

ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ, ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

УДК 621.952.5

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).123-130](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).123-130)

В.В. Свяцький, доц., канд. техн. наук, **О.В. Скрипник**, доц., канд. техн. наук,
О.Ф. Сіса, канд. техн. наук, **С.В. Конончук**, канд. техн. наук
*Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,
Україна
e-mail: svv_iamph@ukr.net*

Комбіновані методи обробки глибоких отворів

Наведено схеми розвантаження свердла, що основані на використанні комбінованої обробки „різання — пластична деформація” і підведенням мастильно-охолодного технічного засобу з надлишковим тиском. Способи вирішують задачі зниження складових технологічного навантаження і дозволяють розширити технологічні можливості процесу свердління по глибині обробки.
глибоке свердлення, інструмент, стійкість, жорсткість, розвантаження, деформування, ефективність

В.В. Свяцький, доц., канд. техн. наук, **О.В. Скрипник**, доц., канд. техн. наук, **О.Ф. Сіса**, канд. техн. наук, **С.В. Конончук**, канд. техн. наук
Центральнoукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Комбинированные методы обработки глубоких отверстий

Приведены схемы разгрузки сверла, основанные на использовании комбинированной обработки „резания – пластическая деформация” и подводом смазывающе-охлаждающего технического средства с избыточным давлением. Способы решают задачу снижения составляющих технологической нагрузки и позволяют расширить технологические возможности процесса сверления по глубине обработки.
глубокое сверление, инструмент, устойчивость, жесткость, разгрузка, деформирование, эффективность

Постановка проблеми. Свердлення глибоких отворів є трудомісткою технологічною операцією, особливо при обробці в'язких матеріалів. В системі верстат – пристрій – інструмент – деталь (ВПД) при глибокому свердлінні в найбільш важких умовах працює інструмент – свердло [1, 2]. Замкнений об'єм обробки, різноманітні функції, виконання яких повинна забезпечувати конструкція інструменту, форсовані режими різання змушують працювати корпус свердла, його ріжучі і напрямні елементи з високими напруженнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як правило, процес свердлення глибоких отворів виконують на спеціальних або агрегатних верстатах за допомогою пристрою, що містить свердло, встановлене на трубчастому стеблі з каналами для відведення стружки і мастилоприймачем системи подачі мастильно-охолодного технічного засобу (МОТЗ) під тиском. В процесі обробки стебло свердла знаходиться під впливом осьової складової сил різання, що приводить до його подовжнього вигину і, отже, зниженню точності обробки і стійкості інструменту.

Оптимізація процесу глибокого свердлення при цьому зводиться, як правило, до зняття певних технічних обмежень по стійкості, міцності або жорсткості свердла [3]. Проте можливості підвищення жорсткості інструменту за рахунок зміни форми перерізу стеблини свердла на даний час досить повно вивчені і практично вичерпані.

Відомо, що в основі оптимізації процесу глибокого свердлення лежить функція стійкості інструменту від параметрів процесу різання. Математичний опис цього

процесу визначається великим числом взаємозв'язаних чинників, які не подаються на сьогоднішній день узагальненню. Основним елементом системи ВПД, що обмежує вихідні параметри верстата при глибокому свердленні, є інструмент. Оптимізація процесу глибокого свердлення при цьому зводиться, як правило, до зняття певних технічних обмежень по стійкості, міцності або жорсткості свердла.

Для підвищення продуктивності процесу свердлення необхідно вести обробку з максимально допустимою величиною подачі. У той же час максимальна допустима подача свердлення обмежується міцністю і подовжньою стійкістю інструменту.

Із збільшенням глибини свердлення швидкість подачі обмежується подовжньою стійкістю стебла інструменту, оскільки осьова складова сил різання не повинна перевищувати критичну силу по Ейлеру, що визначається по формулі [3]:

$$P_{кр} = \frac{E \cdot \pi^3 \cdot I}{(\mu \cdot l)^2} = \eta \frac{E \cdot I}{l^2}, \quad (1)$$

де $P_{кр}$ – критична сила;

E – модуль пружності;

l – довжина стебла свердла;

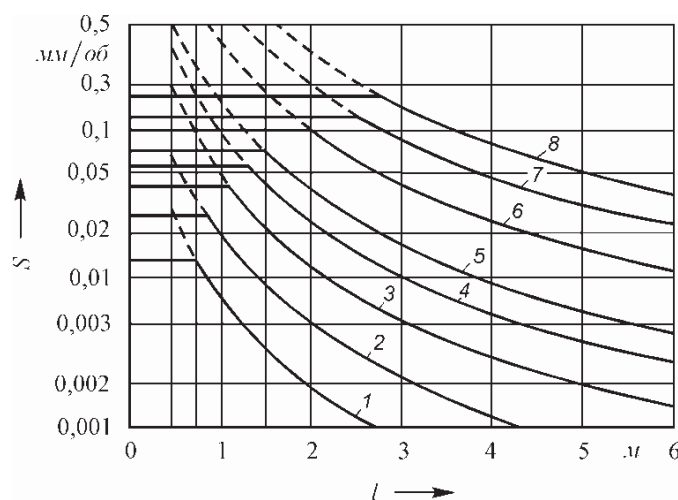
I – момент інерції поперечного перетину інструменту;

μ – коефіцієнт приведенної довжини;

η – коефіцієнт стійкості.

Для збереження подовжньої стійкості стебла інструмента у міру збільшення глибини обробки необхідно зменшувати осьову складову сили різання шляхом зниження швидкості подачі. Проте, зменшення швидкості подачі приводить до збільшення питомої сили різання, що, у свою чергу, якісно впливає на процес різання. Обробка глибоких отворів на малих подачах є малопродуктивною, а на граничних подачах – веде до зниження якості обробки отворів.

На рис. 1 наведені графіки допустимої швидкості подачі при обробці сталі 45 за умови міцності стебла свердла по крутильному моменту і умови збереження інструментом подовжньої стійкості відповідно до залежності (1).



Діаметр свердла: 1 – 5 мм; 2 – 7,5 мм; 3 – 10 мм; 4 – 12,5 мм;
5 – 15 мм; 6 – 20 мм; 7 – 25 мм; 8 – 30 мм

Рисунок 1 – Допустимі подачі при обробці сталі 45 за умови міцності стебла свердла по крутильного моменту і умови збереження інструментом подовжньої стійкості
Джерело: розроблено автором

Аналіз приведених на рис. 1 графічних залежностей свідчить, що робоча область в системі координат „подача — глибина свердлення” визначається двома показниками: мінімальною для даного діаметру свердла величиною подачі, що визначається стійким характером стружкоутворення і мінімальною продуктивністю; і максимально допустимою величиною подачі відповідно з міцністю поперечного перерізу інструменту і подовжньої стійкості стебла свердла.

Наявність перерахованих обмежень по міцності, стійкості інструменту і мінімальному значенню допустимої подачі свердлення визначає область можливого вибору допустимих параметрів елементів технологічної системи.

Теорія і практика глибокого свердлення дає деякі рекомендації економічної доцільності тих або інших способів глибокого свердлення [1, 3]. Зрозуміло, що ці рекомендації певною мірою є умовними, а їх межі розпливчаті і у кожному конкретному випадку обробки глибоких отворів можуть бути переглянутими.

Постановка завдання. Аналіз досліджень в обробці глибоких отворів, дослідження механізмів приводів верстатів для обробки отворів комбінованими методами.

Виклад основного матеріалу. Можливості підвищення жорсткості інструменту за рахунок зміни форми перерізу стеблини свердла на даний час досить повно вивчені і практично вичерпані. Тому автори [4], вказуючи на складність істотного підвищення жорсткості свердла за рахунок оптимізації його поперечного перерізу, звертають основну увагу на раціональну експлуатацію свердлів. По результатам експериментальних досліджень [5] визначено, що величина стійкості інструмента зі збільшенням глибини свердління нелінійно залежить від довжини вільоту. Це дозволяє записати залежність для визначення періоду стійкості свердла T , що використана в роботі [4], у вигляді:

$$\frac{T^m}{T_0^m} = \left(\frac{l_0}{l} \right)^n \quad (2)$$

де l – робоча довжина вільоту;

l_0 – вихідна розрахункова довжина вільоту;

n, m – показники, які враховують вплив вільоту на стійкість інструменту.

Залежно від способу виготовлення свердла, а також матеріалу, який оброблюють, показники степенів n і m за результатами досліджень [4, 5] приймають в межах від 0,1 до 0,5. Так, наприклад, для свердлів, які досліджувались у роботі [4] при обробці сплаву ВТ20, показник степеня n приблизно дорівнює 0,4, для фрезерованих свердлів відповідно з результатами, що наведені у роботі [5], показник степеня n становить приблизно 0,15.

Порівнюючи процеси глибокого свердлення отворів свердлами з постійним і змінним вільотом, необхідно відзначити, що величина вільоту буде однаковою тільки на граничній глибині обробки. Протягом усього процесу обробки при роботі зі змінним вільотом інструмента ця величина завжди буде меншою. Таким чином, за всіма рівними умовами відношення стійкості інструмента при обробці зі змінним і постійним вільотом може бути визначене по формулі:

$$\frac{T}{T_0} = \frac{k - k^{\frac{n}{m}}}{k - 1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{n}{m}}, \quad (3)$$

де k – відношення вільоту наприкінці обробки до вихідного вільоту.

Відповідно до залежностей (2) і (3) побудовані графіки стійкості інструмента при свердлінні зі змінним вильотом від відношення вильотів наприкінці і початку обробки (рис. 2). Показник степені m , що враховує вплив вильоту на стійкість, при цьому прийнятий рівним 0,25. Наведені графічні залежності показують, що зі збільшенням відношення вильотів наприкінці і початку обробки, стійкість інструмента зростає. З погіршенням оброблюваності матеріалу (збільшення показника n) ефект зростання стійкості збільшується. Ці висновки співпадають з експериментальними дослідженнями [4], проведеними на спеціальних свердлах (свердильних спіралях без хвостовика) постійного перерізу по всій довжині інструмента, які показали, що крутильні коливання, які знижують стійкість свердлів, є пропорційними кубу довжини вильоту свердла.

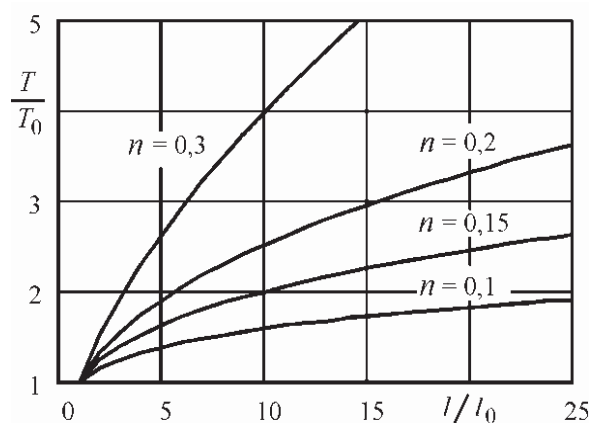
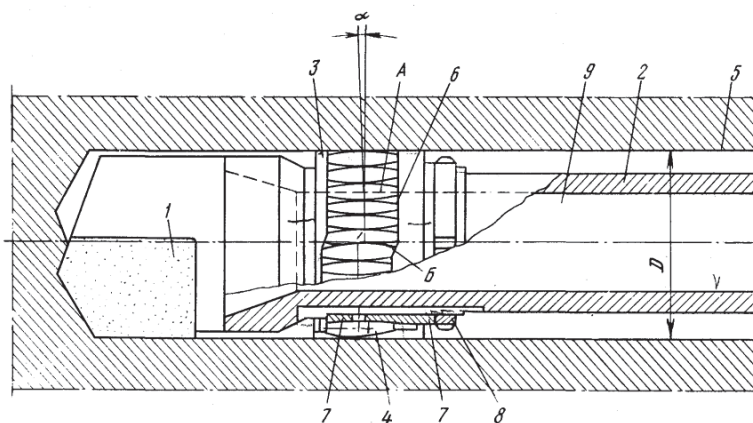


Рисунок 2 – Стійкість інструмента при свердлінні зі змінним вильотом

Джерело: розроблено автором

Проведені дослідження і узагальнення опублікованих робіт [4 – 8] склали теоретичну основу створення ряду принципово нових конструкцій механізмів зі змінною структурою, що працюють за методом перехоплення стебла інструмента по його довжині [2], а також розробки схем комбінованої обробки глибоких отворів із взаємною компенсацією складових технологічного навантаження. Однопоточкова функціональна залежність навантаження привода подачі разом із приводом головного руху у відповідності зі структурою схемою, що наведена в [8], за механізм зазначеної функціональної залежності можуть виступати інструмент і заготовка, що оброблюється, і які взаємодіють в процесі обробки.

Схема розвантаження свердла, що основана на використанні комбінованої обробки „різання — пластична деформація”, застосована для свердління глибоких отворів [9, 10]. Схема процесу наведена на рис. 3. Інструмент комбінованої обробки глибоких отворів складається з різцевої головки, встановленої на корпусі і напрямної з роликками, що розташовані між стінкою отвору, який оброблюється, і гвинтовим замкнутим пазом напрямної. Напрямна може бути виконана у вигляді двох конусних кілець, закріплених на корпусі гайкою.



1 – різцева головка; 2 – корпус; 3 – напрямна; 4 – ролик; 5 – стінка отвору; 6 – гвинтовий замкнутий паз;
7 – конусне кільце; 8 – гайка; 9 – осьовий канал для відведення МОТЗ

Рисунок 3 – Свердло для глибокого свердління із самоподачею

Джерело: [9, 10].

Гвинтова поверхня паза на ділянці А виконана з кутом підйому α , що визначається з умови $\operatorname{tg} \alpha \geq S_0 / \pi D$, де S_0 – подача на оберт; D – діаметр отвору. Гвинтовий паз змикається на ділянці Б, виконаній з більшою глибиною ніж на ділянці А. Корпус має осьовий канал для відводу МОТЗ.

При обробці глибоких отворів комбінованим інструментом деталі або інструменту надають відносно обертання і рух подачі. МОТЗ подається в кільцевий зазор між корпусом і отвором. Відпрацьована рідина разом зі стружкою виводиться через осьовий канал. Між роликami і поверхнею отвору створюється натяг за допомогою гайки, що зближує конічні кільця. Це дає змогу при взаємному обертанні деталі і інструмента роликami перекочуватись по поверхні отвору і по кільцях. Так як конічна поверхня кільця на ділянці А виконана гвинтовою, роликi відносно отвору рухаються по гвинтовій лінії, долаючи осьову складову сил різання, і надають інструменту переміщення в напрямку подачі. Повернення роликів здійснюється на ділянці Б конічних кільць, що виконані тут з більшою глибиною, завдяки чому роликi не контактують з поверхнею отвору і можуть вільно повертатися у вихідне положення на ділянці А.

Натяг між роликami і отвором забезпечується гайкою, що зближує кільця, і вибирається в залежності від осьової складової сили різання так, щоб сила тертя між роликami і отвором перевищили її. При необхідності зміни величини подачі, наприклад, при переході до обробки іншого матеріалу, кільця замінюються на кільця з іншим кутом нахилу.

При взаємодії роликів з отвором відбувається часткове пластичне деформування металу деталі, завдяки чому поліпшується якість обробленої поверхні.

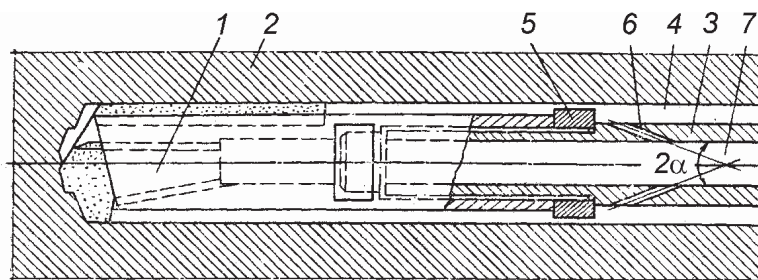
Механізм подачі необхідний лише під час врзання і для здійснення прискорених переміщень. Стебло свердла розвантажується від осьових сил і, відповідно, зменшується амплітуда коливань і підвищується точність обробки. Момент опору перекошування роликів у порівнянні з моментом сил різання є незначним і мало відображається на верхній межі передачі, обумовлений умовою міцності стебла по крутному моменту. Одночасно зі здійсненням подачі роликi пластично деформують стінки отвору, підвищуючи його якість.

Розвантаження стебла свердла при глибокому свердленні можливе не тільки при використанні комбінованого процесу механічної обробки глибоких отворів „різання –

пластична деформація” [9, 10]. Запропоновано пристрій, що дозволяє понизити осьове навантаження на стебло свердла створенням надмірного тиску МОТЗ в зоні різання. Схема пристрою для подачі в зону різання надмірного тиску МОТЗ приведена на рис. 4. Інструментальна головка, оброблювана деталь закріплені на трубчастому стеблі, що створює з оброблюваним отвором кільцеву порожнину для подачі під тиском МОТЗ з мастилоприймача (на рисунку не показаний). На стеблі біля різцевої головки закріплена шайба-дросель. Перед шайбою в стеблі виконані під кутом отвори малого діаметру, що направлені від різцевої головки і сполучають порожнину з осьовим каналом стебла.

Для забезпечення оптимальних співвідношень гідравлічних потоків площа F_k осьового каналу стебла свердла і площі F_o отворів зв’язані залежністю $12 < \frac{F_k}{F_o} < 25$.

Пристрій працює таким чином. В процесі свердлення деталі повідомляється обертання, а стебла, закріпленому в інструментальному супорті верстата (на рисунку не показаний), повідомляється рух подачі. В процесі різання виникає осьова сила різання, що впливає на стебло і яка спричиняє його подовжній вигин. Стружка, яка утворюється при різанні, вимивається через канал стебла свердла за допомогою МОТЗ, що подається під тиском через порожнину і зазор між шайбою і отвором.



1 – інструментальна головка; 2 – деталь; 3 – трубчасте стебло; 4 – порожнина;
5 – шайба-дросель; 6 – отвори малого діаметру; 7 – осьовий канал стебла

Рисунок 4 – Зменшення продольного вигину стебла свердла шляхом подачі в зону різання надмірного тиску МОТЗ

Джерело: [9, 10]

Різниця тиску МОТЗ з боків шайби створює осьову силу, направлену зворотно складовій сил різання і частково компенсуючу її. Сила, що діє на стебло, зменшується, підвищується точність і продуктивність обробки. Величина різниці тиску залежить від тиску МОТЗ в каналах стебла свердла. При витіканні МОТЗ через отвори малого діаметру виникаючі похилі струмені захоплюють за собою МОТЗ, що знаходиться в каналі, і створюють в отворі різцевої головки розрідження. При цьому в отворі різцевої головки значно збільшується різниця тиску на шайбі. Ефект збільшення розвантажуючої сили досягається без зростання тиску МОТЗ в напірній магістралі, що дозволяє використовувати гідростанції малої потужності.

Оскільки частина потоку МОТЗ з порожнини перетікає в канал через отвір, з’являється можливість зменшити зазор між шайбою і отвором, збільшити діаметр шайби і підвищити розвантажуючу силу, залежну від площі шайби. Даний пристрій забезпечує розвантаження стебла свердла при дії сил різання без збільшення споживаної від гідростанції потужності, що значно покращує його експлуатаційні характеристики.

Висновки. Наведені дослідження показують, що керування навантаженням стебла інструмента по осьовій складовій сили різання і сил опору принципово можливе при використанні процесів комбінованої обробки отворів. Розроблені способи обробки глибоких отворів вирішують задачу зниження складових технологічного навантаження і дозволяють розширити технологічні можливості процесу свердління по глибині обробки.

Список літератури

1. Пестунов В. М., Свяцкий В. В., Свяцкая Л. П. Решение проблем глубокого сверления в металлообработке. *Вестник НТУУ „КПИ”*. *Машиностроение*. 2006. № 49. С. 173–178.
2. Свяцкий В. В., Скрипник О. В. Підвищення продуктивності процесу глибокого свердління. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2017. № 2(61). С. 105–113.
3. Лишинский Л. Ю. Оптимизация операций глубокого сверления. *Станки и инструмент*. 1971. № 10. С. 18–24.
4. Бурмистров Е. В., Мурашкин Е. М., Таратов А. В. Крутильные колебания и их влияние на стойкость сверл малых диаметров при обработке жаропрочных и титановых сплавов. *Прогрессивные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация*. Вильнюс: ЛитНИИНТИ, 1974. С. 13.
5. Жилис В. И., Казакайтис В. Ф., Вайкунас П. С. Исследование износа быстрорежущих спиральных сверл. *Прогрессивные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация*. Вильнюс: ЛитНИИНТИ, 1974. С. 34.
6. Пестунов В. М., Свяцкий В. В., Свяцкая Л. П. Элементы системы СПИД, ограничивающие выходные характеристики процесса глубокого сверления сверления. *Naukowyt progress na rubieży tysiącleci – 2008 : materiały IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, 1 – 15 czerwca 2008 roku*. *Przemysł : Nauka i studia*, 2008. Тум 14. S. 53–55.
7. Пестунов В. М., Свяцкий В. В., Свяцкая Л. П. Процес глибокого свердління з управлінням потоками потужності в кінематичних ланцюгах формоутворення. *Nastoleni moderni vědi – 2008 : materiály IV mezinárodní vědecko-praktická konference, 27.09 – 05.10.2008*. Praha : Publishing House „Education and science” s.r.o., 2008. Díl. 9. S. 31–33.
8. Пестунов В. М., Свяцкий В. В., Придворова С. В. Оптимізація процесу обробки глибоких отворів. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2012. Вип. 25. Ч. 1. С. 200–210.
9. Пестунов В. М., Свяцкий В. В., Свяцкая Л. П. Розвантаження свердла при комбінованій обробці глибоких отворів. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2008. Вип. 20. С. 166–168.
10. Пестунов В. М., Свяцкий В. В., Придворова С. В. Механізми розвантаження інструменту при свердленні глибоких отворів. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2012. Вип. 25, ч. 1. С. 219–223.

Referencis

1. Pestunov, V.M., Sviatskyi, V.V. & Sviatska, L.P. (2006). Reshenie problem glubokogo sverlenija v metalloobrabotke [Solving the problems of deep drilling in metalworking]. *Vestnik NTUU „KPI”*. *Mashinostroenie – Bulletin of NTUU "KPI". Engineering*, 49, 173-178 [in Russian].
2. Sviatskyi, V.V. & Skrypnyk, O.V. (2017). Pidvyschennia produktyvnosti protsesu hlybokoho sverdlinnia [Productivity improvement of the deep drilling process]. *Visnyk Khersons'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu – Bulletin of the Kherson National Technical University*, 2(61), 105-113 [in Ukrainian].
3. Lishhinskij L. Ju. (1971). Optimizacija operacij glubokogo sverlenija [Optimization of deep drilling operations]. *Stanki i instrument – Machines and tools*, 10, 18-24 [in Russian].
4. Burmistrov E. V., Murashkin E. M., Taratov A. V. (1974). Krutyl'nye kolebanija i ih vlijanie na stojkost' sverl malyh diametrov pri obrabotke zharoprochnyh i titanovyh splavov [Torsional vibrations and their influence on the resistance of small diameter drills during processing of heat-resistant and titanium alloys]. *Progressivnye konstrukcii sverl i ih racional'naja jekspluatacija – Progressive drill designs and their rational operation*, Vilnius: LITNIINTI, 13 [in Russian].

5. Zhilis V. I., Kazokajts V. F., Vajkunas P. S. (1974). Issledovanie iznosa bystrorezhushhiih spiral'nyh sverl [Examination of wear of high-speed twist drills] *Progressivnye konstrukcii sverl i ih racional'naja jekspluatacija – Progressive drill designs and their rational operation*, Vilnius: LITNIINTI, 34 [in Russian].
6. Pestunov, V.M., Sviatskyi, V.V. & Sviatska, L.P. (2006). Jelementy sistemy SPID, ogranichivajushhie vyhodnye charakteristiki processa glubokogo sverlenija [System elements "machine-fixture-tool-workpiece" that limit the output characteristics of the process of deep drilling]. *Naukovym progress na rubiezy tysiacleci' 2008: IV mezhdynarodova naukowo-praktyczna konferencija (1-15 czerwca 2008 roku) – International Scientific and Practical Conference*. (14, pp. 53-55). Przemysl: Nauka i studia [in Russian].
7. Pestunov, V.M., Sviatskyi, V.V. & Pridvorova, S.V. (2012). Optyimizatsiia protsesu obrobky hlybokyykh otvoriv [Optimization of processing deep apertures]. *Zbirnyk naukovyykh prats' Kirovohrads'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v sil'skohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia – Collection of scientific works of Kirovograd National Technical University. Engineering in agriculture, mechanical engineering, automation, 25, 1, 200-210* [in Ukrainian].
8. Pestunov, V.M., Sviatskyi, V.V. & Sviatska, L.P. (2008). Protsey hlybokoho sverdlinnia z upravlinniam potokamy potuzhnosti v kinematychnykh lantsiuhakh formoutvorennia [The process of deep drilling with control of power flows in the kinematic chain of shape forming]. *Nastoleni moderni vedy' 2008: IV mezinárodní vědecko-praktická konference (27.09-05.10.2008) – International Scientific and Practical Conference*. (9, pp. 31-33). Praha: Publishing House „Education and science” s.r.o. [in Ukrainian].
9. Pestunov, V.M., Sviatskyi, V.V. & Sviatska, L.P. (2008). Rozvantazhennia sverdla pry kombinovanij obrobtisi hlybokyykh otvoriv [Unloading the drill with combined treatment of deep openings]. *Zbirnyk naukovyykh prats' Kirovohrads'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v sil'skohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia – Collection of scientific works of Kirovograd National Technical University. Engineering in agriculture, mechanical engineering, automation, 20, 166-168* [in Ukrainian].
10. Pestunov, V.M., Sviatskyi, V.V. & Pridvorova, S.V. (2012). Mekhanizmy rozvantazhennia instrumentu pry sverdlenni hlybokyykh otvoriv [Mechanisms unloading tool when deep drilling]. *Zbirnyk naukovyykh prats' Kirovohrads'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v sil'skohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia – Collection of scientific works of Kirovograd National Technical University. Engineering in agriculture, mechanical engineering, automation, 25, 1, 219-223* [in Ukrainian].

Volodymyr Sviatskyi, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Skrypnyk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,

Oleh Sisa, PhD tech. sci., **Serhii Kononchuk**, PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Combined Deep Hole Processing Methods

The drilling of deep openings is a labor-intensive technological process, especially when processing viscous materials. In the system "machine-fixture-tool-workpiece" with deep drilling in the most difficult conditions the tool – a drill. Closed processing volume, various functions, the implementation of which must provide the design of the tool, forced mode of cutting forced to work the drill body, its cutting and guiding elements with high stresses.

Typically, the process of drilling deep openings is carried out on special or aggregate machines using a device containing a drill installed on a tubular stalk with ducts for chip removal and a lubricant receiving system for supplying a lubricating and cooling technical device under pressure. In the process of processing, the stem of the drill is under the influence of the axial component of the cutting force, which leads to its longitudinal bending and, consequently, to reduce the accuracy of the machining and stability of the tool.

Optimization of the process of deep drilling is reduced, as a rule, to the removal of certain technical limitations on the stability, strength or stiffness of the drill. However, the possibility of increasing the stiffness of the tool due to the change in the shape of the cross section of the stem of the drill is currently sufficiently studied and practically exhausted.

The above theoretical and experimental studies show that the control of the load of the tool stem along the axial component of the cutting force and the resistance forces is fundamentally possible with the use of processes of combined processing of openings. Developed methods of processing deep openings solve the problem of reducing the components of technological load and allow you to expand the technological capabilities of the drilling process at the depth of processing.

deep drilling, tool, stability, stiffness, unloading, deformation, efficiency

Одержано (Received) 27.05.2019

Прорецензовано (Reviewed) 30.03.2019

Прийнято до друку (Approved) 04.06.2019