайковертов в настоящее время ведется поиск методики расчета элементов их ударных механизмов.

Целью данной работы является динамический анализ ударного механизма редкоударного гайковерта с осевым перемещением бойка и получение расчетных зависимостей по выбору параметров его элементов.

Для достижения поставленной цели проведен динамический анализ в осевом направлении перемещается боек и в редкоударного гайковерта с силовым пружинным зацеплением и осевым перемещением бойка [9], принципиальная схема которого представлена на рисунке 1. Для обеспечения безкромочного соударения кулачков в таком механизме следует рассмотреть движение его элементов в пределах одного ударного импульса.

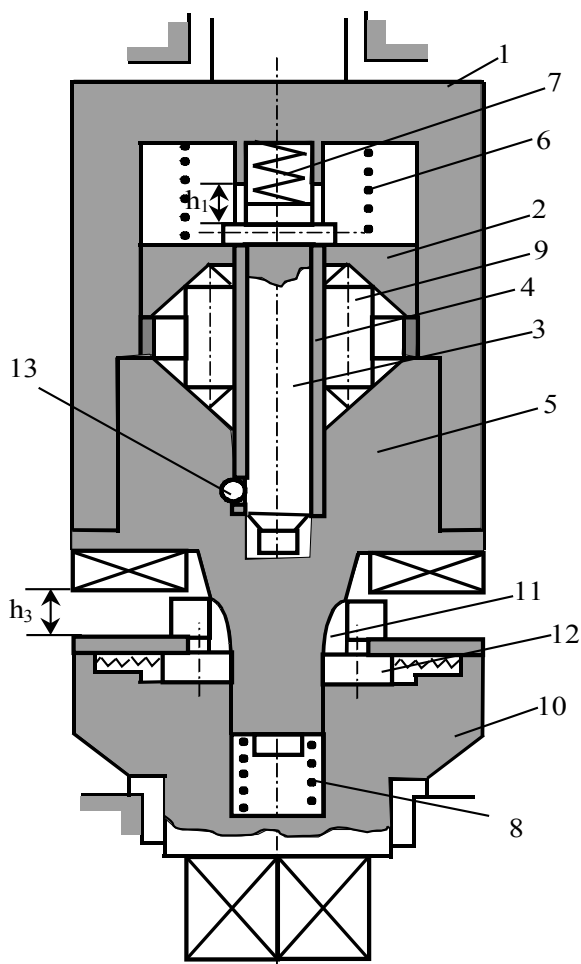


Рис. 1. Принципиальная схема редкоударного гайковерта с силовым пружинно-инерционным зацеплением и осевым перемещением бойка:
 1-маховик, 2-полумуфта, 3-центральный ступенчатый валик, 4-центральная втулка маховика, 5-боек, 6-силовая пружина, 7-вспомогательная пружина, 8-возвратная пружина, 9-центробежные ролики, 10-наковальня, 11-управляющие выступы бойка, 12-ролики ориентирующего устройства, 13-фиксирующий шарик

На рис. 2 представлены расчетные схемы четырех этапов движения элементов такого механизма.

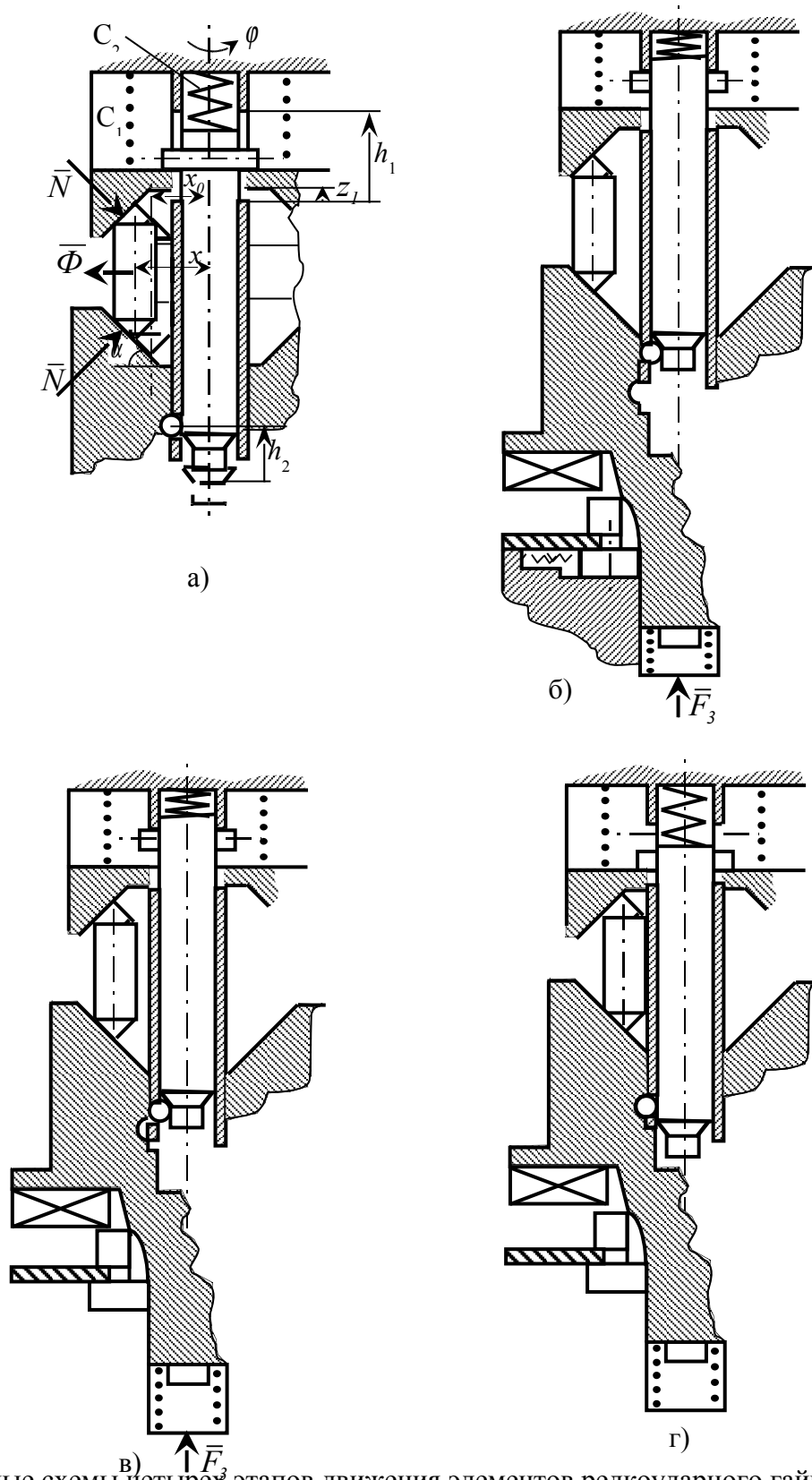


Рис.2. Расчетные схемы ^{в)} четырех этапов движения элементов редкоударного гайковерта

На первом этапе (рис. 2, а) после включения двигателя (на рисунке не показан) происходит разгон маховика 1. При этом центробежные ролики 9 под воздействием сил инерции перемещаются к периферии, перемещая в осевом направлении полумуфту 2 вместе с центральным ступенчатым валиком 3 и, таким образом, нагружая силовую пружину 6 и вспомогательную пружину 7. Боек 5 на этом этапе стопорится от перемещения шариками 13, размещенными в радиальных отверстиях центральной втулки 4, жестко связанной с маховиком.

Этап заканчивается при достижении заданной угловой скорости ω_M , когда полумуфта со ступенчатым валиком переместится на расстояние h_1 , т. е., настолько, что меньшая ступень валика разместится против стопорящих шариков и освободит боек от стопорения.

На втором этапе (рис. 2, б) при практически неизменной скорости ω_M маховика освобожденный от стопорения шариками боек 5 вместе с полумуфтой 2 и роликами 9 под воздействием силовой пружины 6 перемещается в осевом направлении в сторону наковальни, сжимая возвратную пружину 8. В определенном ориентированном положении, когда управляющие выступы 11 бойка находятся между роликами 12 ориентирующего устройства. Боек своими кулачками входит в сектор зацепления с кулачками наковальни 10 и перемещается на расстояние h_3 высоты кулачков, передавая крепежной детали накопленную маховиком энергию. Ступенчатый валик 3 при этом остается застопоренным от возвратного перемещения фиксирующими шариками 13.

На третьем этапе (рис. 2, в) боек 5 под действием возвратной пружины 8 перемещается в сторону двигателя в исходное положение. Возвращаются в исходное положение центробежные ролики 9 и полумуфта 2, ступенчатый валик 3 остается застопоренным фиксирующими шариками 13.

На четвертом этапе (рис. 2, г) после размещения кольцевой канавки бойка 5 напротив фиксирующих шариков 13, ступенчатый валик 3 выдавливает их в эту канавку и, перемещаясь в сторону наковальни 10, возвращается в исходное положение.

Движение элементов механизма на каждом этапе описывается нижеприведенными дифференциальными уравнениями.

На первом этапе, когда угловая скорость маховика изменяется в пределах $0 < \varphi \leq \omega_M$:

$$I_M \ddot{\varphi} = M_{\partial e};$$

где $M_{\partial e}$ – крутящий момент на валу двигателя гайковерта;

I_M – суммарный момент инерции маховика с размещенными в нем полумуфтой, ступенчатым валиком и бойком;

$$\begin{aligned} m_p \ddot{x} &= m_p x \dot{\varphi}^2 - 2N \sin \alpha; \\ (m_1 + m_2) \ddot{z}_1 &= n \cdot N \cos \alpha - c_1(\lambda_1 + z_1) - c_2(\lambda_2 + z_1); \\ z_1 &= x_1 \operatorname{tg} \alpha; \\ 0 < z_1 &\leq h_1, \end{aligned} \quad (1)$$

где m_p , m_1 , m_2 – массы центробежных роликов, полумуфты и ступенчатого валика соответственно;

x – координата центра масс ролика;

N – сила взаимодействия между роликами и поверхностями полумуфты и бойка;

z_1 – координата полумуфты;

n – количество центробежных роликов;
 c_1, c_2 – коэффициенты жесткости пружин силовой и вспомогательной соответственно;
 λ_1, λ_2 – их начальные деформации;
 α – угол наклона конической поверхности полумуфты и бойка;
 φ – угол поворота маховика;
 h_1 – расстояние, на которое перемещается центральный ступенчатый валик при разгоне маховика.

На втором этапе, когда угловая скорость маховика $\dot{\varphi} = \omega_M = const$:

$$M_2 \ddot{z}_2 = M_2 g + c_1(\lambda_1 + h_1 - z_2) - c_3(\lambda_3 + z_2); \quad (2)$$

$$0 < z_2 \leq h_2,$$

здесь $M_2 = m_1 + nm_p + m_3$,

где z_2 – координата ступенчатого валика;
 c_3 – коэффициент жесткости возвратной пружины;
 λ_3 – ее начальная деформация;
 m_3 – масса бойка;
 h_2 – высота зацепления.

На третьем этапе, когда после соударения угловая скорость маховика $\dot{\varphi} = 0$:

$$m_p \ddot{x} = 2N \sin \alpha;$$

$$m_1 \ddot{z}_1 = m_1 g + c_1(\lambda_1 + h_1 - h_2 - z_1) - nN \cos \alpha;$$

$$m_3 \ddot{z}_3 = c_3(\lambda_3 + h_2 - z_3) - m_3 g - nN \cos \alpha; \quad (3)$$

$$0 < z_3 < h_3;$$

$$0 < z_1 < h_1 - h_3,$$

где z_3 – координата бойка;
 h_3 – высота кулачков.

На четвертом этапе:

$$m_2 \ddot{z}_2 = c_2(\lambda_2 + h_1 - z_2) + m_2 g - c_3 \lambda_3 f; \quad (4)$$

$$0 < z_2 \leq h_1,$$

где f – коэффициент трения центробежных роликов о конические поверхности полумуфты и бойка.

Приведенные дифференциальные уравнения составлены для случая вертикального расположения механизма.

Для обеспечения эффективной работы механизма необходимо должным образом выбрать параметры его упругих элементов, рациональные соотношения которых можно установить на основе анализа приведенных уравнений.

Анализ уравнений (1) показывает, что приобретенная в процессе разгона угловая скорость маховика зависит от силовых характеристик вспомогательной и силовой пружин, массы и количества роликов, величин перемещения роликов и полумуфты:

$$\omega_M = \sqrt{\frac{c_1(\lambda_1 + h) + c_2(\lambda_2 + h)}{0,5nmr}},$$

Этот результат получен при условии, что угол наклона конической поверхности полумуфты и бойка $\alpha = 45^\circ$, а изменение момента инерции маховика при перемещении центробежных роликов ничтожно мало.

В процессе зацепления во втором этапе боек, перемещаясь к кулачкам наковальни, совершает колебательное движение со смещенным центром колебаний по закону:

$$z_2 = \frac{B}{k^2} (1 - \cos kt), \quad (5)$$

где t – время поворота механизма на определенный угол;

k и B – коэффициенты, определяются из уравнения (2):

$$B = g + \frac{c_1(\lambda_1 + h_1) - c_3\lambda_3}{m_1 + nm_p + m_3}; \quad k = \sqrt{\frac{c_1 + c_3}{m_1 + nm_p + m_3}}.$$

Зацепление бойка с кулачками наковальни будет полным, если силовая пружина обеспечит перемещение бойка на высоту зацепления h_2 за время зацепления $t_{зац} = \frac{\varphi_{зац}}{\omega_M}$ поворота маховика на угол $\varphi_{зац}$ раствора кулачков наковальни. При колебательном характере движения бойка, описываемом уравнением (5), эти требования достигаются при условии осуществления зацепления за время несколько меньшее полупериода колебаний, т.е.:

$$t_{зац} = \frac{\pi}{k}; \quad h_2 = \frac{2B}{k^2}.$$

Отсюда по заданной высоте h_2 необходимые параметры силовой и вспомогательной пружины определяются зависимостью:

$$h_2 = \frac{2}{c_1 + c_3} [M_2g + c_1(\lambda_1 + h_1) - c_3\lambda_3].$$

Учитывая, что в исходном положении усилия силовой и возвратной пружин уравновешиваются ($c_1\lambda_1 = c_3\lambda_3$), и принимая $h_2 = h_3 = h_{зац}$, получим

$$h \leq \frac{2M_2g}{c_3 - c_1}. \quad (6)$$

Таким образом, выбор параметров пружин можно производить из условий зависимости (6) с учетом необходимости следующих соотношений: $c_3 > c_1$; $\lambda_1 < \lambda_3$.

Возврат бойка в третьем этапе при принятых условиях происходит при неподвижной полумуфте, когда в уравнениях (3) $\ddot{z}_1 = 0$, $z_1 = 0$ и $h_1 - h_2 = 0$. Тогда движение бойка при его возврате также будет носить колебательный характер и будет осуществим при условии:

$$c_3 = \frac{m_3 g}{h - z_3}.$$

Анализ уравнений (4) движения ступенчатого валика в четвертом этапе показывает, что замыкание бойка обеспечивается, если сила упругости вспомогательной пружины в конце этапа превысит силу трения от давления возвратной пружины, т.е.

$$c_2 \lambda_2 > c_3 \lambda_3 f.$$

Представленный динамический анализ работы ударного механизма редкоударного гайковерта с осевым перемещением бойка позволяет получить расчетные зависимости для выбора параметров его элементов, обеспечивающие его эффективную работу.

Список литературы: 1. Искрицкий В.М., Бузунов В.Н. Гайковерты для крупных резьбовых соединений // Технология и организация производства. – Киев, 1980, №2. – С. 14-16. 2. Пат. 44544А України, В25В 21/02. Гайковерт /Н.В. Водолазська, В.М. Искрицкий, О.Г. Водолазська (Україна) // Бюл. – 2002. – № 2, кн.1. – С. 480. 3 Искрицкий В.М., Водолазская Н.В., Водолазская Е.Г. Динамика процесса соударения в механизмах для сборки резьбовых соединений //International scientific conference UNITECH'04. Proceedings. Volume 1. Gabrovo, Bulgaria, 18-19 November 2004. P. II-244 – II-249. 4. Искрицкий В.М., Навольнев Ю.К. Ударный механизм редкоударного гайковерта. Авт. св. СССР №1269985 В25 В 21/02 Бюл. №12 от 15.11.1986 г. 5. Искрицкий В.М., Водолазская Н.В., Водолазская Е.Г. Расчет параметров размерного ряда блоков технологического воздействия для сборки резьбовых соединений //International scientific conference UNITECH'03. Proceedings. Volume 1. Gabrovo, Bulgaria, 20-21 November 2003. P. 1-522-1-524. 6. Искрицкий В. М. Водолазская Е. Г.,Водолазская Н.В. Сборка резьбовых соединений металургического оборудования //Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении. Вып. 4, 1998. – С. 391-392. 7. Водолазская Н.В., Искрицкий В. М. Водолазская Е. Г. Методика расчета редкоударного механизма резьбозавертывающего инструмента с радиально-инерционным замыканием // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наук. праць. – Краматорськ: ДДМА, вип. №17, 2005. – С. 153-159. 8. Гель-фанд М.Л., Ципенюк Я.И., Кузнецов О. К. Сборка резьбовых соединений. – М.: Машиностроение, 1978. – 109 с. 9. Искрицкий В.М., Сибогатов В.М., Водолазская Е.Г. Механизированный инструмент для сборки ответственных крупных резьбовых соединений //Автоматизация сборки в машиностроении. Пловдив, 1985. – С. 201 – 213.

ДИНАМІКА УДАРНОГО МЕХАНІЗМУ РІДКОУДАРНОГО
ГАЙКОВЕРТА З ОСЬОВИМ ПЕРЕМІЩЕННЯМ БОЙКА
Водолазська Н. В., Искрицкий В. М.

В статті запропонований один з варіантів вирішення проблеми механізованого складання різьбових з'єднань за рахунок використання рідкоударних гайковертів з осьовим переміщенням бойка. Проведений динамічний аналіз роботи ударного механізму таких гайковертів дозволив отримати розрахункові залежності для вибору раціональних параметрів його елементів.

ДИНАМИКА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА РЕДКОУДАРНОГО ГАЙКОВЕРТА С ОСЕВЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ БОЙКА

Водолазская Н. В., Искрицкий В. М.

В статье предлагается один из вариантов решения проблемы механизированной сборки резьбовых соединений за счет использования редкоударных гайковертов с осевым перемещением бойка. Проведенный динамический анализ работы ударного механизма таких гайковертов позволил получить расчетные зависимости для выбора рациональных параметров его элементов.

DYNAMICS OF PERCUSSIVE MECHANISM OF RARELY PERCUSSIVE NUT WRENCH WITH THE AXIAL MOVING STRIKER

Vodolazska N.V., Iskritski V. M.

One of variants of decision a problem of the mechanized assembly of threaded connections though using of rarely percussive nut wrenches with the axial moving a striker is offered in the paper . The conducted dynamic analysis of work of percussive mechanism of such nut wrenches has allowed to get dependences for the choice of rational parameters of its elements.

Рецензент: д.т.н., проф. Шевченко Ф.Л.