

А. І. Кулинич, І. О., Ніщенко*

самозайнятий, м. Київ,

*Львівський національний аграрний університет,
кафедра фізики та інженерної механіки

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДАВАЧА МАГАЗИНА ДЛЯ ГАЙОК

© Кулинич А. І., Ніщенко І. О., 2015

Розглянуто загальне функціонування магазину для гайок, який механізовано подає гайки в головку різьгавинчувального пристрою і їх забирання з головки під час складання і розбирання різьових з'єднань машин. Магазин оснащений давачем сигналу про подавання гайок у головку, який містить торове еластичне кільце. Давач періодично пересувається разом з подаваними гайками, за рахунок їх охоплення по шестиграннику внутрішнім деформованим отвором тора кільця, під час подавання у нього стисненого повітря. Подано обґрунтування залежності розміру цього отвору від тиску повітря і механічних властивостей матеріалу кільця.

Ключові слова: магазин, гайка, давач, тор, еластичне кільце, стиснене повітря.

The article deals with the general functioning of magazine for nuts, which provides the mechanized feeding of nuts into the head of the thread and screwed up device and their removal from the head during assembly and disassembly of threaded connections of machines. The magazine is equipped with the signaling sensor of feed of nuts into the head, which contains the torus elastic ring. The sensor moves periodically together with the supplied nuts, due to their coverage on a hexagon by the internal deformed opening of the torus ring, when feeding the compressed air into it. Justification of dependence of the size of this opening on air pressure and mechanical properties of material of the ring is given.

Key words: magazine, nut, sensor, torus, elastic ring, compressed air.

Постановка проблеми. Для підвищення надійності і продуктивності виконання різьскладальних операцій під час виготовлення і ремонту машин застосовують різні механізовані і автоматизовані засоби. Наприклад, ручні пневматичні і електричні гайкокрути, пневматичні і електричні різьгавинчувальні головки, торцеві головки для захоплення гайок і шайб, пристрої для подавання гайок у головки гайкокрутів, гайкокрути з магазинами для гайок тощо.

Для подавання гайок у головки і їх забирання з головок слугує магазин для гайок [8], оснащений давачем, який подає сигнали про виконання цих операцій. Це нова розробка і обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів такого давача в літературних джерелах відсутнє.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час розбирання і складання різьових з'єднань механізованими і автоматизованими засобами важливе значення мають способи і пристрої для подавання гайок у торцеві головки гайкокрутів і їх виймання з головок. Для цього використовують спеціальні касети [1, 2], гайкокрути з вбудованими магазинами для гайок [1, 3], гайкокрути з автоматичним подаванням гайок [4, 5], торцеві головки з захопленням шайб [6, 7], магазини для подавання гайок у торцеві головки і забирання з головок [8].

З наведених пристроїв торцеві головки [6, 7] можна використовувати в парі з ручними воротками або в різних гайкокрутах у комплекті з магазином для гайок [8].

На рис. 1 показано фрагмент конструкції магазину для гайок [8] в комплекті з торцевою головкою [6], якою можна захоплювати і утримувати гайки і гайки з шайбами.

Магазин для гайок [8] має два режими роботи з гайками: виймання гайок з головки і їх складування після відгвинчування і подавання гайок в головки для наступного загвинчування. Щоб забезпечити потрібні режими роботи і їх послідовність магазин для гайок оснащений системою керування, виконаною на основі елементів пневмоелектроавтоматики. Магазин можна завантажувати гайками вручну або механізованими засобами. Він придатний і для гайок з шайбами, якщо торцева головка здатна утримувати гайки з шайбами. Гайки 1 базуються різевими отворами на штоку 2, на якому розташований поршень 3 пневмоциліндра 4.

Для завантаження гайки в торцеву головку 5 її вставляють у конічний отвір втулки 6 і натискають нею на підпружинену в осьовому напрямі шайбу 7, розташовану з деяким осьовим проміжком у розточці втулки 6. Шайба 7 має два виступи 8, що можуть взаємодіяти з мікроперемикачами 9, які по чергово окремим перемикачем можна під'єднувати на режим подавання або забирання гайок у головку або з головки. Один з цих мікроперемикачів вмикає електропневмоклапан (на рис. 1 не зображений), котрий подає стиснене повітря під поршень 3, який рухається догори і піднімає стовпчик гайок 1. Одночасно стиснене повітря по гнучкому повітропроводу 10 подається у торове еластичне кільце давача 11 (рис. 2), яке розширюється, його внутрішній діаметр зменшується, охоплює і затискає гайку по шестиграннику. За рахунок цього давач 11 рухається догори разом зі стовпчиком гайок 1. Коли верхня гайка стовпчика гайок 1 зайде у гніздо торцевої головки 5, виступ 12 давача 11 натискає на кнопку мікроперемикача 13 і лампочка 14 подає світловий сигнал про завантаження гайки в головку. Таке положення деталей магазину зображено на рис. 1. Замість світлового можна влаштувати звуковий сигнал. Для автоматизованого процесу складання різевих з'єднань це можна використати як команду для механізованого подавання гайкокрута на позицію загвинчування.

Після відведення головки підпружинена шайба 7 підніметься догори і вимкне мікроперемикач 9. Подавати стиснене повітря під поршень 3 і в давач 11 припиняють, еластичне кільце стискається, його внутрішній діаметр збільшується і звільняє від затискання шестигранник гайки. Під дією пружин 15 давач 11 опуститься донизу і його еластичне кільце розташується навпроти наступної згори гайки стовпчика 1.

Далі цикл повторюється аж поки поршень 3 не подасть у головку 5 останню гайку. При цьому його торець 16 упреться у стопорне кільце 17 і важелем 18 через мікроперемикач 19 замкне коло живлення сигнальної лампи 20, про видавання усіх гайок з магазину.

Після відгвинчування гайки вона утримується в торцевій головці 5 кульками 21, які підтискаються пелюстками цанги 22, котра жорстко з'єднана з головкою 5. Для забирання гайки необхідно переключити магазин на відповідний режим, вставити торцеву головку 5 в конічний отвір втулки 6 і натиснути нею на підпружинену шайбу 7. Гайка різевим отвором надівається на цангу 23 штока 2 і інший перемикач 9 вмикає електропневмоклапан (на рис. 1 не зображений) подавання стисненого повітря у пневмопривід штока 23 з конусом 25. Останній опускається донизу, розтискає пелюстки цанги 23 і затискає гайку за різевий отвір. Під час піднімання догори торцевої головки 5, гайка затиснена за різевий отвір цангою 24, залишається на ній. Після цього електропневмоклапан припиняє подавати стиснене повітря у пневмопривід штока 23, який пружиною піднімається догори і конус 25 звільняє пелюстки цанги 24 від розтискання. Гайка звільняється від затискання під дією наступної гайки торцевої головки 5, опускається донизу і штовхає поршень 3 також донизу. Цикл повторюватиметься поки гайки не заповнять весь магазин.

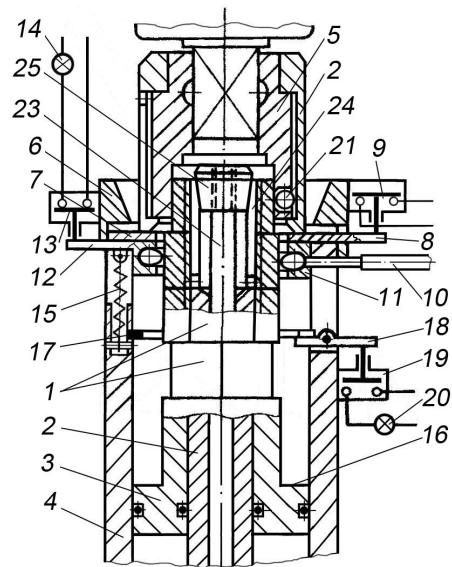


Рис. 1. Робоча частина магазину для гайок

Формулювання цілі статті. Давач магазину для гайок (рис. 2) складається з жорсткого корпусу 1 і торового еластичного, наприклад гумового, кільця 2, яке в мініатюрі нагадує пневмокамеру колеса автомобіля. Через штуцер 3 в кільце 1 можна подавати стиснене повітря з певним тиском p . Зовнішнім діаметром D_2 корпус 1 давач рухомо базується у пневмоциліндрі 4 магазину для гайок (рис. 1). Внутрішній отвір тора кільця 2 діаметром D_0 призначений для проходження через нього гайок або гайок з шайбами. Основним технологічним параметром давача магазину для гайок є значення діаметра D_1 внутрішнього отвору тора кільця 2, який утворюється за

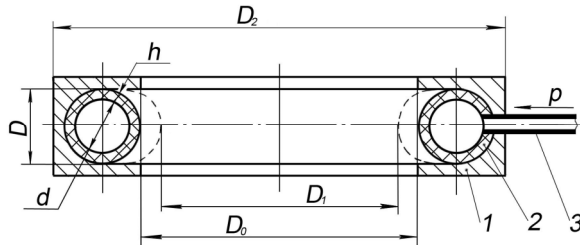


Рис. 2. Давач магазину для гайок

рахунок його деформації під дією стисненого повітря. На рис. 2 деформована частина кільця 2 зображена штриховою лінією. Цей отвір охоплює і затискає гайки по шестиграннику. За рахунок цього кільце 2 і корпус 1 давача рухаються разом зі стовпчиком (рис. 1) гайок 1, виступ 12 давача 11 взаємодіє з мікроперемикачем 13, який вмикає сигнал про подавання гайки в торцеву головку.

Завданням нашого дослідження є теоретичне обґрунтування значення внутрішнього діаметра D_1 тора еластичного кільця 2 після деформації під дією стисненого повітря. Це значення залежить від матеріалу кільця 2, початкового розміру діаметра D_0 внутрішнього отвору тора, поперечного перерізу кільця 2 і тиску повітря p , яке в нього надходить.

Виклад основного матеріалу. Для виконання необхідних теоретичних обґрунтувань деформації еластичного кільця давача магазину для гайок скористаємося розрахунковою схемою, поданою на рис. 3. Під тиском повітря p , яке подається у кільце 2 через штуцер 3, воно деформуватиметься тільки у внутрішньому напрямі до його осі, бо зовнішньою боковою стороною опирається на закруглену виточку корпусу 1. Переміщення точок гумового кільця у циліндричній системі координат шукаємо у вигляді (9)

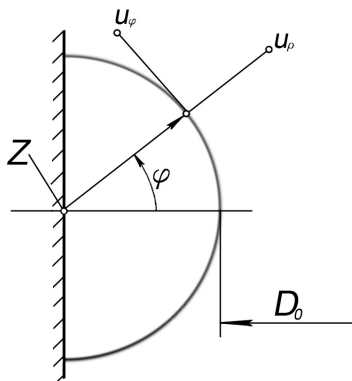


Рис. 3. Розрахункова схема кільця давача магазину для гайок

$$u_\varphi = \frac{ar}{2} \sin 2\varphi, \quad u_\rho = \frac{ar}{2} \sin 2\varphi, \quad u_z = 0, \quad (1)$$

де u_φ – кутові переміщення точок кільця; u_ρ – радіальні переміщення точок кільця; u_z – переміщення точок кільця по осі Z ; a – коефіцієнт пропорційності; r – середній радіус поперечного перерізу стінки кільця, $r = \frac{D+d}{4}$; b – коефіцієнт, що визначається з

умови мінімуму повної енергії кільця.

Тоді лінійні деформації в напрямку координатних осей будуть такими:

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{\partial u_\rho}{\partial \rho} = 0; \\ \varepsilon_\varphi &= \frac{\partial u_\varphi}{r \partial \varphi} + \frac{u_\rho}{r} = a \cos 2\varphi + b(1 + \cos 2\varphi); \\ \varepsilon_z &= \frac{-2rb(1 + \cos 2\varphi) \cos \varphi}{(D_0 + 2r - 2r \cos \varphi)} = -\frac{b(1 + \cos 2\varphi) \cos \varphi}{\eta + 1 - \cos \varphi}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\eta = \frac{D_0}{2r}$.

При $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$, $\varepsilon_\varphi = -a$, $z = 0$, $\sigma_\varphi = \frac{pd}{2h}$, де σ_φ – нормальні напруження в кільцевому напрямку;
 d – внутрішній діаметр кільця; h – товщина стінки кільця; p – тиск повітря.
 З іншого боку, за законом Гука (9)

$$\sigma_\varphi = \frac{E}{(1-\nu^2)(\varepsilon_\varphi + \nu\varepsilon_z)}, \quad (3)$$

де E – модуль Юнга гуми; ν – коефіцієнт Пуассона гуми.

Звідси знаходимо значення коефіцієнта a

$$a = -\frac{pd(1-\nu^2)}{2hE}. \quad (4)$$

Запишемо вираз для потенціальної енергії, яка нагромаджується в гумі під час деформації,

$$\Pi = \frac{1}{2} \frac{E}{1-\nu^2} \iiint_V (\varepsilon_\varphi^2 + \varepsilon_z^2 + 2\nu\varepsilon_\varphi\varepsilon_z) dV. \quad (5)$$

Надалі, доданком ε_z^2 нехтуємо, тому що він значно менший, ніж два інші.

Враховуючи, що

$$dV = \pi h 2r^2 (\eta + 1 - \cos \varphi) d\varphi$$

і вирази для ε_φ і ε_z , формула (5) матиме вигляд

$$\Pi = \frac{\pi E h r^2}{1-\nu^2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [((a \cos 2\varphi + b(1 + \cos 2\varphi))^2 - 2\nu \frac{a \cos 2\varphi + b(1 + \cos 2\varphi)b(1 + \cos 2\varphi) \cos \varphi}{\eta + 1 - \cos \varphi}) (\eta + 1 - \cos \varphi) d\varphi. \quad (6)$$

Роботу зовнішніх сил (тиск p) обчислюємо за формулою (9)

$$A = \pi p r^3 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} b(\eta + 1 - \cos \varphi)(1 + \cos 2\varphi) d\varphi = \pi p r^3 b \left((\eta + 1)\pi - \frac{8}{3} \right). \quad (7)$$

Тоді повна енергія системи

$$U = \Pi - A.$$

Згідно з варіаційним принципом прийняті переміщення повинні забезпечити мінімум повної енергії, тобто

$$\frac{\partial U}{\partial b} = 0. \quad (8)$$

У розгорнутому вигляді умова (8) набирає вигляду:

$$\begin{aligned} & \frac{\pi E h r^2}{1-\nu^2} \left[\int_{-\pi/2}^{\pi/2} (a \cos 2\varphi + b(1 + \cos 2\varphi))(1 + \cos 2\varphi)(\eta + 1 - \cos \varphi) d\varphi - \right. \\ & \left. - 2\nu \int_{-\pi/2}^{\pi/2} (a \cos 2\varphi + 2b(1 + \cos 2\varphi))(1 + \cos 2\varphi) \cos \varphi d\varphi \right] = \pi p r^3 \left((\eta + 1)\pi - \frac{8}{3} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Після обчислення інтегралів одержимо

$$a \left((\eta + 1) \frac{\pi}{2} - (1 + \nu) \frac{8}{5} \right) + b \left((\eta + 1) \frac{3\pi}{2} - (1 + 2\nu) \frac{64}{15} \right) = \frac{p r (1 - \nu^2)}{2 E h} \left((\eta + 1) \pi - \frac{8}{3} \right). \quad (10)$$

Звідси знаходимо значення b

$$b = \frac{p d (1 - \nu^2) \left((\eta + 1) 15\pi - 20 - 32(1 + \nu) \right)}{E h \left((\eta + 1) 45\pi - (1 + 2\nu) 128 \right)}. \quad (11)$$

Тоді $D_1 = D_0 - 2bd$.

Висновки. Наведено і розглянуто робочу частину магазину для гайок і його загальне функціонування, який призначений для механізованого подавання гайок у головку гайкокрута перед нагвинчуванням і їх забирання з головки і складування після відгвинчування. Проаналізовано роботу давача сигналу магазину про подавання гайок у головку гайкокрута, який містить торове еластичне трубчасте кільце. Розроблено математичну модель залежності значення діаметра внутрішнього деформованого отвору тора еластичного трубчастого кільця давача, що охоплює і затискає гайки по шестиграннику. Це значення залежить від його матеріалу, початкових розмірів отвору тора, поперечного перерізу кільця і тиску повітря, яке в нього надходить. Математичну модель можна використати під час проектування магазину для гайок, щоб розрахувати розміри давача для конкретних розмірів гайок.

1. Чухрай В. Механізація складання різьбови х з'єднань / В. Чухрай, І. Кулинич // Вісник Львівського державного аграрного університету: "Агроінженерні дослідження". – Львів: Львів. держ. агроуніверситет, 2000. – № 4. – С. 200–207. 2. Кулинич І. Я. Технологічно-адаптивне забезпечення складання різьбових з'єднань машин: дис. ... канд. техн. наук. : 05.02.08 / І. Я. Кулинич ; Львівський нац. агр. ун-т. – Д., 2005. – 187 с. 3. А. с. 925622 СССР, МПК В25В 23/06. Гайковерт / Ю. И. Якубовский (СССР). – № 2653890/25–28; заявл. 08.08.78; Опубл. 07.05.82, Бюл. № 17. 4. Кулинич І. Я. Пат. 29891А Україна, МПК В23Р 19/06. Автоматичний гайковерт / І. Я. Кулинич., Б. Т. Хлестун; Заявник і патентовласник: Кулинич Іван Якович, заявл. 07.10.97; опубл. 15.11.2000, Бюл. № 6-II. 5. Пат. 52–37239 Японія, МПК В25В 23/04. Різьбогазвинчувальна пневматична машина з автоматичною подачею гайок / Муракадо Хіросі, Каванабе Осаму (Японія); Nut clamping device [Нітто сейко к.к.]. – № 49–117504; заявл. 12.10.74; опубл. 21.09.77. 6. Кулинич І. Я. Пат. 20194U Україна, МПК(2006) В23Р 19/06, В25В 21/00. Головка гайковерта / І. Я. Кулинич, А. І. Кулинич, І. В. Паньків.; Заявник і патентовласник: Львівський держ. аграр. ун-т; заявл. 10.07.2006; опубл. 15.01.07, Бюл. №1. 7. Кулинич А. І. Пат. 104256 С2 Україна, МПК (2013.01), В23Р 19/06 (2006.01), В23В 21/00, В25В 23/00, В25В 13/00, В25В 13/00. Головка для кріпильних виробів з захопленням шайби / А. І. Кулинич, І. Я. Кулинич; Заявники і патентовласники: Кулинич І. Я.; заявл. 19.02.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. 8. Кулинич А. І. Пат. 104535 С2 Україна, МПК (2014.01), В25В 23/00, В23Р 19/00. Магазин для гайок / А. І. Кулинич, І. Я. Кулинич ; Заявники і патентовласники: Кулинич А. І., Кулинич І. Я.; заявл. 02.01.2013; Опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3. 9. Писаренко Г. С. Опір матеріалів. Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; за ред. Г. С. Писаренко. – 2-ге вид., доп. і перероб. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.