

УДК 621.757

**ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ
СХЕМ ОДНОШПИНДЕЛЬНЫХ ГАЙКОВЕРТОВ НА ОСНОВЕ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ ИНЕРЦИИ**

Житников Б.Ю.

*доктор технических наук, профессор, профессор кафедры специальной
техники и информационных технологий,*

Владимирский юридический институт ФСИН России,

Россия, г. Владимир.

Житников Ю.З.

*доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии
машиностроения,*

Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева,

Россия, г. Ковров.

Блинов С.В.

*старший преподаватель кафедры специальной техники и информационных
технологий,*

Владимирский юридический институт ФСИН России,

Россия, г. Владимир.

Аннотация: обоснованы требования для разработки кинематических схем
одношпиндельных гайковертов на основе центробежных сил инерции.

Ключевые слова: одношпиндельный, гайковерт, кинематическая схема,
требования, центробежные силы, инерция.

***JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR DEVELOPING THE
CINEMATIC SCHEMES OF SINGLE-SPINDLE WRENCHES ON THE BASIS
OF CENTRIFUGAL FORCES OF INERTIA***

Zhitnikov B.Y.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Special Techniques and Information Technologies,

Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Russia, Vladimir.

Zhitnikov Y.Z.

Doctor of technical sciences, professor, head of the chair of technology of mechanical engineering,

Kovrov State Technological Academy named after V.A. Degtyareva, Russia, Kovrov.

Blinov S.V.

Senior Lecturer of the Department of Special Techniques and Information Technologies,

Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Russia, Vladimir.

Abstract: The requirements for the development of kinematic schemes for single-spindle nutrunners based on centrifugal forces of inertia are justified.

Keywords: single-spindle, wrench, kinematic scheme, requirements, centrifugal forces, inertia.

В работах [1,6] была сделана попытка создания альтернативных одношпиндельных завинчивающих устройств на основе центробежных сил инерции, тем не менее они не нашли применения в производстве.

Выявим причины, ограничившие использование их в промышленности, и пути повышения точности завинчивающих устройств на основе центробежных сил инерции.

Кинематическая схема этого устройства представлена на рисунке 1. Завинчивающее устройство состоит из двигателя 2 как электрического, так и пневматического действия, возбудителя поворотных колебаний (импульсатора) 7, обеспечивающих формирование центробежных сил инерции, а следовательно, и импульсов моментов для завинчивания и затяжки резьбовых

соединений, механизма свободного хода 16 храпового типа, динамической опоры 17, предназначенной для гашения реактивного момента, возникающего в момент затяжки соединения, торможения, шпинделя 14 с патроном 15 для удержания резьбовой детали. Механизм завинчивающего устройства расположен в корпусе 1, снабжен рукояткой 26 для удержания устройства в процессе сборки резьбовых соединений.

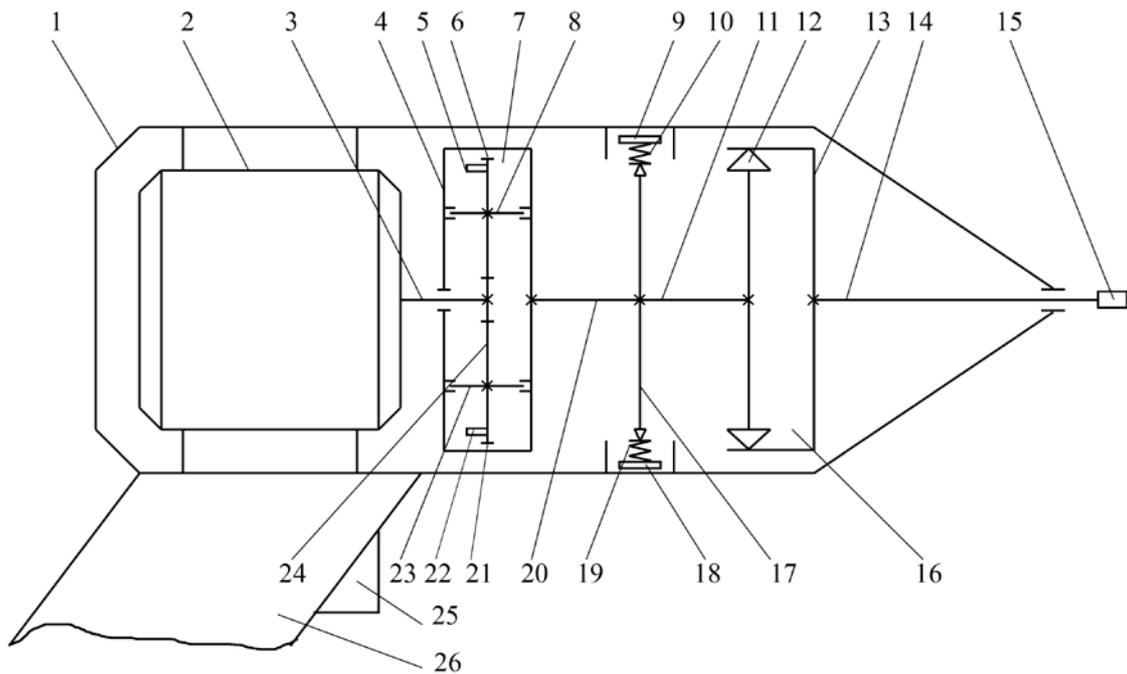


Рисунок 1. Кинематическая схема завинчивающего устройства.

Предварительно рассмотрим работу возбудителя поворотных колебаний (импульсатора), в котором формируются импульсы моментов под действием центробежных сил инерции (рис. 2).

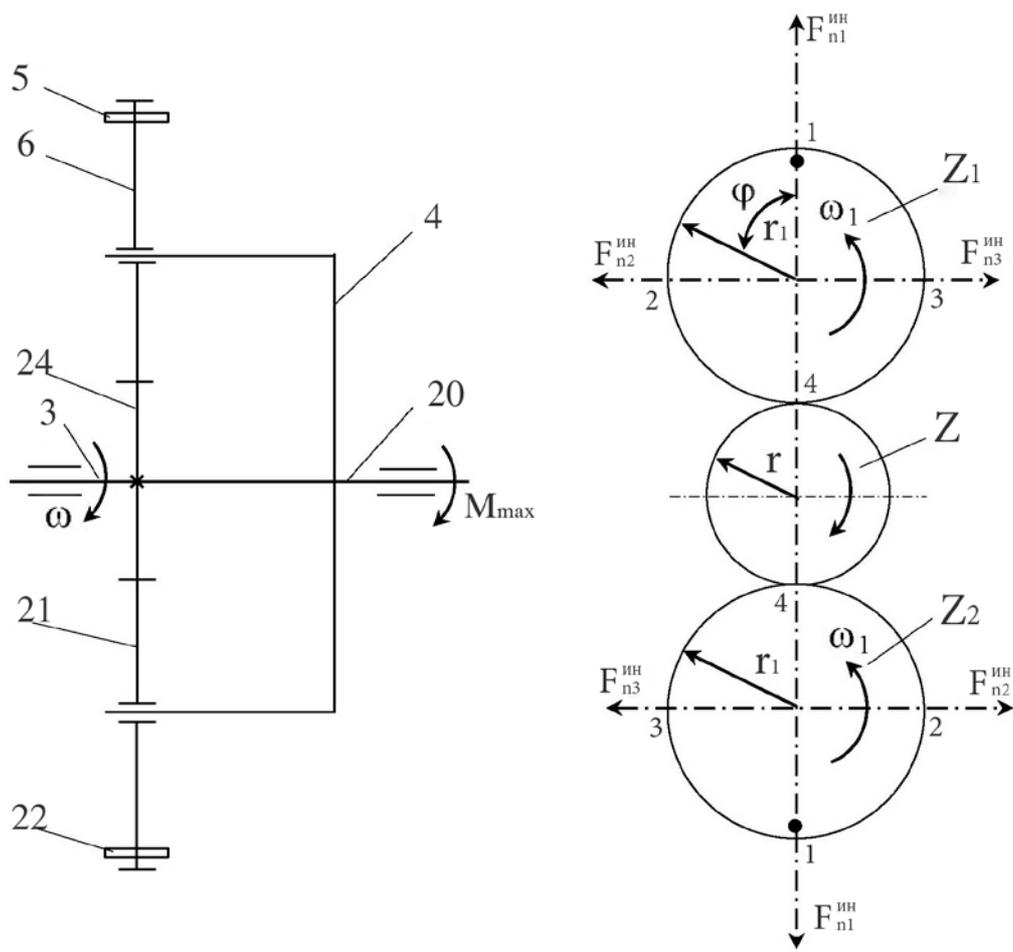


Рисунок 2. принцип работы импульсатора

При вращении шестерни 24 и сателлитов 6 и 21 от неуравновешенных масс и возникают центробежные силы инерции, которые направлены от центров вращения сателлитов.

В проекции на горизонтальные оси появляются моменты импульсов:

$$M = 2F_n^{ин}(r + r_1)\sin\varphi = 2 m\omega_1^2 r_1(r + r_1) \sin \omega_1 t, \quad (1)$$

где $F_n^{ин}$ - центробежная сила инерции;

r - радиус шестерни;

r_1 - радиус сателлита;

φ - угол поворота грузика сателлита;

m - масса грузика;

ω_1 - угловая скорость вращения сателлита;

t - время импульса момента.

При вращении неуравновешенной массы из положения 1 в положение 4 в проекции на горизонтальную ось появляется положительный импульс момента, который сначала возрастает, а затем убывает до нуля. Положительный импульс момента направлен в сторону завинчивания и затяжки резьбового соединения и передается на шпindel завинчивающего устройства. При вращении неуравновешенной массы из положения 4 в положение 1 появляется отрицательный импульс момента, который не передается на шпindel.

Устройство (см. рис. 1) работает следующим образом. При нажатии на курок 25 пускается и начинает вращаться вал двигателя 2, вращение от которого передается шестерне и далее на сателлиты 6, 21 с неуравновешенными массами 4, 22. В импульсаторе 7 при соответствующем положении грузиков формируется положительный момент импульса, под действием которого поворачивается водило и вал 20, жестко связанный с динамической опорой 17 и валом 11 механизма свободного хода 16 храпового типа. В результате затяжки резьбовой детали динамическая опора под действием центробежных сил инерции своими колодками 9, 18 прижимается к корпусу 1 завинчивающего устройства, создавая момент сил трения, уменьшая воздействие реактивного момента на руку рабочего. На валу 11 расположена обойма с подпружиненными собачками 12. При воздействии на обойму положительного импульса собачки 12 поворачивают храповое колесо 13 и момент через шпindel 14, патрон 15 передается на резьбовую деталь, поворачивая ее на некоторый угол.

При воздействии отрицательного импульса момента обойма с собачками поворачивается в противоположную сторону, а подпружиненные собачки проскальзывают по зубьям храпового колеса, не передавая момента. Процесс затяжки резьбового соединения продолжается до тех пор, пока приведенный момент импульса к оси шпинделя не уравновесится моментом сопротивления в резьбовом соединении.

Учитывая, что для обеспечения момента затяжки резьбы диаметром M12 устройства, согласно кинематической схеме рис. 1, должны иметь

неуравновешенные грузики весом не менее 100 г, а частоту вращения сателлитов — порядка 600 об/мин.

Найдем погрешности моментов затяжки шпилек.

Расчеты показали слишком большие значения погрешности моментов затяжки шпилек диаметром 12 мм, что недопустимо.

Поэтому для создания гайковертов для резьб не менее M12 необходимо конструктивно решить следующие задачи:

- повысить момент затяжки резьбовых соединений до 180 Нм;
- уменьшить неуравновешенную массу сателлитов до 15-20 гр.;
- довести частоту вращения сателлитов до 120-150 об/мин;
- контролировать качество затяжки резьбовых соединений не по моменту, а по осевой силе затяжки, этим самым практически исключив погрешности от моментов сопротивления в резьбовом соединении;
- повысить производительность сборки резьбовых соединений, обеспечивая процесс завинчивания, минуя импульсатор;
- ввести в конструкцию систему управления отключения завинчивающее устройств.

Анализ качества сборки резьбовых деталей, точности обеспечения осевой силы или момента затяжки, диапазона диаметров сборки резьбовых соединений показал, что без значительной доработки кинематической схемы одношпиндельного устройства на основе центробежных сил инерции невозможно создать высокоточные и высокопроизводительные гайковерты.

Так для обеспечения требуемого момента затяжки резьбовых соединений диаметром до 12 мм гайковертами на основе кинематической схемы рис. 1 необходимо:

- вес неуравновешенных грузиков сателлитов увеличить до 100 гр.;
- частота вращения сателлитов должна быть не менее 480 об/мин.

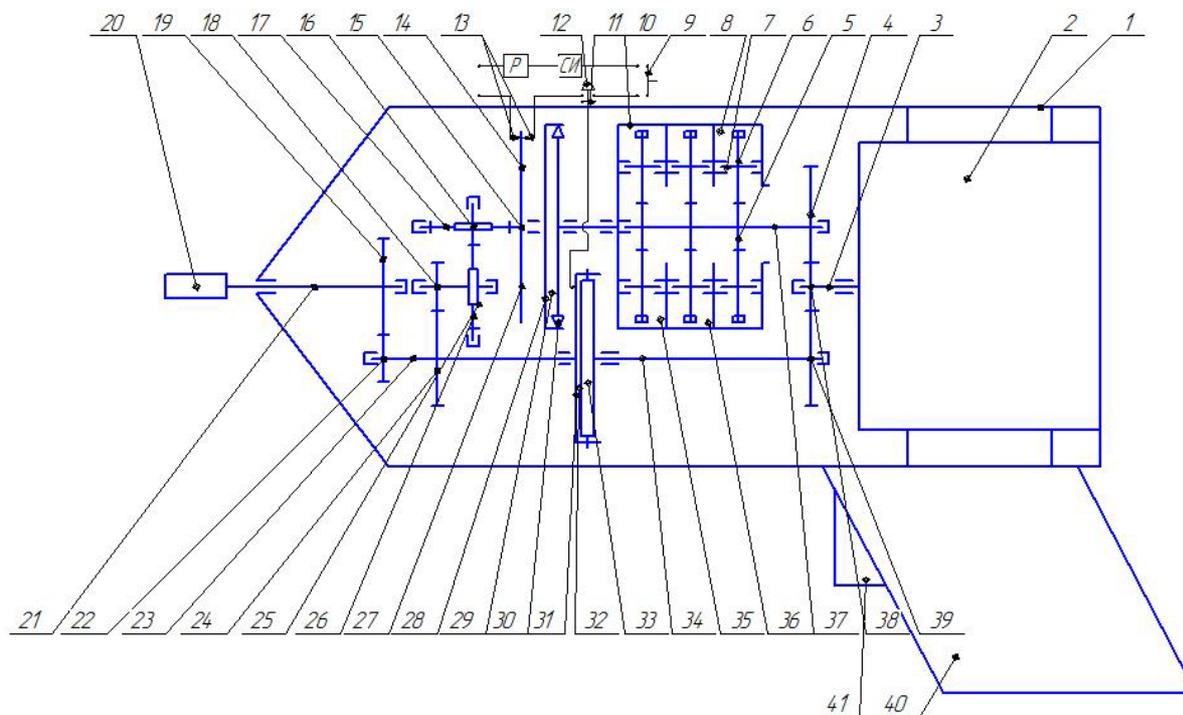
Это приведет к значительному увеличению габаритов гайковерта, его веса, а главное, в таком режиме и при таких параметрах гайковерт не сможет работать длительное время.

Современные средства сборки резьбовых соединений должны обеспечивать высокую производительность, а точность затяжки соединений должна составлять не менее 12% от номинальных значений осевых сил или моментов затяжки.

Для создания высокопроизводительного и высокоточного гайковерта на основе центробежных сил инерции необходимо решить следующие задачи:

- увеличить момент затяжки резьбовых соединений путем введения каскада импульсаторов, что позволяет снизить массы неуравновешенных грузиков сателлитов до 15-20 гр., а частоту вращения сателлитов до 120-150 об/мин, кроме того перед шпинделем установить каскад зубчатых передач;
- повысить производительность сборки путем введения дополнительной кинематической ветви для быстрого завинчивания, и исключить импульсное завинчивание через импульсатор;
- ввести в кинематическую схему механизм автоматического переключения с быстроходной кинематической ветви завинчивания резьбовой детали на тихоходную ветвь затяжки при помощи импульсатора;
- обеспечить контроль затяжки не по моменту, а комбинированным способом: на этапе предварительной затяжки по моменту, а на этапе окончательной затяжки – по углу поворота резьбовой детали, что позволит обеспечить точность затяжки с погрешностью не более 12% от номинального значения;
- ввести механизм автоматического отключения завинчивающего устройства при достижении поворота детали при затяжке на требуемый угол.

Предлагается кинематическая схема одношпиндельного гайковерта на основе центробежных сил инерции, в котором учтены вышеперечисленные требования. (Рисунок 3.)



Где: 1 - корпус; 2 - двигатель; 3-выходной вал двигателя; 4, 5, 9, 18, 19, 22, 23, 37, 38, 39-шестерни; 6-сателлиты; 7, 33, 36-вал; 8, 35, 36-импульсатор; 10-водило; 11-нормально разомкнутые контакты; 14-модуляционный диск; 17, 16 и 25, 24-червячные передачи; 20-патрон; 21-шпиндель; 27-храповое колесо; 28-механизм свободного хода храпового типа; 29-обойма; 30, 32-полумуфта; 31-муфта предельного момента; 40-рукоятка; 41-курок;

Рисунок 3. - Гайковерт на основе центробежных сил инерции

Гайковерт состоит из двигателя 2, совмещенного с редуктором, каскада трех импульсаторов 8, 35, 36 для формирования моментов импульсов, механизма свободного хода 28 храпового типа, модуляционного диска 14 для электромеханической системы отсчета угла затяжки резьбовых соединений, передаточного механизма, состоящего из двух червячных передач 17, 16 и 25, 24 и двух зубчатых передач 18, 23 и 22, 19, шпинделя 21 и патрона (вставки) для удержания резьбовых деталей в процессе сборки соединения.

Кроме того, в гайковерт входят зубчатые передачи 37, 4, 38, муфта предельного момента 31 кулачкового (зубчатого) типа. Механизм гайковерта размещен в корпусе 1, снабженного рукояткой 40 для удержания гайковерта в процессе сборки резьбовых соединений.

Гайковерт работает следующим образом. Резьбовую деталь вручную наживляют. На головку болта (гайки) надевают вставку. Оператор нажимает курок 41. Запускается в работу двигатель 2, совмещенный с редуктором, вращение от вала 3 через шестерню 37 передается по двум кинематическим цепям. От шестерни 37 вращение передается к зубчатому колесу 38, сидящем на валу 33. На втором конце вала 33 расположена поджатая пружиной (условно не показано) ведущая полумуфта 32 муфты предельного момента 31, которая имеет возможность перемещения вдоль оси вала 33 при превышении момента, на который настроена муфта, исключая передачу момента. Ведущая полумуфта 32 зубьями взаимодействует с ведомой полумуфтой 30, которые передают вращение к валу 23 и дальше через зубчатую передачу 22, 19 на шпиндель 21 и через патрон 20 к резьбовой детали. Происходит процесс завинчивания резьбовой детали.

Одновременно от шестерни 37 вращение через зубчатое колесо 4 передается на центральный вал 36 каскада импульсаторов 8, 34, 35. Центральные шестерни 5 передают вращение сателлитам 6, снабженным неуравновешенными грузиками. Импульсаторы формируют моменты импульсов, которые в определенном положении поворачивающихся грузиков формируют положительные и отрицательные импульсы моментов, которые водилом 10 передаются на обойму 29 с подпружиненными собачками (условно не показано) механизма свободного хода 28. Положительные импульсы собачки могут передать зубьям храпового колеса 27. Но учитывая, что вращение от кинематической цепи процесса завинчивания через зубчатую пару 23, 18 и червячные передачи 25, 24 и 17, 16 передается на вал храпового колеса 27, что обеспечивает большую скорость вращения

храпового колеса, чем скорость вращения обоймы с собачками, поэтому положительный импульс момента не передается.

Как только начинается затяжка резьбового соединения и момент на шпинделе достигает момента предварительной затяжки соединения, на который настроена муфта предельного момента 31, произойдет ее срабатывание, то есть проскальзывание зубьев полумуфт 32 и 30. Прекратится вращение оси 23, а следовательно и зубчатой передачи 23, 18 и червячных передач 25, 24 и 17, 16 и храпового колеса 27, собачки обоймы 29 механизма свободного хода при положительном моменте импульса войдут во взаимодействие с зубьями храпового колеса 27 и передадут вращение через червячные передачи 25, 24 и 17, 16, а так же через зубчатые передачи 18, 23 и 22, 9 на шпиндель 21 к патрону 20 и резьбовой детали. При отрицательном моменте импульса обойма с собачками 29 повернется в противоположном направлении, а подпружиненные собачки проскользнут по зубьям храпового колеса, не передавая ему момент импульса. Начнется процесс окончательной затяжки резьбового соединения.

Как только произойдет первое проскальзывание зубьев полумуфт 32, 30 муфты предельного момента 31, произойдет замыкание нормально разомкнутых контактов 11 и будет подано напряжение в электрическую цепь электромеханической системы отсчета угла поворота резьбовой детали в процессе окончательной затяжки. Учитывая, что на изолированном модуляционном диске 14 по периметру через каждый градус расположены токопроводящие штырьки, то при повороте храпового колеса поворачивается модуляционный диск 14, и при каждом замыкании контактов счетчик импульсов будет фиксировать и отсчитывать сигналы. При достижении требуемого количества сигналов, соответствующих требуемому углу затяжки резьбового соединения, срабатывает реле, отключая электрическое питание двигателя 2.

Процесс затяжки резьбового соединения завершен.

Библиографический список.

1. **А.с. 891418 СССР, МКИ³.** Гайковерт инерционный [Текст] / А.Л. Колесников, и др. (СССР). - Оpubл. 14.07.82, Бюл. № 19.
2. **Пат. RU156798 РФ, U1, МПК В25В 21/00.** Инерционный шпильковерт [Текст] / Житников Ю. З., Житников Б. Ю., Можегова Ю. Н., Блинов С.В. ; заявитель и патентообладатель Ковровская государственная технологическая академия. – № 20105118503/02 ; заявл. 18.05.2015 ; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32.
3. **Пат. 160603 РФ, U1, МПК В25В 21/00.** Инерционный гайковерт [Текст] / Житников Ю. З., Житников Б. Ю., Можегова Ю. Н.; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9.
4. **Житников, Ю.З.** Инерционный гайковерт [Текст] / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, Ю.Н. Матросова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2013. - №10.
5. **Житников, Ю.З.** Одношпindelный шпильковерт на основе центробежных сил инерции с контролем затяжки по моменту [Текст] / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, С.В. Блинов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2016. - №10.
6. **Колесников, В.Р.** Разработка инерционных автоматических гайковертов с динамической опорой [Текст] / В.Р. Колесников. - Челябинск, 1981.
7. **Воркуев, Д.С.** Разработка семейства высокоточных многошпindelных гайковертов нового класса на основе одного привода [Текст]: монография / Д.С. Воркуев, Ю.З. Житников; под общ. ред. Ю.З. Житникова. – М.: Машиностроение, 2009. – 204 с.
8. **Житников, Ю.З.** Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, А.Г. Схиртладзе, А.Л. Симаков, Д.С. Воркуев; под общ. ред. Ю.З. Житникова. - Ковров: КГТА, 2008. - 616 с.