



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116950** (13) **C2**  
(51) МПК (2018.01)  
**B21H 3/04** (2006.01)  
**B21H 5/00**  
**B23G 7/02** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: <b>а 2016 13592</b>	(72) Винахідник(и): <b>Рогаль Олександр Васильович (UA), Бурда Мирослав Йосипович (UA), Роп'як Любомир Ярославович (UA), Тарас Ірина Павлівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>29.12.2016</b>	(73) Власник(и): <b>ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.05.2018</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1058699 A1, 07.12.1983 SU 1516206 A1, 23.10.1989 RU2371273 C1, 27.10.2009 RU 2254196 C1, 20.06.2005 RU 2036045 C1, 27.05.1995 US 6988388 B2, 24.01.2006 US 6684674 B2, 03.02.2004
(41) Публікація відомостей про заяву: <b>12.06.2017, Бюл.№ 11</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.05.2018, Бюл.№ 10</b>	

## (54) ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФРИКЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ КОНІЧНИХ ЗАМКОВИХ РІЗЬБ

### (57) Реферат:

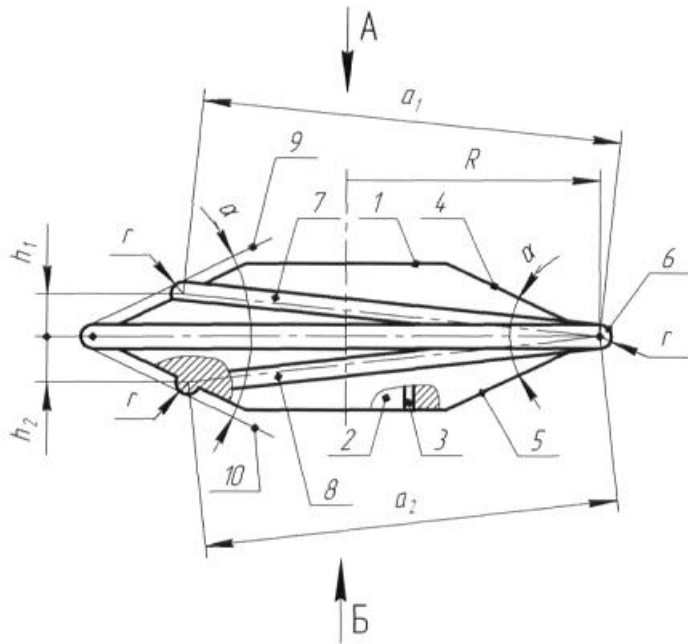
Об'єкт винаходу: інструмент для фрикційного зміцнення конічних замкових різьб. Галузь застосування: технології зміцнення поверхонь конічних замкових різьб елементів бурильних колон із сталі та алюмінієвих сплавів. Суть винаходу: інструмент виконаний у вигляді диска із двома конічними боковими поверхнями, які утворюють кут профілю, рівний куту профілю різьби, та з трьома деформуючими елементами з радіусом заокруглення поперечного перерізу, рівним радіусу заокруглення западини різьби, один із яких периферійний - має форму тора, а два інші - бокові мають форму кільцевих еліпсоподібних поверхонь, спряжених із периферійним тороподібним деформуючим елементом. Початок радіуса заокруглення поперечного перетину бокових деформуючих елементів знаходиться на лінії еліпса, розташованого на відповідній боковій конічній поверхні диска. Довжину великої і малої осей еліпсів визначають із співвідношень:

$$a_i = 2\sqrt{R\left(R - h_i \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)}; b_i = \sqrt{h_i^2\left(1 + \operatorname{ctg}^2 \frac{\alpha}{2}\right) + 4R\left(R - h_i \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)},$$

де  $R$  - радіус периферійного тороподібного деформуючого елемента диска, мм;  $\alpha$  - кут профілю конічної замкової різьби, град;  $h_i$  - відстань від бісектриси кута профілю інструмента до точки перетину відповідної великої осі еліпса із конічною боковою поверхнею диска ( $i=1$  для  $h_1$ , розташованої з боку меншої сторони профілю, а  $i=2$  для  $h_2$ , розташованої з боку більшої сторони профілю конічної замкової різьби), мм. При цьому величину  $h_i$  визначають із співвідношення

UA 116950 C2

$$h_i = \frac{P}{2} \left( 1 \pm \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) - r \cos \frac{\alpha}{2},$$
 де  $P$  - крок конічної замкової різьби, мм;  $\varphi$  - кут ухилу конічної замкової різьби, град;  $r$  - радіус заокруглення западини конічної замкової різьби, мм, при цьому знак "мінус" приймають для розрахунку  $h_1$ , розташованої з боку меншої сторони профілю, а знак "плюс" - для  $h_2$ , розташованої з боку більшої сторони профілю конічної замкової різьби відповідно. Технічний результат: зменшується шорсткість поверхні зміцненої різьби та забезпечується надійна герметизація різьбових з'єднань елементів бурильних труб.



Фіг. 1

Винахід належить до зміцнюючих технологій, а саме до конструкцій інструментів для зміцнення робочих поверхонь конічних замкових різьб елементів бурильних колон із сталі та алюмінієвих сплавів.

Відомий інструмент для зміцнення складних поверхонь деталей, який виконаний у вигляді диска, на периферії якого розміщені деформуючі елементи - тіла кочення, наприклад - кульки, закріплені у криволінійних канавках, виконаних на відповідних поверхнях диска [А.с. СССР № 1058699, В 21 Н 5/00. Інструмент для упрочнення впадин зубчастих колес [Текст] / О.В. Берестнев, В.Л. Басинюк, Н.Н. Ишин, П.А. Чепа (СССР). - № 3490951 / 25-27; заявл. 09.07.82; опубл. 07.12.83, Бюл. № 45].

До недоліків відомого інструмента можна віднести те, що зміцнення матеріалу деталей здійснюється тільки за рахунок поверхневого пластичного деформування без проходження фазових перетворень, що не забезпечує одержання високих фізико-механічних властивостей поверхневих шарів. Крім того, відомий інструмент має низьку надійність при експлуатації, що пов'язане із складністю утримування деформуючих елементів (кульок) у криволінійних канавках диска.

Відомі також інструменти для зміцнення робочих поверхонь деталей, які реалізують принципово інший метод підвищення фізико-механічних властивостей поверхневих шарів. Суть цього методу полягає у цілеспрямованій трансформації поверхневих шарів оброблюваної поверхні за рахунок температурно-силової дії в процесі тертя інструмента по зміцнюваній поверхні [Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов [Текст] / Ю.И. Бабей. - К.: Наукова думка, 1995. - 253 с. - Библиогр.: с. 242-251. - ISBN 5-12-003685]. У результаті дії високої температури при місцевому нагріванні та деформації, а також виникнення у зоні обробки ювенільної поверхні відбувається інтенсифікація багатьох фізико-хімічних процесів, які впливають на формування показників якості оброблюваного металу. Незважаючи на надзвичайно малу тривалість цих процесів, вільна енергія ґратки металу настільки збільшується, а енергія активації настільки знижується, що відбувається взаємодія компонентів мастильно-охолоджуючих або інших середовищ з металом деталі та інструмента.

Даний метод реалізується інструментом для зміцнення профілю замкових різьб, вибраним за прототип заявленого винаходу, який виконаний у вигляді диска із двома конічними боковими поверхнями, які утворюють кут профілю інструмента, рівний куту профілю конічної замкової різьби та з трьома деформуючими елементами з радіусом заокруглення поперечного перерізу, рівним радіусу заокруглення западини конічної замкової різьби, один із яких - периферійний, розміщений на лінії перетину конічних бокових поверхонь - радіусі диска і має форму тора, а два інші - бокові, розміщені на конічних бокових поверхнях диска, мають криволінійну форму [А.с. СССР, № 1516206, В 21 Н 3/04. Інструмент для упрочнения профилей [Текст] / В.Я. Белоусов, И.Ю. Гладий, З.Д. Василечко, И.М. Стоцкий, Л.Я. Ропяк, Я.В. Билусяк, М.Н. Микитюк (СССР). - № 4379539 /31-27; заявл. 13.11.87; опубл. 23.10.89, Бюл. № 39].

Недоліком конструкції відомого інструмента є складність його виготовлення, а саме формування криволінійних бокових деформуючих елементів у вигляді спіралей Архімеда на конічних бокових поверхнях. Крім того, даний інструмент не можна використати для зміцнення конічних замкових різьб із профілем несиметричним відносно площини перпендикулярної до осі конуса різьби, оскільки через різну довжину сусідніх сторін профілю конічної різьби в процесі роботи дискового інструмента виникає осьова складова сил, яка направлена у сторону меншої сторони профілю конічної різьби. Це спричиняє виникненню постійної осьової деформації інструмента та призводить до його одностороннього асиметричного зносу і зниження періоду стійкості, а також не забезпечує високу якість зміцнення профілю конічної замкової різьби.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення інструмента для фрикційного зміцнення конічних замкових різьб, в якому шляхом модифікації бокових деформуючих елементів спрощується їх виготовлення, забезпечується підвищення періоду стійкості інструмента, стабільність параметрів зміцненого шару поверхні профілю конічної замкової різьби на елементах бурильних колон. За рахунок цього збільшується якість, продуктивність та економічність фрикційного зміцнення конічних замкових різьб.

Поставлена задача вирішується тим, що в інструменті для фрикційного зміцнення конічних замкових різьб, виконаному у вигляді диска із двома конічними боковими поверхнями, які утворюють кут профілю інструмента, рівний куту профілю конічної замкової різьби, та з трьома деформуючими елементами з радіусом заокруглення поперечного перерізу, рівним радіусу заокруглення западини конічної замкової різьби, один із яких - периферійний, розміщений на лінії перетину конічних бокових поверхонь - радіусі диска і має форму тора, а два інші - бокові, розміщені на конічних бокових поверхнях диска мають криволінійну форму. Відповідно до винаходу бокові деформуючі елементи виконані у вигляді кільцевих еліпсоподібних поверхонь

спряжених із периферійним тороподібним деформуючим елементом, початок радіуса заокруглення поперечного перерізу бокових деформуючих елементів знаходиться на лінії еліпса, розташованого на відповідній боковій конічній поверхні диска, а довжини осей еліпсів визначають із співвідношень:

5 - мала вісь еліпса

$$a_i = 2\sqrt{R\left(R - h_i \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)};$$

- велика вісь еліпса

$$b_i = \sqrt{h_i^2\left(1 + \operatorname{ctg}^2 \frac{\alpha}{2}\right) + 4R\left(R - h_i \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)},$$

де  $R$  - радіус периферійного тороподібного деформуючого елемента диска, мм;

10  $\alpha$  - кут профілю конічної замкової різьби, град;

$h_i$  - відстань від бісектриси кута профілю інструмента, рівного куту профілю конічної замкової різьби, до точки перетину відповідної великої осі еліпса із конічною боковою поверхнею диска ( $i=1$  для  $h_1$ , розташованої з боку меншої сторони профілю конічної замкової різьби;  $i=2$  для  $h_2$ , розташованої з боку більшої сторони профілю конічної замкової різьби), мм,

15 причому величину  $h_i$  визначають із співвідношення

$$h_i = \frac{P}{2}\left(1 \pm \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) - r \cos \frac{\alpha}{2},$$

де  $P$  - крок конічної замкової різьби, мм;

$\varphi$  - кут ухилу конічної замкової різьби, град;

$r$  - радіус заокруглення западини конічної замкової різьби, мм, при цьому знак "мінус"

20 приймають для розрахунку  $h_1$ , розташованої з боку меншої сторони профілю конічної замкової різьби, а знак "плюс" - для  $h_2$ , розташованої з боку більшої сторони профілю конічної замкової різьби відповідно.

Запропонована конструкція інструмента забезпечує зменшення одностороннього зносу його бокових деформуючих елементів за рахунок того, що ці деформуючі елементи одночасно взаємодіють із боковими поверхнями конічної замкової різьби. Виконання бокових деформуючих елементів у вигляді кільцевих еліпсоподібних поверхонь дозволяє підвищити період стійкості інструмента за рахунок збільшення довжин їх робочих частин, що взаємодіють із профілем конічної замкової різьби. При цьому збільшиться плавність роботи інструмента і знизиться його вібрація, що позитивно вплине на точність та якість зміцненого профілю конічної замкової різьби та економічність технологічного процесу фрикційного зміцнення.

30 Суть запропонованого винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 показано інструмент для фрикційного зміцнення конічних замкових різьб, загальний вигляд, на фіг. 2 - вигляд А на фіг. 1; на фіг. 3 - вигляд Б на фіг. 1; на фіг. 4 - схема зміцнення зовнішньої конічної замкової різьби; на фіг. 5 - схема зміцнення внутрішньої конічної замкової різьби.

35 Інструмент для фрикційного зміцнення конічної замкової різьби містить диск 1 з посадковою циліндричною поверхнею 2 та повідковою поверхнею 3 (наприклад, шпонковою). Бокові поверхні диска 1 виконані конічними - 4 і 5 відповідно. Інструмент містить також три деформуючі елементи, один із яких - периферійний 6, розміщений на найбільшому радіусі ( $R$ ) диска 1 і має форму тора з радіусом твірного кола  $r$ , рівним радіусу заокруглення западини конічної замкової різьби; два інші - бокові деформуючі елементи 7 і 8 виконані у вигляді кільцевих еліпсоподібних поверхонь спряжених із периферійним тороподібним деформуючим елементом 6. Бокові деформуючі елементи 7 і 8 розміщені на конічних поверхнях 4 і 5 дискового інструмента таким чином, що дотичні до них площини 9 і 10 утворюють між собою кут рівний куту профілю конічної замкової різьби  $\alpha$  (фіг. 1-3).

45 Зміцнення конічної замкової різьби заявленим інструментом здійснюється наступним чином.

Під час зміцнення деталі 11 (ніпеля або муфти бурового замка або бурильної труби) із зовнішньою конічною замковою різьбою (бісектриса кута профілю різьби перпендикулярна до осі конуса), яка має западину 12, меншу 13 і більшу 14 сторони профілю, інструмент взаємодіє деформуючими елементами 6, 7 і 8 із западиною 12 та боковими сторонами профілю його конічної замкової різьби 13, 14 відповідно (фіг. 4).

Деталь 11 (елемент бурильної колони) встановлюють і нерухомо закріплюють у патроні токарно-гвинторізного верстата (на фіг. 4 не показаний) для надання їй повільного руху обертання з частотою  $n_3$ . На супорті або в різцетримачі токарно-гвинторізного верстата монтують спеціальний пристрій - фортуни (на фіг. 4 не показана), яка оснащена електродвигуном, що надає інструменту головний рух - обертання із частотою  $n_i$ . Інструмент встановлюють нерухомо на кінці вихідного вала фортуни по посадковій поверхні 2. Крутний момент від вала фортуни передається інструменту через його повідкову (шпонкову) поверхню 3.

Фортуни із закріпленням на вихідному кінці вала інструментом встановлюють таким чином, щоб площина обертання інструмента, яка проходить по найбільшому радіусу  $R$  і через вісь периферійного тороподібного деформуючого елемента 6 інструмента, співпадала з напрямком конічної замкової різьби деталі 11. Іншими словами - щоб вісь обертання вихідного вала фортуни знаходилась у вертикальній площині, паралельній до осі обертання  $O_3-O_{31}$  деталі 11, а інструмент для фрикційного зміцнення був встановлений під кутом, рівним куту підйому різьби, за рахунок похилого встановлення осі обертання вихідного вала фортуни у вертикальній площині відносно горизонтальної площини, яка паралельна осі деталі 11. Частоту обертання вихідного вала фортуни  $n_i$  вибирають такою, щоб забезпечити лінійну швидкість обертання інструмента порядку 40...60 м/с. Інструменту надають також рух поздовжньої подачі  $S_o$  і за допомогою, наприклад, копіра (на фіг. 4 не показано) поперечну подачу  $S_n$ . Крім цього, прикладають нормальну силу  $F$  для забезпечення притискання інструмента до оброблюваних поверхонь конічної замкової різьби деталі 11, яку зміцнюють.

Внаслідок такого просторового розміщення та дії сили  $F$  між інструментом та зміцнюваними поверхнями 12, 13 і 14 конічної замкової різьби деталі 11 у загальному випадку утворюється три ділянки контактування: між западиною різьби 12 та периферійним тороподібним деформуючим елементом 6; дві - між боковими сторонами профілю різьби 13 і 14 та боковими деформуючими елементами 7 і 8 відповідно. Система трьох деформуючих елементів 6, 7 і 8 інструмента утворює криволінійні і точкові зони контакту з конічною різьбовою поверхнею деталі 11, що у поєднанні із дією сили  $F$  та швидкості обертання  $n_i$  забезпечує виникнення високих контактних напружень і температур у зоні зміцнення.

Бокові деформуючі елементи 7 і 8 розміщені на відповідних конічних поверхнях 4 і 5 диска 1 інструменту, тому вибираючи відповідні кутові параметри і геометричні розміри цих елементів, а також таке їх взаємне розміщення, що дотичні до них площини 9 і 10 утворювали кут  $\alpha$  рівний куту профілю конічної замкової різьби, при заданих рухах відбувається динамічне контактування цих деформуючих елементів 6, 7 і 8 із западиною 12 та з боковими сторонами профілю 13, 14 конічної замкової різьби деталі 11. За рахунок такої взаємодії забезпечується одночасне якісне зміцнення всієї робочої поверхні конічної замкової різьби деталі 11.

Зміцнення внутрішньої конічної замкової різьби деталі 15 здійснюється аналогічно, як і у випадку зміцнення зовнішньої конічної замкової різьби. Під час зміцнення деталі 15 (елемента бурильної колони) із внутрішньою конічною замковою різьбою, яка має западину 16, меншу 17 і більшу 18 сторони профілю, інструмент взаємодіє деформуючими елементами 6, 7 і 8 із вказаними западиною 16 та боковими сторонами профілю внутрішньої конічної замкової різьби 17, 18 відповідно (фіг. 5).

Завдяки високій швидкості обертання інструмента та відповідних контактних напружень у місцях дотику інструмента із западиною та із боковими сторонами профілю конічної замкової різьби деталі створюються сприятливі умови для формування на сталі білих шарів із підвищеними фізико-механічними властивостями та сприятливим розподілом залишкових внутрішніх напружень стискання. Такі поверхневі структури мають високу зносостійкість та корозійну стійкість і забезпечують підвищення умовної границі корозійної втоми, що важливо для забезпечення довговічності різьбових замкових з'єднань бурильних труб, на які діють циклічні навантаження в процесі буріння свердловин. Крім того, обробка заявленим інструментом за описаною технологією зменшує шорсткість зміцненого шару конічної замкової різьби до величини  $R_a=0,4...0,5$  мкм, що важливо у аспекті забезпечення надійної герметизації конічних різьбових замкових з'єднань бурильних труб при їх збиранні у колону та підвищення експлуатаційних властивостей.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5 Інструмент для фрикційного зміцнення конічних замкових різьб, виконаний у вигляді диска із двома конічними боковими поверхнями, які утворюють кут профілю інструмента, рівний куту профілю конічної замкової різьби, та з трьома деформуючими елементами з радіусом заокруглення поперечного перерізу, рівним радіусу заокруглення западини конічної замкової різьби, один із яких - периферійний, розміщений на лінії перерізу конічних бокових поверхонь - радіусі диска і має форму тора, а два інші - бокові, розміщені на конічних бокових поверхнях  
 10 диска, мають криволінійну форму, який **відрізняється** тим, що бокові деформуючі елементи виконані у вигляді кільцевих еліпсоподібних поверхонь, спряжених із периферійним тороподібним деформуючим елементом, початок радіуса заокруглення поперечного перетину бокових деформуючих елементів знаходиться на лінії еліпса, розташованого на відповідній боковій конічній поверхні диска, а довжини осей еліпсів визначають із співвідношень:  
 15 мала вісь еліпса

$$a_i = 2\sqrt{R\left(R - h_i \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)};$$

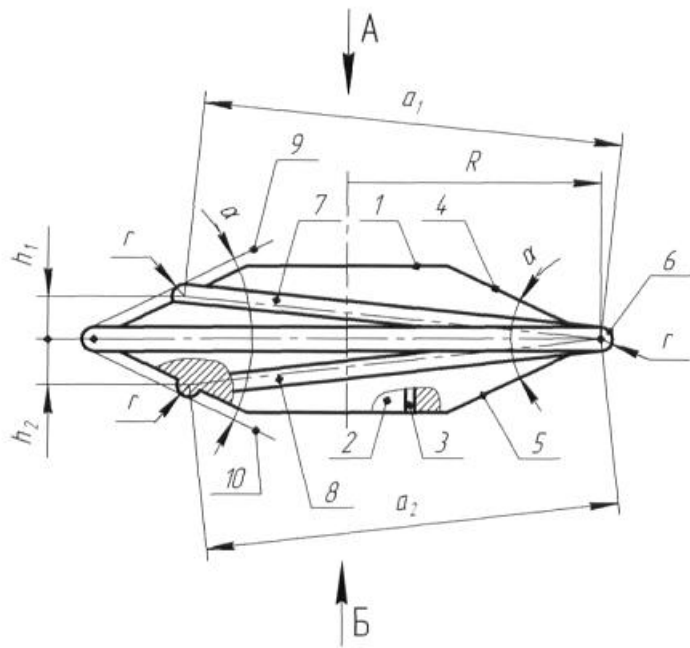
велика вісь еліпса

$$b_i = \sqrt{h_i^2\left(1 + \operatorname{ctg}^2 \frac{\alpha}{2}\right) + 4R\left(R - h_i \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}\right)},$$

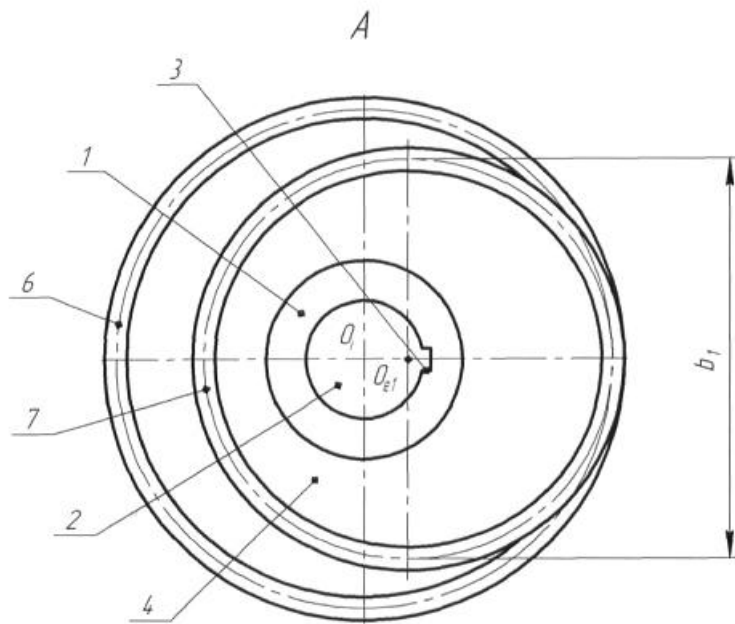
де  $R$  - радіус периферійного тороподібного деформуючого елемента диска, мм;  
 20  $\alpha$  - кут профілю конічної замкової різьби, град;  
 $h_i$  - відстань від бісектриси кута профілю інструмента, рівного куту профілю конічної замкової різьби, до точки перетину відповідної великої осі еліпса із конічною боковою поверхнею диска ( $i=1$  для  $h_1$ , розташованої з боку меншої сторони профілю конічної замкової різьби;  $i=2$  для  $h_2$ , розташованої з боку більшої сторони профілю конічної замкової різьби), мм, причому величину  
 25  $h_i$  визначають із співвідношення

$$h_i = \frac{P}{2}\left(1 \pm \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) - r \cos \frac{\alpha}{2},$$

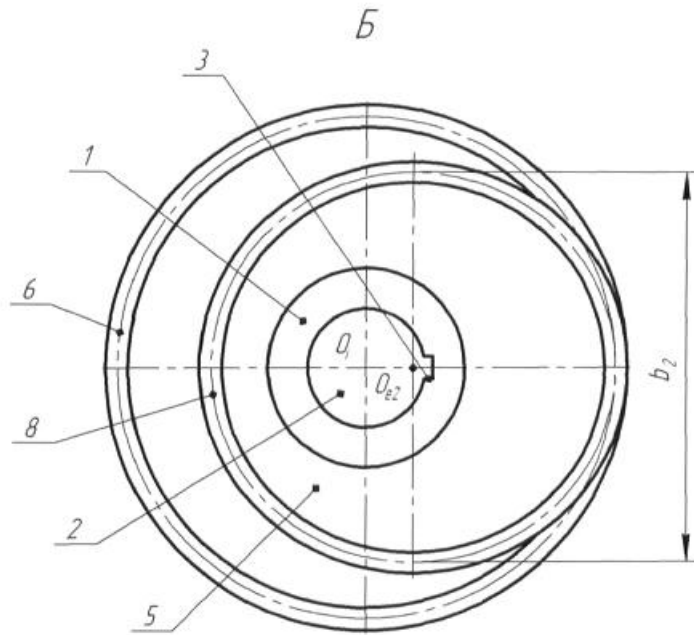
де  $P$  - крок конічної замкової різьби, мм;  
 $\varphi$  - кут ухилу конічної замкової різьби, град;  
 $r$  - радіус заокруглення западини конічної замкової різьби, мм, при цьому знак "мінус"  
 30 приймають для розрахунку  $h_1$ , розташованої з боку меншої сторони профілю конічної замкової різьби, а знак "плюс" - для  $h_2$ , розташованої з боку більшої сторони профілю конічної замкової різьби відповідно.



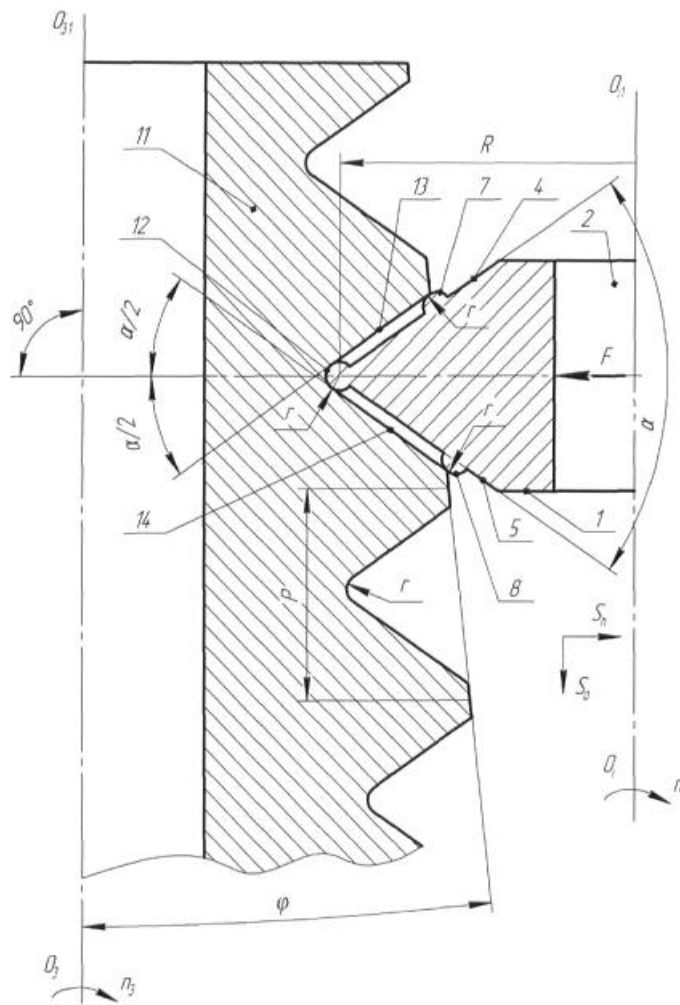
Фиг. 1



Фиг. 2

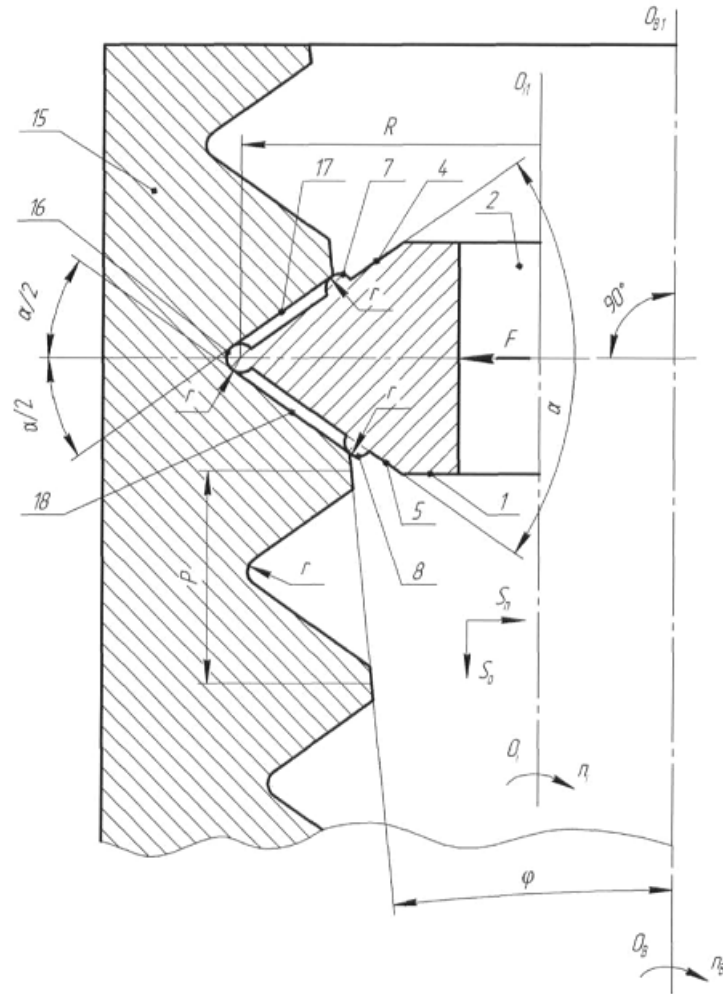


Фиг. 3



Фиг. 4





Фиг. 5

---

Комп'ютерна верстка О. Рябко

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

---