

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	6
Глава 1. Ручные резьбозавертывающие машины ударного действия.	7
1.1. Общие положения	7
1.2. Ручные электрические ударные гайковерты	7
1.3. Основы расчета ударных гайковертов	13
1.4. Вопросы исследований ударных гайковертов	14
1.5. Классификация УВМ гайковертов	15
1.6. Особенности математических моделей ударно-вращательных механизмов гайковертов	18
Глава 2. Динамика процесса затяжки резьбовых соединений периодическими ударами	29
2.1. Краткие сведения о динамике механизмов с самотормозящимися элементами	29
2.2. Динамическая модель резьбового соединения	31
2.3. Решение уравнений движения системы «резьбовое соединение—шпиндель гайковерта» в среде Mathcad	35
2.4. Определение динамических параметров процесса завинчивания резьбового соединения периодическими ударами.	46
2.5. Создание имитационной модели системы «резьбовое соединение—шпиндель гайковерта» в системе Universal Mechanism	55
2.6. Моделирование импульсной затяжки резьбового соединения в системе Universal Mechanism (динамика модели резьбового соединения при воздействии импульсов крутящего момента)	55
2.7. Моделирование затяжки резьбового соединения периодическими ударами в системе Universal Mechanism	57
Глава 3. Средства обеспечения заданного момента затяжки резьбового соединения	59
3.1. Ограничение максимального момента затяжки с помощью торсиона.	60
3.2. Механизм автоматического отключения пневматического гайковерта	62
3.3. Электронные средства обеспечения тарированной затяжки	64

3.4. Решение уравнений движения системы «резьбовое соединение-шпиндель гайковерта» с учетом влияния торсиона	66
3.5. Основы проектировочного расчета торсионов	70
Глава 4. Исследования динамики УВМ гайковерта	74
4.1. Задачи исследований динамики УВМ гайковерта	74
4.2. Исследование кинематики ударника	74
4.3. Динамическая модель УВМ.	76
4.4. Допущения и предположения, принятые при исследовании динамической модели	77
4.5. Удар в системе «приводной вал–ударник–наковальня».	77
4.6. Упрощенная динамическая модель УВМ	81
4.7. Приведенная масса ударника	83
4.8. Отыскание периодических режимов движения модели.	83
4.9. Определение крутящего момента на приводном валу.	85
4.10. Подбор рабочей пружины	88
4.11. Ударная мощность гайковерта	91
4.12. Динамическая устойчивость УВМ гайковерта	92
Приложения.	93
Заключение	117
Библиографический список	118

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель данной работы — сообщить, обобщить и систематизировать основные сведения, накопленные при изучении электрических ударных гайковертов на современном этапе развития науки и техники.

При написании монографии принимались во внимание результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в разные годы на кафедрах СиПТМ и ММС Московского государственного строительного университета; в научно-исследовательских институтах — ВНИИСМИ, Институте машиноведения РАН, а также в научно-техническом центре ЗАО «Интеркол».

Большая часть представленной в книге информации носит прикладной характер. Решение многих задач либо приведено в виде программ системы Mathcad, либо проводится численными методами в ходе моделирования в известной САЕ-системе Universal Mechanism. Такой подход позволяет при помощи так называемых «живых» формул (или пошагово повторяя алгоритм моделирования) использовать свои данные и немедленно получить результат.

Работа ориентирована на читателей, занимающихся проблемами проектирования и прикладных исследований гайковертов, а также иных ручных машин ударного действия. Книга может быть полезна специалистам, чья деятельность связана с ручным механизированным инструментом, аспирантам и молодым ученым, студентам старших курсов вузов и всем, кто интересуется динамикой машин и (или) моделированием технических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Резьбовые соединения в конструкциях узлов машин составляют 15÷20 % от общего количества соединений. А трудоемкость их сборки равна 25÷35 % от общей трудоемкости сборочных работ. Причем в некоторых специфических отраслях, таких как автомобиле- и судостроение, эта цифра может достигать и больших значений. Подсчитано, что 60÷70 % всех соединений, например, в автомобиле — резьбовые. Использование таких соединений в строительстве, во всех отраслях промышленности постоянно возрастает с увеличением объема выпускаемой продукции. С увеличением действующих на конструкции нагрузок и ужесточением требований к их прочности растет число ответственных особо прочных соединений. В таких условиях необходима механизация процесса сборки для обеспечения экономически выгодной производительности.

Сборочный резьбозавинчивающий инструмент делится на два основных типа: статического и импульсного действия. Выбор того или иного типа зависит от требований к точности затяжки, качества собираемых узлов, серийности выпуска, конструктивных особенностей, жесткости резьбового соединения и других факторов.

Статический метод считается наиболее точным, но имеет недостатки. К ним относятся меньшая производительность (по сравнению с импульсным методом) и высокая нагрузка на руки оператора, который воспринимает реактивный момент, возникающий при затяжке.

Принцип ударной передачи энергии позволяет при сравнительно небольших приводных двигателях развивать высокий момент затяжки, что позволяет создавать удобные и легкие машины. В импульсных гайковертах практически отсутствует реактивный момент. Имея высокую производительность, они решают проблему массовости сборки, но имеют при этом низкую точность момента затяжки собираемых соединений¹.

Анализ публикаций и патентов указывает на повышенный интерес к проблеме ударной затяжки резьбовых соединений.

¹ По данным Atlas Copco и ИНСТРУМ-РЭНД — компаний-производителей инструмента.

Глава 1

РУЧНЫЕ РЕЗЬБОЗАВЕРТЫВАЮЩИЕ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

1.1. Общие положения

По типу источника энергии резьбозавертывающие машины ударного действия подразделяют на:

- электрические (сетевые или аккумуляторные);
- пневматические;
- гидравлические;
- бензиновые.

Различают машины статического и ударного действия. Высокий крутящий момент на ключе ударного гайковерта достигается за счет накопления движущейся массой энергии и периодической передачи ее выходному валу в результате удара. Благодаря такому принципу действия обеспечивается большой момент на ключе при малом реактивном моменте, воздействующем на руки оператора.

Помимо собственно гайковертов к резьбозавертывающим машинам ударного действия также относят:

- шпильковерты;
- муфтоверты;
- шуруповерты;
- некоторые резьбонарезающие машины и проч.

1.2. Ручные электрические ударные гайковерты

Гайковерт — это инструмент, относящийся к классу машин для сборочных работ и в основном предназначенный для механизации процессов затяжки и откручивания резьбовых соединений. Он может применяться для работы с болтовыми соединениями, глухарями, анкерными шурупами и др. Область применения гайковертов весьма обширна: их используют при сборочных работах, для обслуживания транспортной техники, при ремонте железных дорог, на строительных объектах.

Ручные электрические ударные гайковерты имеют двигатель, редуктор и ударно-вращательный механизм (далее — УВМ), обеспечи-

вающий преобразование непрерывного вращения на входе в ударные импульсы на выходе. Тангенсальная составляющая ударных импульсов на плече их приложения обеспечивает затяжку резьбового соединения.

Основными определяющими параметрами этих машин являются диапазон диаметров затягиваемых резьбовых соединений, максимальный



Рис. 1.1. Современный электрический ударный ручной гайковерт (опытный образец ЗАО «Интерскол»)

момент затяжки, время затяжки, энергия единичного удара, частота ударов. Гайковерты с ударно-вращательными механизмами относятся к машинам виброударного действия. Их разделяют на частоударные ($f > 5$ Гц, обычно $20 \div 30$ Гц) и редкоударные ($f < 5$ Гц). Ориентировочный диапазон диаметров резьбы затягиваемых соединений — $16 \div 36$ (60) мм.

Машины производят в прямом и угловом исполнениях с рукоятками различных типов: с рукояткой пистолетного типа, с рукояткой замкнутого типа заднего расположения, с рукояткой-корпусом и др.

При механизированной затяжке резьбовых соединений применяются гайковерты с различными УВМ. Существует множество конструкций УВМ и гайковертов в целом, однако принципиальных схем УВМ, применяемых в гайковертах, немного, причем с электроприводом наибольшее распространение получила схема с винтовым движением ударника относительно ведущего вала механизма. Учитывая значительные потери скорости ударником при торцевом контакте кулачков при достижении им переднего положения до удара, конструкция УВМ должна исключать такой режим. Эта схема механизма получила широкое распространение благодаря простоте конструкции: при высоком аккумуляровании энергии она исключает возможность создания режима короткого замыкания для двигателя.

Схема УВМ с винтовым движением ударника относительно приводного вала представлена на рис. 1.2.

Ударный механизм размещается в корпусе 2 и содержит ударник 3

с рабочими кулачками, поджатый пружиной 4, и шпindelь-наковальню 6, также имеющую рабочие кулачки. На приводном валу 8 выполнены спиральные канавки, а на ударнике — кулачковые поверхности, образующие вместе с шариками шарико-винтовую пару 5, обеспечивающую возможность углового и осевого перемещений ударника относительно приводного вала.

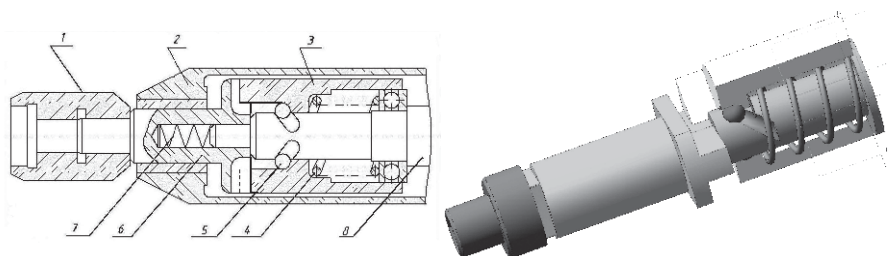


Рис. 1.2. Ударно-вращательный механизм с винтовым движением ударника: 1 — ключ; 2 — корпус; 3 — ударник; 4 — рабочая пружина; 5 — шарико-винтовая пара; 6 — шпindelь-наковальня; 7 — возвратная пружина; 8 — приводной вал

Рассматриваемый УВМ может работать в двух режимах: непрерывной передачи крутящего момента от приводного вала шпindelю и ключу в результате постоянного зацепления кулачков ударника и наковальни и импульсной передачи крутящего момента. Смена режимов осуществляется автоматически.

Первый режим характерен для процесса наворачивания гайки на тело болта и первой стадии затяжки резьбового соединения, при котором величина крутящего момента сопротивления на ключе мала по сравнению с моментом на приводном валу и не вызывает короткого замыкания обмоток электродвигателя. По мере увеличения сопротивления на ключе, чтобы избежать перегрузки привода, ударник замедляется относительно приводного вала и за счет наличия шарико-винтовой пары начинает движение в осевом направлении, поджимая рабочую пружину (взвод ударника) до тех пор, пока не выйдет из зацепления с кулачками шпинделя. С этого момента ударник продолжает движение отдельно от наковальни и УВМ переходит в импульсный (ударный) режим работы. Последующий разгон ударника приводным валом и рабочей пружиной обеспечивает первое ударное взаимодействие ударни-

ка и наковальни. При последующих ударах картина будет качественно повторяться, отличаясь в каждом случае начальными условиями и, как следствие, параметрами движения бойка.

К недостаткам рассмотренного механизма следует отнести непостоянство энергии единичного удара в процессе затяжки, а также отсутствие правильного ориентирования положений ударника и наковальни перед ударом. Первый недостаток ведет к неравномерной нагрузке двигателя в процессе затяжки и ограничивает применение гайковертов с данным механизмом для тарированной затяжки ответственных соединений. Вторым недостатком ведет к появлению кромочных ударов, что снижает надежность машины. Влияние первого недостатка может быть несколько снижено при проектировании машины расчетными методами. Снижение влияния второго фактора может быть осуществлено конструктивно.

Рассмотрим другую схему УВМ гайковерта, представленную на рис. 1.3. Это один из ударных механизмов [2], разработанных применительно к гайковертам, хотя не исключается возможность его использования в молотках, вибраторах и других машинах. Механизм работает следующим образом: при вращении водила 3 (по часовой стрелке) ролики 4 под действием центробежных сил находятся в крайних верхних положениях и, зацепляясь с кулачками 7, передают непрерывное вращение наковальне-шпинделю и далее через ключ гайке (последние не показаны), происходит завинчивание гайки.

При затяжке резьбового соединения наковальня 2 остановлена, ролики 4 относительно водила 3 в пазах 8 «выжимаются» (против часовой стрелки), огибают кулачки 7 и, поднимаясь за счет центробежной силы, наносят удары по кулачкам 7. Далее процесс с отскоком роликов по па-

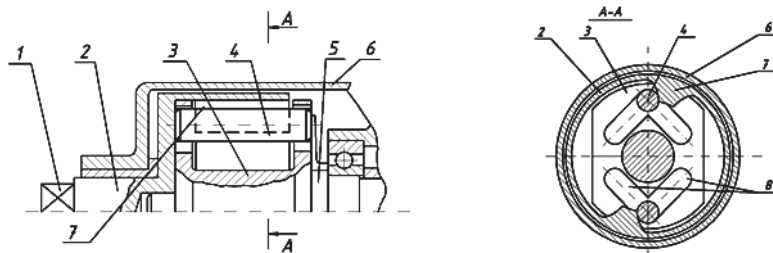


Рис. 1.3. Ударно-вращательный механизм с бойками, движущимися в плоскости, перпендикулярной к оси вращения: 1 — квадрат для крепления инструмента; 2 — шпиндель-наковальня; 3 — водило; 4 — ударные ролики; 5 — приводной вал; 6 — корпус; 7 — кулачки; 8 — наклонные пазы

зам δ повторяется до окончательной затяжки резьбового соединения. При отвинчивании резьбового соединения аналогичный процесс происходит в обратном направлении.

Таким образом, при работе механизма в режиме затяжки резьбового соединения приводной вал 5 с водилом 3 вращается непрерывно, не испытывая стопорения при соударении роликов 4 с кулачками 7. Поэтому данный механизм может работать с электроприводом.

К достоинствам этого механизма по сравнению с рассмотренным выше можно отнести:

- отсутствие осевой составляющей движения бойков и ударника, благодаря чему предполагается некоторое снижение уровня вибрации;
- отсутствие рабочей пружины (сила сжатия пружины заменена центробежной);
- снижение габаритного размера механизма в осевом направлении.

Наряду с механическими ударными механизмами в гайковертах нашли применение гидравлические ударные механизмы [24] (так называемые гидроимпульсные гайковерты). Ударное взаимодействие в таких механизмах осуществляется через гидравлическую среду. На рис. 1.4 представлена конструкция гидроимпульсного механизма лопаточного типа с лопаткой, перемещающейся перпендикулярно оси гайковерта.

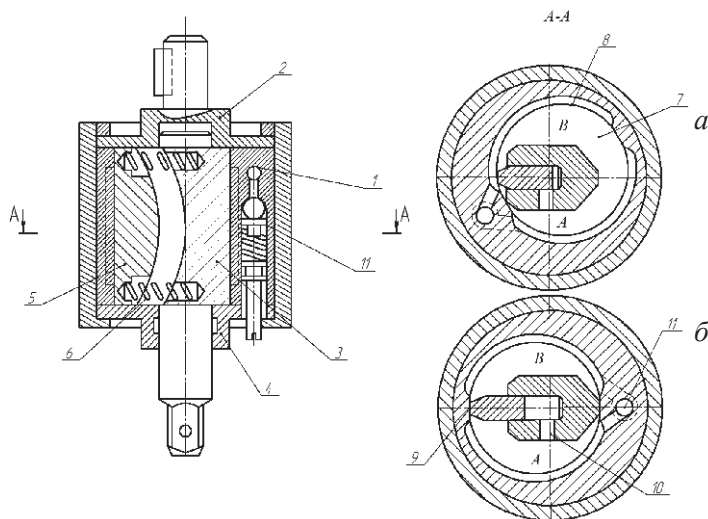


Рис. 1.4. Гидравлический ударный механизм

Бойком является корпус гидравлической камеры 1, соединенный с приводным валом. Внутри полого бойка расположен шпindel 3. В головку шпинделя вставлена лопатка 5 с пружинами 6. Полость бойка образует камеру 7 цилиндрической формы, поверхность которой имеет полукольцевые выемки 8, разделенные двумя диаметрально расположенными поясками 9. Продольная ось камеры 7 смещена от оси шпинделя на величину эксцентриситета. Замкнутый объем камеры заполнен маслом. Рабочий процесс состоит из цикла разгона корпуса гидравлической камеры и цикла удара (динамического уплотнения). Таким образом, шпindel делит весь внутренний объем камеры на две части — *A* и *B*. Разгон осуществляется беспрепятственно, поскольку эти части соединены выемками 8 и каналом под шпинделем, благодаря которым жидкость свободно перетекает из одной полости в другую (рис. 1.4 *a*). Совершив один оборот и увеличив скорость, корпус камеры занимает относительно шпинделя положение, показанное на рис. 1.4 *б*, при этом уплотняющие выступы 9 на корпусе и соответствующие выступы на лопатке и шпинделе располагаются друг против друга, перекрывая каналы, соединяющие полости *A* и *B*. Скорость изменения объемов в этот момент максимальна. Уплотнение зазоров вызывает повышение давления жидкости в полости *A*. Кинетическая энергия бойка расходуется на сжатие жидкости. В силу перепада давления между частями камеры и эксцентриситета на боек и шпindel действуют вращательные моменты. Боек затормаживается, момент на шпинделе передается на затягиваемое соединение. Затем боек с малой угловой скоростью проходит область динамического уплотнения. В процессе удара лопатка поджимается высоким давлением, подводимым внутрь шпинделя из полости сжатия по каналу 10. Предельным устройством в этом механизме является перепускной шариковый клапан 11, регулирующий максимальное давление в полости сжатия.

Данный вид механизмов может использоваться как с пневматическим, так и с электрическим приводом и снабжаться различными предельными устройствами — центробежными, торсионными и проч.

К очевидным достоинствам гидроимпульсных гайковертов следует отнести повышенную долговечность, бесшумность и вибробезопасность при работе. Частота ударов у таких механизмов ниже, чем у механических. Наконец, гидроимпульсным механизмам присуща большая стабильность момента затяжки.

1.3. Основы расчета ударных гайковертов

Проектировочный расчет

Методика расчетов электрогайковертов с винтовым перемещением бойка базируется на соотношениях, полученных при совместном решении уравнений движения бойка и уравнения связи, налагаемой винтовой канавкой [8, 10]. Исходными данными для расчета являются следующие параметры ударного механизма, выбираемые по конструктивным соображениям: момент инерции бойка J , масса бойка m , угол наклона винтовой канавки ψ , средний диаметр винтовой канавки d .

На основании решения уравнений движения на различных участках движения определяют оптимальную траекторию бойка (см. п. 4.2), энергию единичного удара и жесткость приводной пружины.

Жесткость приводной пружины:

$$C = 97,5 \frac{N \eta_{\text{пр}} \left(2 + \frac{m}{J} \operatorname{tg}^2 \psi \frac{d^2}{2} \right)}{n d l \operatorname{tg} \psi}, \quad (1.1)$$

где N — полезная мощность двигателя, Вт; n — частота вращения двигателя, об/мин; l — предварительное поджатие пружины; i — передаточное число редуктора; $\eta_{\text{пр}}$ — КПД приводных механизмов.

Энергия единичного удара:

$$E = \frac{J k_{\varepsilon}}{\left(1 + \frac{1}{v} \right)^2} \omega + \frac{\sqrt{k^2 l^2 + v_0^2} \cos(kt + \alpha)^2}{d \operatorname{tg} \psi}. \quad (1.2)$$

Здесь k — собственная частота колебаний бойка, $k = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{4J} \operatorname{tg}^2 \psi d^2}}$;

α — начальная фаза; $\operatorname{tg} \alpha = lk/v_0$; $v_0 = \frac{\pi d n \operatorname{tg} \psi}{60 i}$ — начальная скорость

бойка; ω — угловая скорость вращения вала; $v = J/J_{\text{н}}$ — коэффициент, учитывающий соотношение между моментами инерции бойка и наковальни; $k_{\varepsilon} = 0,9^{\varepsilon}$ — коэффициент, учитывающий переход энергии в немеханические формы вследствие наличия зазоров в системе; ε — число зазоров.

Перемещение бойка:

$$X = \sqrt{l^2 + \frac{v_0^2}{k^2}} \sin(kt + \alpha). \quad (1.3)$$

Если перемещение рассчитано верно, то в момент удара происходит зацепление кулачков бойка и наковальни на заданную высоту.

Проверочный расчет

Закон относительного движения ударника определяется уравнением:

$$z = \frac{u_0(1+R)}{p(1-R)\cos\psi_0 \sin \frac{pT}{2}} \cos\left(pt - \frac{pT}{2}\right),$$

где $U_0 = \omega r$ — линейная скорость шариков приводного вала (ω — угловая скорость привода, r — радиус винтовой линии канавок вала), R — коэффициент восстановления скорости, ψ_0 — угол подъема винтовой канавки вала, T — период соударений, p — собственная частота подпружиненной массы ударника ($p^2 = (c/m)\sin^2\psi_0$).

Момент, действующий на привод: $M = F_{\text{cp}} r$, где $F_{\text{cp}} = F_{\text{cp}}^p + F_{\text{cp}}^j$ — среднее за период усилие.

$$F_{\text{cp}}^p = \frac{2mU_0(1+R)}{T(1-R)} \text{ — среднее окружное усилие, действующее на}$$

привод в промежутке между ударами.

$$F_{\text{cp}}^j = \frac{2mU_0(1+R)}{T(1-R)} \text{tg}^2\psi_0 \text{ — усредненное усилие от ударного импульса.}$$

$$\text{Таким образом, } M = \frac{2mU_0r(1+R)}{T(1-R)\cos^2\psi_0}; \quad J = \frac{2mU_0(1+R)}{(1-R)\cos^2\psi_0} \text{ — величина}$$

ударного импульса.

1.4. Вопросы исследований ударных гайковертов

К актуальным вопросам исследований процесса ударной затяжки и динамики ударных гайковертов можно отнести:

- совершенствование конструкций УВМ;
- эффективные способы осуществления ударной затяжки и расширение области ее применения, в том числе ее применение для ответственных соединений;
- создание новых человекоориентированных машин за счет уменьшения уровня вибрации и шума при их работе;
- создание энергосберегающих машин за счет увеличения их КПД;
- повышение долговечности машин;
- снижение стоимости машин;
- обеспечение заданной точности затяжки;
- повышение мобильности машин;
- улучшение управляемости машин.

1.5. Классификация УВМ гайковертов

Классификация помогает решать важные вопросы на начальных стадиях синтеза и проектирования механизмов. При проектировании наличие классификации по функциональному назначению позволяет обоснованно выбрать те или иные типы механизмов для их эффективного использования. Кроме того, отсутствие подобной классификации не позволяет разрабатывать соответствующие методы их расчета. Анализируя классификации существующих аналогов, разработчик выбирает лучший вариант в качестве прототипа при синтезе новых конструкций.

Классификация составляется на основе существующих конструкций и с появлением новых изобретений может расширяться и пополняться.

В зависимости от классифицируемых признаков выделяют различные виды классификаций: функциональная, принципиальная, параметрическая и др.

Отметим два основных признака корректно составленной классификации УВМ гайковертов:

- универсальность, т.е. возможность применить классификацию ко всем известным типам УВМ;
- широта охвата, т.е. классификация должна включать все основные и значимые признаки УВМ.

Вопросы, связанные с классификацией УВМ гайковертов, затронуты в работах [9], [15]. В них предполагается, что УВМ гайковертов предназначены для воспроизведения необходимой величины ударного

импульса и осуществления правильного по геометрии удара. Эти два условия с той или иной степенью конкретизации и легли в основу предложенных классификаций. В частности, предлагается разделять УВМ (ударные муфты) на две группы:

- муфты, у которых число ударов бойка по наковальне пропорционально числу оборотов бойка;
- муфты, у которых число ударов не зависит от количества оборотов бойка.

В свою очередь, муфты первой группы делятся на две подгруппы:

- муфты, использующие энергию привода в процессе удара кулачков;
- муфты, не использующие энергию привода в процессе удара.

Муфты второй группы тоже подразделяются на две подгруппы:

- муфты, в которых используется кинетическая энергия бойка, накопленная в процессе его разгона;
- муфты с накоплением потенциальной энергии в аккумуляторе (пружине и т.п.).

В [15] УВМ классифицируют по наличию обратной связи:

- УВМ с наличием / отсутствием обратной связи по скорости удара;
- УВМ с наличием / отсутствием обратной связи по геометрии удара.

Под правильной геометрией удара понимается отсутствие «вредных» ударов (кромочных и с линейным контактом) в процессе работы. В механизмах с обратной связью по геометрии удара траектории ударяемых элементов таковы, что их взаимное положение в момент удара исключает возможность возникновения таких вредных ударов. В противном случае такая возможность сохраняется из-за нестабильности положения ударяемых элементов. В механизмах с обратной связью по скорости скорость бойка перед ударом постоянна. При отсутствии этой связи скорость соударения меняется с изменением рабочей характеристики на входе УВМ (следовательно, величина воспроизводимого такими УВМ ударного импульса также будет переменной).

Схожий вариант классификации приводится в [9]:

- механизмы с силовым или кинематическим способом замыкания;
- механизмы с ограничением угла разгона ударника или механизмы без ограничения угла разгона.

Разделение механизмов на первые две группы фактически конкретизирует способ осуществления обратной связи по геометрии удара (см. выше). А разделение на две другие группы, по сути, — классификация по воспро-

изведению заданного ударного импульса (при ограничении угла разгона величина импульса постоянная, в обратном случае — переменная).

Опираясь на приведенные выше варианты, авторы [9] предлагают свою классификацию УВМ по функциональному назначению. Они разделяют механизмы следующим образом:

- по участию УВМ в формировании разгонной характеристики бойка. В этой связи механизм рассматривается как передаточный, предназначенный для воспроизведения заданного закона движения ведомого звена, с передаточной функцией F ;
- по осуществлению правильного удара. Здесь УВМ рассматривается как механизм, предназначенный для воспроизведения необходимой траектории движения выходного звена, характеризуемый функцией Y .

Причем, при $F \neq 1$ УВМ участвует в формировании удара вместе с двигателем. При этом характеристика привода на данном формировании не отражается. Угловая скорость привода в процессе работы меняется незначительно. При $F = 1$ в формировании удара участвует только привод. При этом угловая скорость привода в момент удара резко падает, следовательно, необходим учет переходных процессов в двигателе. Обычно УВМ с $F \neq 1$ используются совместно с электроприводом, а УВМ с $F = 1$ — с пневмоприводом. При $Y \neq 1$ механизм участвует в воспроизведении правильной геометрии удара, при $Y = 1$ — нет. На основании таких предположений авторы выделяют четыре группы механизмов в зависимости от значений передаточных функций F и Y :

I группа: $F \neq 1, Y \neq 1$.

II группа: $F \neq 1, Y = 1$.

III группа: $F = 1, Y \neq 1$.

IV группа: $F = 1, Y = 1$.

Эти четыре группы можно разделить на подгруппы по способу замыкания и ограничению угла разгона (см. выше). Итоговый вариант классификации по функциональному назначению приведен в таблице 1.1.

Достоинством предложенной классификации является возможность уточнения условия задачи проектирования привода машины.

К группам I, II в основном относятся тихоходные механизмы, в которых процесс разгона не зависит от характеристики неустановившегося движения (разбега) привода (целесообразно использование электродвигателя с редуктором).

**Классификация УВМ гайковертов
по функциональному назначению**

У F		≠ 1		= 1	
		Способ замыкания соударяемых элементов			
		Силовой	Кинематический	Силовой	Кинематический
≠ 1	Кинем.	I		II	
	Геометр.	I-1	I-2	II-1	II-2
= 1	Кинем.	III-1 III III-2		IV-1 IV VI-2	
	Геометр.				

В механизмах групп III, IV неустановившийся режим привода влияет на условия разгона. Так как скорость привода может падать фактически до нуля, целесообразно использование пневмодвигателя без редуктора (быстроходные УВМ).

1.6. Особенности математических моделей ударно-вращательных механизмов гайковертов

Рассмотрим универсальную схему 1 [17], отражающую основные этапы математического моделирования любого технического объекта.

1. На первом этапе осуществляют переход от реального технического объекта (далее — ТО) к его расчетной схеме (далее — РС). В качестве РС УВМ гайковерта может выступать динамическая модель.

В ходе построения динамической модели принимаются допущения

и упрощения, позволяющие не учитывать при исследовании несущественные факторы (например, такие, которые не оказывают большого влияния на характер движения и полученные результаты, но могут привести к математическим трудностям на последующих этапах моделирования). Например, при математическом моделировании работы гайковерта обычно ограничиваются рассмотрением динамических моделей «УВМ—привод» или «Резьбовое соединение—УВМ». Привод гайковерта является возбудителем колебаний, создающим периодическое вынужденное воздействие на колебательную систему ударного механизма, а так как колебания ударника сопровождаются периодическими соударениями с наковальной шпинделя, то расчетная схема (динамическая модель) гайковерта может быть сведена к одномассовой или многомассовой виброударной системе с одной или несколькими степенями свободы.

2. Динамическая модель, полученная на первом этапе математического моделирования, может быть описана некоторыми математическими выражениями, устанавливающими связь между параметрами, характеризующими состояние ТО. Совокупность этих выражений называется математической моделью ТО. Для гайковерта в качестве математической модели будут выступать уравнения движения элементов машины (ударника, шпинделя, ротора двигателя и др.).

На второй стадии математического моделирования необходимо обосновать гипотезы, принимаемые для описания тех или иных протекающих в ТО физических процессов (например, гипотеза кулоновского трения, волновая теория удара и проч.).

Схема 1

**Технический объект → Расчетная схема → Математическая модель →
→ Рабочая математическая модель → Алгоритм → Программа**

При выборе той или иной гипотезы следует руководствоваться, с одной стороны, целями проведения математического моделирования, необходимой полнотой и точностью получаемых результатов, а с другой — возможностями имеющегося математического аппарата и применяемых вычислительных методов. Таким образом, принятые гипотезы

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru