

# ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ВІБРОРІЗАННЯ З ВБУДОВАНИМИ ТА УНІФІКОВАНИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Проведено схемний пошук і розроблено ряд нових конструкцій пристроїв для деформаційного зміцнення матеріалів і віброрізання з гідроімпульсним приводом з вбудованим та уніфікованим генератором імпульсів тиску (ГІТ). Нові конструкції розроблених пристроїв відрізняються від відомих малими габаритами та розширеними технічними і технологічними можливостями.*

**Ключові слова:** амплітуда; гідроімпульсний; генератор імпульсів тиску; вібронавантаження; віброрізання; віброударний; деформація; зміцнення; частота.

## Abstract

*A scheme search is conducted and developed row of new constructions of devices for deformation zmicnennya of materials and vibrocutting with a gidroimpul'snim occasion with a builtin and compatible pulser pressure (GIT). The new constructions of the developed devices differ from known small gabaritami and by the extended economic and technological feasibilities.*

**Keywords:** amplitude; gidroimpul'sniy; pulser pressure; vibroloading; vibrorizannya; vibroshock; deformation; strengthening.

## Вступ

Процеси деформаційного зміцнення матеріалів різноманітних деталей машин, таких як вали, зубчасті колеса тощо, є одним із ефективних методів підвищення втомної міцності цих деталей. Механічне оброблення матеріалів різанням з накладанням на цей процес вібрацій (віброрізання) підвищує ефективність самого процесу оброблення, покращуючи в ряді випадків як точність, так і шорсткість обробленої поверхні деталі. Оброблення різанням без вібрацій в'язких і тугоплавких матеріалів, таких як нержавіючі сталі, титанові сплави та ін., приводить до утворення зливної стружки, яка спричиняє виникнення цілого ряду негативних технологічних проблем [1], а також є однією із причин важкого травмування верстатників.

Широке впровадження різноманітних процесів віброрізання (віброточіння, віброствердління тощо) у виробництво стримується практичною відсутністю малогабаритного обладнання для реалізації цих процесів, тому створення та дослідження малогабаритних пристроїв з гідроімпульсним приводом, які можуть використовуватись у верстатних комплексах без перебудови їх кінематичної схеми, є актуальною науковою та інженерною задачею [1].

Мета роботи – схемний пошук і розроблення конструкцій малогабаритних пристроїв для деформаційного зміцнення матеріалів і віброрізання з гідроімпульсним приводом з вбудованим та уніфікованим генератором імпульсів тиску (ГІТ).

## Результати схемного пошуку та розроблення

Малі габарити пристроїв для деформаційного зміцнення матеріалів і віброрізання можна отримати, якщо використати для таких пристроїв гідроімпульсний привод, силова ланка якого (поршень, плунжер тощо) навантажується пружними елементами високої жорсткості – пакетами тарілчастих пружин, прорізними пружинами та ін.[1].

Мінімальні габарити пристроїв досягаються, якщо вдається вбудувати розподільні елементи ГІТ в силові ланки пристроїв або поєднати функції силової ланки, пружного елемента та ГІТ в одному вузлі чи деталі.

Інший шлях мінімізації габаритів пристроїв – це керування силовими ланками різних конструкцій і дії уніфікованим малогабаритним ГПТ.

Із всіх відомих схем і конструкцій ГПТ [2] для розроблених пристроїв найбільш раціональною є конструкція однокаскадного параметричного ГПТ з кульковим або з клапанно-золотниковим запірним елементом.

В результаті схемного пошуку групою дослідників під керівництвом і за безпосередньої участі к. т. н. Обертюха Р. Р. (члени групи: А. В. Слабкий – к. т. н.; В. В. Чернійко та М. В. Марущак – студенти магістранти) кафедри МРВОАВ ВНТУ було створено ряд конструкцій гідроімпульсних пристроїв для деформаційного зміцнення матеріалів і віброрізання. Новизна конструкцій цих пристроїв захищена патентами України на корисну модель [3 – 6].

На рис.1 показана конструктивна схема гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів, наприклад, деталей обертання, силовий елемент якого поршень 2 навантажено пакетом тарілчастих пружин 7, попередню деформацію яких можна регулювати під час збирання пристрою.

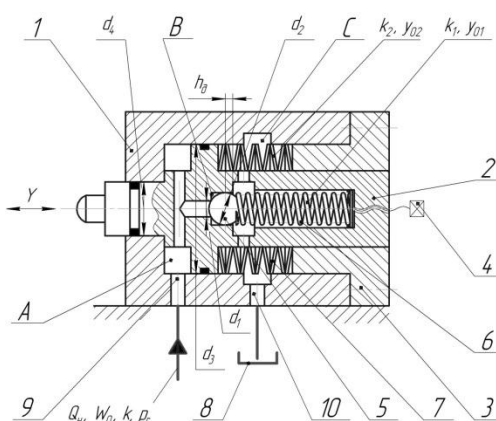


Рисунок 1 – Конструктивна схема гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів з вбудованим в силову ланку однокаскадним ГПТ

Запірний елемент – кулька 5 однокаскадного параметричного ГПТ пристрою вмонтовано в розточку поршня 2. Тиск «відкриття» ГПТ регулюється зміною попередньої деформації витой пружини 6 за допомогою гвинта 4, розташованого у пробці 11, жорстко та герметично зафіксованої в хвостовику поршня 2. Гідролінії підведення 9 та зливу 10 енергоносія (робочої рідини) до пристрою, а також напірна А і зливна С порожнини розташовані в корпусі 1 пристрою. Комунікаційні гідроканали та порожнини ГПТ утворені в тілі поршня 2, на кінці штока якого може кріпитись деформуючий інструмент, наприклад, сферичної форми.

Спрацювання запірної кульки 5 ГПТ здійснюється внаслідок автоматичної зміни його площі поперечного перерізу, на яку діє тиск енергоносія. Під час відкриття ГПТ ця площа змінюється з меншої на більшу, а під час закриття – навпаки, з більшої на меншу. Це спричиняє коливання тиску енергоносія в гідросистемі пристрою від максимального значення  $p_1$  (тиск «відкриття») до мінімального  $p_2$  (тиск «закриття»). Пульсуючий тиск енергоносія викликає вібраційний рух поршня 2, кінетична енергія якого за допомогою інструмента, закріпленого на кінці штока поршня 2, переходить в енергію деформації поверхні оброблюваної деталі.

Енергія віброударного навантаження поверхні деталі, що обробляється, визначається розмірами силового елемента – поршня 2, співвідношенням тисків  $p_1$  і  $p_2$  спрацювання ГПТ, робочим зусиллям пакета тарілчастих пружин 7 і швидкодією ГПТ. В розглянутому пристрої рівень кінетичної енергії поршня 2, яка переходить в енергію деформації поверхні деталі, що обробляється, визначається в основному потенціальною енергією, що накопичується пакетом тарілчастих пружин 7, і швидкодією ГПТ.

З метою підвищення енергії, що затрачується пристроєм на деформаційне зміцнення матеріалу поверхні деталі, розроблено конструкцію (рис. 2) гідроімпульсного пристрою, в якому силову ланку виконано у вигляді поршня 3, суміщеного з прорізною пружиною, яка має високу жорсткість за малих габаритів.

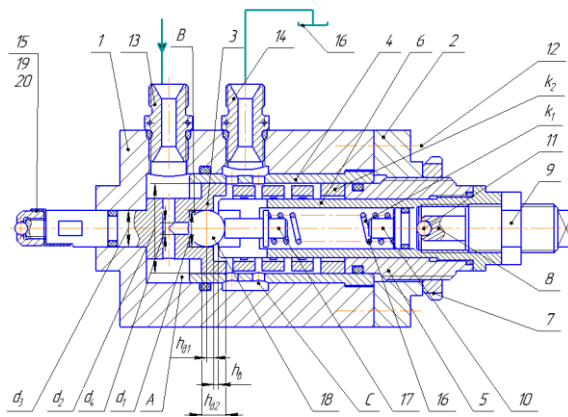


Рисунок 2 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів з силовою ланкою, суміщеного з прорізною пружиною

Як і в розглянутій конструкції (див. рис. 1), запірний елемент – кульку 18 ГТ вмонтовано в поршень 3, край якого з боку напірної порожнини А оформлено у вигляді робочої кромки золотника, що утворює зі зливними отворами в гільзі 4 додатне перекриття  $h_{d2}$ . Таке виконання силової ланки пристрою забезпечує під час відкриття ГТ швидке зниження тиску енергоносія нижче рівня  $p_2$ , збільшуючи тим самим енергію удару інструмента по поверхні деталі, що обробляється.

В конструкції гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів, зображеній на рис.3, силова ланка виконана у вигляді поршня – золотника – прорізної пружини (ПЗПП) 3 та додаткової прорізної пружини (ДПП) 6, розташованій в центральній осьовій розточці ПЗПП (пружинній частині).

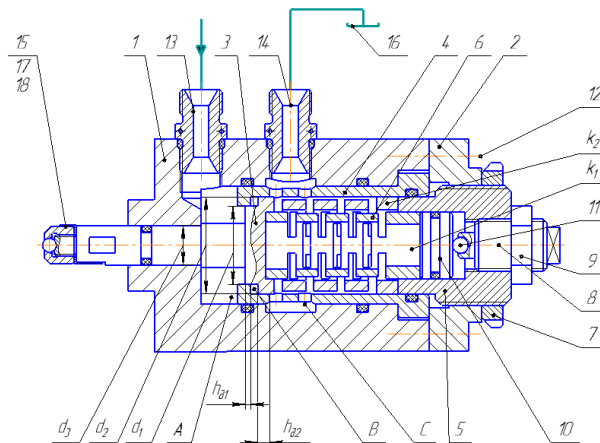


Рисунок 3 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів з силовою ланкою у вигляді ПЗПП і додаткової прорізної пружини

Попередню деформацію прорізних пружин ПЗПП 3 і ДПП 6 можна регулювати незалежно гвинтами 5 та 8. Таке виконання силової ланки дозволяє збільшити енергію удару за рахунок значної потенціальної енергії, яку можуть накопичувати дві паралельно встановлені прорізні пружини 3 та 6, та регулювати амплітуду віброударного навантаження.

Золотникова частина ПЗПП, у вигляді двох циліндричних виступів з діаметрами  $d_1$  та  $d_2$  ( $d_2 > d_1$ ), спряжена з відповідними розточками гільзи 4 за точними ходовими посадками (не нижче 5 – 6 квалітету точності). За діаметрами  $d_1$  та  $d_2$  і відповідними розточками гільзи 4 утворені додатні початкові перекриття  $h_{d1}$  та  $h_{d2}$ , які разом із спряженнями за вказаними діаметрами ПЗПП з розточками гільзи 4 є основними геометричними параметрами однокаскадного золотникового ГТ параметричного типу.

Основний недолік розглянутої конструкції пристрою – технологічна складність забезпечення співвісності точного спряження ПЗПП за трьома поверхнями по діаметрах  $d_1$ ,  $d_2$  і  $d_3$  (діаметр штока ПЗПП). Слід зауважити, що вимоги до точності спряження штока ПЗПП з його напрям-

ною поверхнею в корпусі 1 пристрою, порівняно з точністю спряження герметизуючих елементів ГТТ за діаметрами  $d_1$  та  $d_2$ , дещо нижчі, оскільки герметизація спряження за діаметром  $d_3$  здійснюється гумовим кільцем (на рис.3 умовно не позначено).

З метою усунення якоюсь мірою описаного недоліку, розроблена конструкція гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів (рис. 4), де золотникова герметизація першого ступеня ГТТ, також як і в розглянутій конструкції пристрою (див. рис. 3) суміщеного з ПЗПП, замінена на клапанну (фаскову), шляхом введення плаваючого сідла 15 з коротким ходом  $h_c$ .

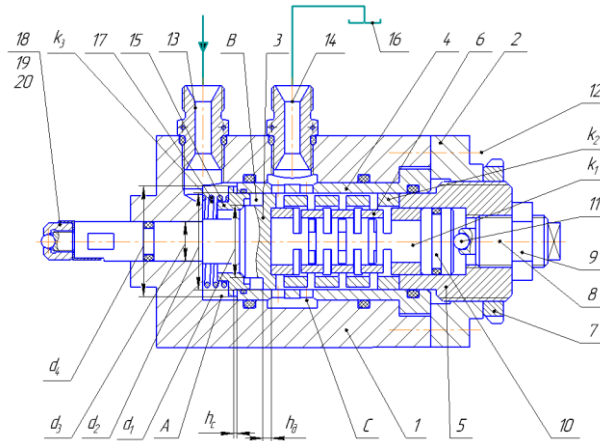


Рисунок 4 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для деформаційного зміцнення матеріалів з силовою ланкою у вигляді ПЗПП з ДПП та плаваючим сідлом першого ступеня ГТТ

Сідло 15 навантажено витю циліндричною пружиною 17, зусилля якої створює початковий контактний тиск на широкій притертій фасці першого ступеня ГТТ із середнім діаметром  $d_1$ . Ця фаска виконана на одному із ступенів поршневої частини ПЗПП, а ступінь ПЗПП діаметром  $d_2$  в спряженні з гільзою 4 утворює другий ступінь ГТТ з додатним перекриттям  $h_d$ . Сідло 15 своєю циліндричною частиною діаметром  $d_4 = d_2$  направляє в розточці гільзи 4 та ущільнюється гумовим кільцем круглого перерізу.

Для реалізації різних видів механічного оброблення матеріалів віброрізання (віброточінням, віброствердлінням тощо) доцільно мати малогабаритні пристрої з уніфікованим ГТТ та змінними силовими ланками (головками), призначеними, наприклад, для віброточіння, віброствердління та ін.

Конструкція однокаскадного параметричного ГТТ, до якого можуть, в залежності від виду віброрізання, приєднуватись силові головки різних конструкцій і принципу дії, зображено на рис. 5.

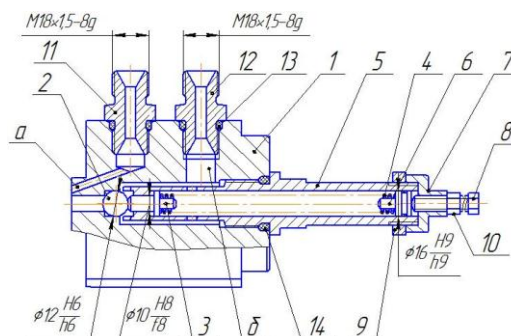


Рисунок 5 – Конструкція уніфікованого однокаскадного параметричного ГТТ

Запірний елемент – кулька 2 цього ГТТ спрягається з центральною ступінчастою осью розточкою в корпусі 1 за двома діаметрами – меншим  $d_1$ , який є гідроканалом підведення енергоносія до ГТТ, та більшим, рівним діаметру  $d_2$  кульки 2, причому лінія торкання кульки 2 та поверхні розточки діаметром  $d_2$  в корпусі 1 розташована нижче кромки цієї розточки на відста-

ні  $h_d$  – початкового додатного перекриття кульки 2. Контакт між кулькою 2 та кромкою отвору  $d_1$  в корпусі 1 збоку розточки діаметром  $d_2$  є першим ступенем герметизації запірного елемента – кульки 2 ГПТ. Кулька 2 навантажується пружиною 4 регулятора тиску  $p_1$  «відкриття» ГПТ. Попередня деформація пружини 4 регулюється гвинтом 8, який разом з деталями 3, 5, 6, 7, 8 і 10 входить у вузол «регулятор тиску  $p_1$  «відкриття» ГПТ». Підведення до ГПТ та зливання з нього енергоносія здійснюється, відповідно, через напірний 11 і зливний 12 штуцери. На рис.5 проставлено реальні розміри основних ланок ГПТ.

Замість запірного елемента – кульки 2 ГПТ може оснащуватись конусним клапаном зі золотниково-фасочною герметизацією.

Конструкція гідроімпульсного пристрою для віброточіння з уніфікованим ГПТ та силовою головкою з пружним елементом у вигляді прорізної пружини, показана на рис. 6.

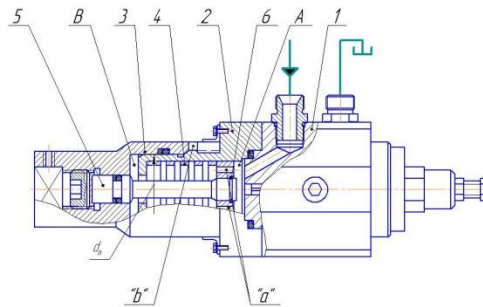


Рисунок 6 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для віброточіння з уніфікованим ГПТ та силовою головкою з пружним елементом у вигляді прорізної пружини

Силовa головка цього пристрою стиковим способом за допомогою шпильок (умовно не показані) кріпиться до ГПТ 1. Силовa головка складається з корпусу – поршня 2, в центральній осевій розточці якого встановлено прорізну пружину 4, попередня деформація якої може регулюватись гвинтом-тягою 5, вкрученого в нарізний центральний отвір гідроциліндра-державки 3, спряженого за ходовою посадкою зі зовнішньою поверхнею корпусу – поршня 2. Зворотно-поступальний рух гідроциліндра-державки 3 без провертання навколо його осі забезпечено ковзними шпонками «б», які встановлено в пазах корпусу – поршня 2. Замість ковзних шпонок «б» може бути використано рухоме шліцьове рухоме з'єднання будь-якого типу.

Ущільнення рухомого спряження корпусу – поршня 2 та гідроциліндра-державки 3 здійснено гумовим кільцем круглого перерізу та фторопластовою захисною шайбою. Інші ущільнення пристрою – нерухомі, їх виконано гумовими кільцями круглого перерізу, встановлених в закритих канавках.

ГПТ 1 створює в порожнинах А і В, з'єднаних між собою через отвори «а» та зазори в розточці встановлення прорізної пружини 4, пульсуючий тиск, який спричиняє вібраційний рух гідроциліндра-державки 3 та інструмента (різця), закріпленого в отворі квадратного (чи прямокутного) перерізу гідроциліндра-державки 3.

Перспективним напрямком реалізації процесів віброрізання за допомогою малогабаритних гідроімпульсних пристроїв є використання силових головок в яких вібраційний рух інструмента здійснюється не за рахунок відносного руху поршень – циліндр, а внаслідок пружної деформації, наприклад, сільфона. Очевидною перевагою таких силових головок є відсутність контактних рухомих ущільнень, а нерухомі ущільнювальні елементи (гумові кільця круглого перерізу тощо) можуть встановлюватись в закритих канавках, що практично повністю виключає зовнішні витоки енергоносія.

На рис. 7 показана конструкція гідроімпульсного пристрою для віброточіння з силовою головкою у вигляді лінійного сільфона – державки 2, з'єданого посередністю двох конічних болтів 15 з кришкою 3, що має циліндричний виступ, у внутрішній розточці якого розміщується з малим зазором зовнішня поверхня сільфонної частини сільфона – державки 2. Силовa головка шпильками (умовно не показані) кріпиться до корпусу 1 ГПТ. Різець встановлюється в квадратному (чи прямокутному) отворі сільфона – державки 2 та фіксується в осьовому напрямку, наприклад, гвинтом (чи декількома гвинтами).

У вібраційний рух різець приводиться внаслідок пружної деформації сільфона під дією імпульсів тиску енергоносія, що генеруються ГПТ в порожнині сільфона А.

Для процесів віброствердління можна ефективно використовувати гвинтові сільфони (рис. 8), які надають свердлу гвинтоподібний вібраційний рух.

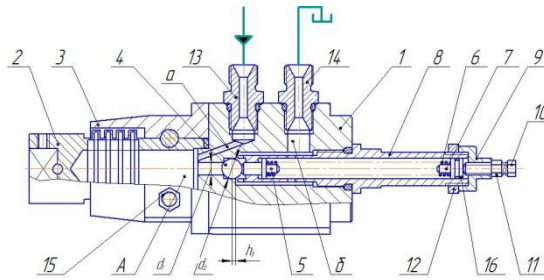


Рисунок 7 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для віброточіння з силовою головкою у вигляді лінійного сільфона – державки

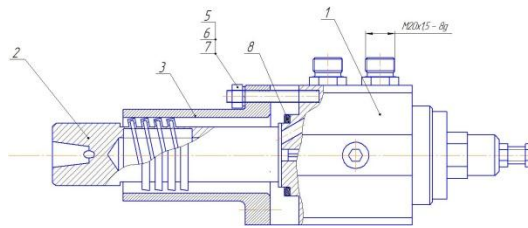


Рисунок 8 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для віброствердління з силовою головкою у вигляді гвинтового сільфона – державки

Для високоточного віброствердління та віброзенкерування доцільно застосовувати силові головки, що створюють гвинтоподібний вібраційний рух дуже малої амплітуди, наприклад, у вигляді тонкостінної трубки (рис. 9) з утвореним на її зовнішній поверхні гвинтовим ребром, причому це ребро можна виконувати з різним кроком і числом заходів. Силову головку у вигляді тонкостінної трубки без гвинтового ребра можна використовувати в гідроімпульсних пристроях для чистового віброточіння важкооброблюваних матеріалів.

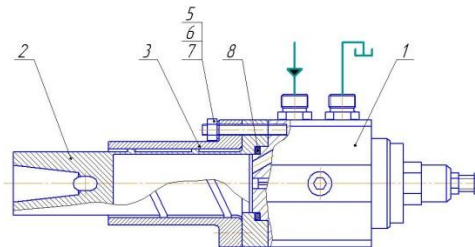


Рисунок 9 – Конструкція гідроімпульсного пристрою для віброствердління з силовою головкою у вигляді тонкостінної трубки з утвореним на її зовнішній поверхні гвинтовим ребром

Для приведення в дію розроблених гідроімпульсних малогабаритних пристроїв для деформаційного зміцнення матеріалів і віброрізання можна використовувати стандартні насосні станції, а під'єднання їх до пристроїв здійснювати за допомогою стандартних гнучких рукавів високого тиску. У гідрофікованих верстатах, за незначних конструктивних змін, для живлення енергоносієм пристроїв можуть використовуватись гідросистеми верстатів.

## Висновки

1. Створенні на базі гідроімпульсного привода та використання пружних елементів високої жорсткості малогабаритні пристрої для деформаційного зміцнення матеріалів і віброрізання, в яких функції ГІТ і силової ланки поєднані в одному вузлі, є перспективними для широкого впровадження у виробництво, оскільки такі пристрої можуть безпосередньо встановлюватись на верстатах, наприклад, токарної групи та свердлильних, без зміни їх кінематичної схеми та перероблення функціональних вузлів.

2. Найбільш перспективними та компактними пристроями для деформаційного зміцнення матеріалів є гідроімпульсні пристрої, в яких в одному вузлі поєднані функції силової ланки, ГТТ та пружних елементів – накопичувачів потенціальної енергії.

3. Гідроімпульсні пристрої для віброрізання з уніфікованим ГТТ та різними за конструкцією силовими головками дозволяють в умовах виробництва швидко переналагоджуватись з одного виду віброрізання на інший.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Обертюх Р. Р. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода : монографія / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.

2. Іскович-Лотоцький Р. Д. Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Архипчук М. Р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 171 с.

3. Пат. № 74369 Україна, МПК (2012, 10) B24B39/04. Гідроімпульсний віброударний пристрій для деформаційного зміцнення деталей / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Архипчук М. Р., Чернійко В. В.; заявник і власник Вінницький національний технічний університет. Опубл. 25. 10. 2012. Бюл. № 20.

4. Пат. № 103585 Україна, МПК (2015, 12) B24B39/04. Гідроімпульсний віброударний пристрій для деформаційного зміцнення деталей / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Марущак М. В.; заявник і власник Вінницький національний технічний університет. Опубл. 25. 12. 2015. Бюл. № 24.

5. Пат. № 103682 Україна, МПК (2015, 12) B24B39/04. Гідроімпульсний віброударний пристрій для деформаційного зміцнення деталей / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Марущак М. В.; заявник і власник Вінницький національний технічний університет. Опубл. 25. 12. 2015. Бюл. № 24.

6. Пат. № 103684 Україна, МПК (2015, 12) B24B39/04. Гідроімпульсний віброударний пристрій для деформаційного зміцнення деталей / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Марущак М. В.; заявник і власник Вінницький національний технічний університет. Опубл. 25. 12. 2015. Бюл. № 24.

Роман Романович Обертюх – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри Металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва, Вінницький національний технічний університет.

Obertykh Roman Romanovich - Cand. Sc. (Eng.), Professor of department of machine tools and automated production equipment, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.