

**SECTION 2. APPLIED MECHANICS**DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-414-6-2>**DESIGNING UNIFORMLY LOADED THREADED CONNECTIONS****ПРОЕКТУВАННЯ РІВНОНАВАНТАЖЕНИХ  
РІЗЕВИХ З'ЄДНАНЬ****Pylypets M. I.**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor at the Engineering  
Department of Machine-building  
Technologies  
Ternopil Ivan Puluj National Technical  
University  
Ternopil, Ukraine*

**Пилипець М. І.**

*доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри інжинірингу  
машинобудівних технологій  
Тернопільський національний  
технічний університет  
імені Івана Пулюя  
м. Тернопіль, Україна*

**Pylypets O. M.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor  
Associate Professor at the Department  
of Food Technology Equipment  
Ternopil Ivan Puluj National Technical  
University  
Ternopil, Ukraine*

**Пилипець О. М.**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри обладнання харчових  
технологій  
Тернопільський національний  
технічний університет  
імені Івана Пулюя  
м. Тернопіль, Україна*

**Pankiv V. R.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of Engineering of Machine-building  
Technologies  
Ternopil Ivan Puluj National Technical  
University  
Ternopil, Ukraine*

**Паньків В. Р.**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри інжинірингу  
машинобудівних технологій  
Тернопільський національний  
технічний університет  
імені Івана Пулюя  
м. Тернопіль, Україна*

Надійність та інші експлуатаційні якості різевих спряжень визначаються правильним вибором геометрії, допусків різі та точністю їх виготовлення, тому для призначення допусків на різь беруть до уваги взаємозв'язок параметрів різі та їх відхилень [1].

Характер розподілу навантаження між витками різі є однією з оцінок досконалості динамічно навантажених різевих з'єднань. У з'єднанні типу болт-гайка максимально навантаженим буде згідно з проведеними розрахунками, тільки нижній виток, що підтверджено експериментальними даними. Перший виток метричної різі М24 сприймає 33,1% навантаження, другий виток – 23,3%, третій – 15,8%, четвертий – 12,7% [1].

Для різі кроком  $S = 2$  мм стандартної гайки М24 з висотою  $h = 19$  мм кількість витків

$$n = h/S = 19/2 = 9,5. \quad (1)$$

З них перші чотири сприймають майже 85% навантаження, а на решту припадає тільки 15%. Це призводить до можливого руйнування перших витків, недовантаження останніх і, як наслідок, зменшення міцності всього різбового з'єднання. Якщо припустити, що тіло болта та гайки абсолютно жорстке у відношенні розтягу й стиску, а різь виготовлена ідеально точно, то навантаження буде рівномірно розподілене між витками. Реально через похибки виготовлення різі та деформації спряжуваних деталей дуже важко досягнути рівномірного розподілу навантаження між витками [1].

У випадку великих навантажень (особливо, коли навантаження близьке до руйнівного) пластичні деформації вирівнюють навантаження між витками, змінюючи і зміщуючи їх в осьовому напрямку. Тоді зникають зазори між контактними поверхнями витків спряжуваних деталей, витки сприймають частину навантаження, яке раніше передавалось іншим витком.

У закордонній практиці [2] широко використовуються з'єднання, в яких крок різі гайки дещо відрізняється від кроку різі болта. Як свідчать результати проведених розрахунків, збільшення кроку різі гайки порівняно з кроком різі болта розвантажує нижні витки та підвищує навантаження на верхні витки. Це пояснюється тим, що в процесі роботи крок різі гайки внаслідок стискування зменшується, а крок різі болта збільшується, тому деяке попереднє збільшення кроку різі гайки позитивно впливає на розподіл навантаження.

Аналогічний результат буде у випадку, коли крок різі гайки має номінальний розмір, а крок різі болта менше номінального.

Для запобігання руйнуванню перших витків і раціонального використання останніх важливою задачею у проектуванні є вирівнювання навантаження на всіх витках різі.

Позитивною може бути конструкція гайок з навивної заготовки, які мають можливість одразу з нагвинчуванням змінювати крок різі між окремими витками відповідно до кроку різі спряжуваних витків болта,

чим досягається повніша площа контакту, а значить, рівномірніше розподілене навантаження.

Для запропонованих конструкцій деталей заготовкою служить стрічка товщиною  $h=0,5...4$  мм необхідної ширини  $B_0$ , що навивається на оправу необхідного діаметра  $d_0$  (ширина стрічки й діаметр оправы залежать від типорозміру деталі). Внутрішній діаметр заготовки  $d$  буде дорівнювати  $d_0$ , а зовнішній

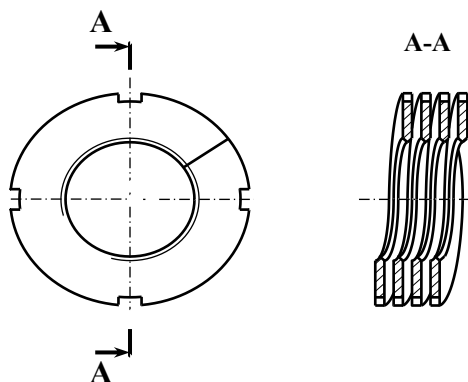
$$D=d+2B \quad (2)$$

Навивання стрічки на оправу проводять за методикою і з допомогою оснащення наведеного у [3].

Для товщини стрічки  $h$  і кількості витків  $n$  висота заготовки

$$H = h \cdot n, \quad (3)$$

$n$  – кількість витків.

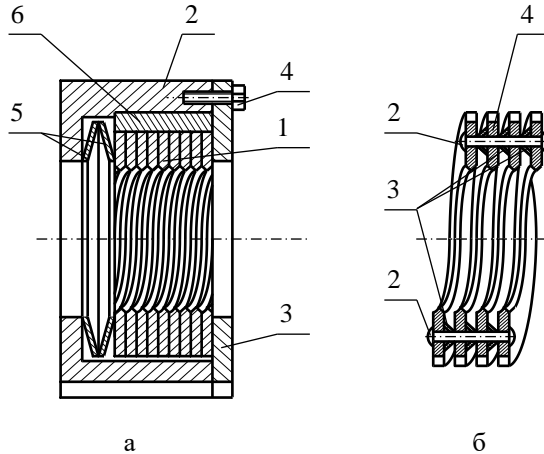


**Рис. 1. Конструкція найпростішої гайки**

Зігнуті під час навивання кінці спіралі відрізають.

Після операцій механічного оброблення отримують конструкцію гайки, зображену на рис. 1. Вона являє собою спіраль, в якій на внутрішньому діаметрі за довжиною стрічки нарізано виток з кутом, який відповідає куту профілю різи. Подану конструкцію можна використовувати як просту гайку з навивної заготовки.

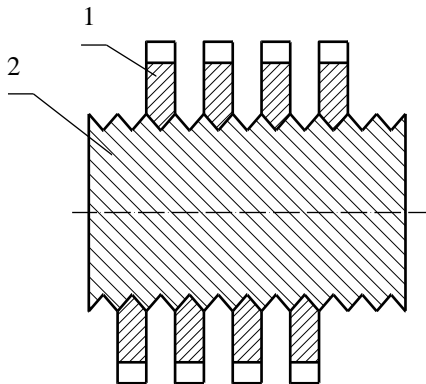
На рис. 2, а) показана конструкція спеціальної гайки, в якій проста гайка 1 з навивної заготовки розміщена в корпусі 2, притискується з одного боку кришкою 3, з'єднаною з корпусом болтами 4, а з іншого підпружинена двома тарілчастими пружинами 5. Непровертання гайки в корпусі забезпечується за допомогою шпонки 6.



**Рис. 2. Варіанти конструкцій спеціальних гайок**

Рациональною також є конструкція, в якій витки спіралі 1 стиснуті за допомогою заклепок 2. Їх кількість може бути 2,3 або 4. В межах однієї заклепки між кожним витком можна встановлювати пружні елементи 3 для зміни висоти гайки та саморегулювання кроку різі (рис. 2.б).

Крім цього, розглянута конструкція гайки дає можливість утворювати різеве з'єднання, коли за рівності всіх параметрів різі, болт і гайка відрізняються тільки кроком (рис. 3).



**Рис. 3. Конструкція гайки з навивної заготовки**

Крім запропонованих конструкцій гайок можна сконструювати багато інших видів спеціальних гайок, в яких основним елементом буде навивна заготовка. Усі вони повинні відповідати технічним вимогам, надійності й взаємозамінності.

Недоліком гайок з навивних заготовок можна вважати зменшення міцності і жорсткості різевого з'єднання при дії на нього зовнішніх сил. Причиною цього є можливість самовільного розгвинчування окремих витків під дією сил пружності навивної спіралі гайки в осьовому напрямку [4]. Зменшується кількість робочих витків, а значить, корисна довжина нагвинчування. Для запобігання цьому можна використовувати конструкцію гайки із контрольованою зміною кроку (див. рис. 2), або застосовувати різі з малим кроком.

Переваги запропонованого технологічного процесу виготовлення спеціальних гайок із навивних заготовок порівняно з відомими технологічними процесами такі: а) мінімальний відхід металу в остружки; б) простота заготовки (стрічка замість виливків, кованок і т.д.); в) всі операції проводяться на 1–2-х універсальних верстатах; г) можливість виготовлення гайок будь-яких зовнішнього та внутрішнього діаметра (крім дрібних) і розміру різі; д) можливість використання в механізмах з різною мінімальною швидкістю переміщення.

Запропоновані конструкції спеціальних гайок, виготовлених з навивних заготовок, мають свої переваги як у виготовленні (можна виготовляти в умовах всіх типів виробництва), так і у роботі (враховуючи специфіку роботи механізмів і машин, де вони застосовуються).

### Література:

1. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Ч. 2 [Текст] : навч. посібн. / Ю. І. Адаменко, О. М. Герасимчук, С. В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 188 с.
2. Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Mele, M., Olmi, G., Scapocchi, C., Tariq, M.H.B. Failure of Threaded Connections: A Literature Review. *Machines* 2023, 11, 212. <https://doi.org/10.3390/machines11020212>
3. Пилипець М. І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин : дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08. Львів, 2002. 445 с.
4. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / [за ред. О. В. Горика (д. т. н., проф., засл. прац. нар. освіти України)]. Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.