

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ З ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ З ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ РОТАЦІЙНОЮ ВИТЯЖКОЮ

(Представлено д.т.н., проф. Глушко О.В.)

Виконано огляд основних публікацій по ротаційній витяжці листових та трубних заготовок. Показано, що методами ротаційної витяжки можна отримувати вісесиметричні деталі досить складних форм при невеликій витраті металу. Підкреслено переваги процесів ротаційної витяжки з використанням гідравлічного приводу з електрогідравлічним розподільником, які полягають в тому, що існує можливість за допомогою спеціальних програм регулювати процес обробки шляхом забезпечення раціональних траєкторій руху інструменту та величини деформуючих зусиль залежно від положення інструменту на траєкторії, що дозволяє позитивно впливати на історію пластичного деформування та забезпечувати високу якість готових виробів.

У даній роботі для забезпечення автоматизованої багатоперехідної ротаційної витяжки базовий верстат оснащений електрогідравлічним приводом, що керується від контролера. Контролер перетворює інформацію з персонального комп'ютера (ПК) на сигнал керування золотником гідравлічного розподільника, який, в свою чергу, дозволяє програмувати рух інструменту по заданій траєкторії.

Ключові слова: ротаційна витяжка; стоншення; оправка; деформація; формозміння; заготовка; розподільник.

Вступ. Постановка проблеми. У різних галузях промисловості широкого розповсюдження отримали вісесиметричні деталі, що виготовляються ротаційною витяжкою трубних або листових заготовок з чорних та кольорових металів.

Процес ротаційної витяжки характеризується локалізацією деформації в невеликій зоні оброблюваного металу, переміщення якої, внаслідок обертання заготовки і подачі інструменту по заданих траєкторіях, призводить до необоротної зміни форми і отримання потрібного виробу. Ротаційна витяжка успішно конкурує з механічною обробкою за продуктивністю і дозволяє використовувати більш прості за формою і способом отримання заготовки.

Ротаційна витяжка – це технологічний процес послідовної зміни форми, розмірів і властивостей плоских або вісесиметричних заготовок шляхом локалізації пластичної деформації в невеликій зоні, переміщення якої відбувається по заданих траєкторіях внаслідок обертання заготовки і відповідної подачі інструмента, що призводить до незворотної зміни форми і отримання потрібної деталі [1–8].

Значний внесок у розвиток теорії та практики процесу ротаційної витяжки внесли такі вчені: К.Н. Богоявленський, В.В. Смирнов, І.П. Ренне, В.Г. Капорович, В.І. Корольков, М.І. Могильний, В.В. Лапін, Е.А. Попов, Н.А. Шестаков, С.П. Яковлев, С.С. Яковлев та інші [5–7], а також зарубіжні дослідники Б.Авитцур, С.Кобаяши, С.О. Колпакчиоглу, Е.Томсен, С.Н. Уэллс, Ч.Янг та інші.

Аналіз сучасного стану проблеми. У більшості випадків при ротаційній витяжці листова заготовка, що обертається, деформується за допомогою давильного елемента і перетворюється в вісесиметричну оболонку. Прототипом ротаційної витяжки є видавлювання ручним способом, яке відоме в Європі з пізнього середньовіччя: перші згадки про цей метод припадають на початок XIV століття. Ця технологія використовується і сьогодні для дрібносерійного виробництва деталей з тонких листів пластичних матеріалів [1].

Ротаційна витяжка об'єднує велику кількість різноманітних операцій (рис. 1). На універсальних автоматизованих токарно-давильних верстатах можна виконати більше 25 операцій пластичної деформації та різання листових, штампованих, кованих, зварних і комбінованих заготовок [9].

У машинобудуванні для отримання виробів високої точності і низької шорсткості поверхні широко застосовується метод ротаційної витяжки, що базується на використанні роликів або кулькових давильних елементів, які локально діють на поверхню заготовки.

Потужність процесу ротаційної витяжки залежить від ряду факторів:

- ступінь деформації;
- повздовжня подача;
- швидкість обробки;
- геометрія і форма давильних елементів тощо.

В останні роки ротаційна витяжка отримала значний розвиток і стала одним з економічних методів виготовлення порожнистих деталей. За певних умов і масштабах виробництва цей спосіб

формування оболонок перевершує за продуктивністю й економічністю штампування на пресах (особливо при виготовленні глибоких конічних і параболічних деталей). Це пояснюється застосуванням нових схем деформування, більш глибоким вивченням основ механіки процесів формування оболонок, розробкою нових видів прогресивного обладнання, створенням високопродуктивних токарно-давильних верстатів, у тому числі з програмним керуванням.

На сьогоднішній день у нашій країні і за кордоном в процесах ротаційної витяжки застосовуються методики, в основі яких лежать сучасні способи задання траєкторій руху інструменту та вибір режимів обробки залежно від механічних характеристик матеріалу заготовки, її геометричної форми і розмірів. Це дозволяє мати високу якість виготовлення, низьку собівартість продукції і високий коефіцієнт використання металу. За допомогою ротаційної витяжки ми можемо отримати деталі не лише простої, конічної чи трубчастій форм [3–8], а й складної форми з багатьма згинами [10, 11].

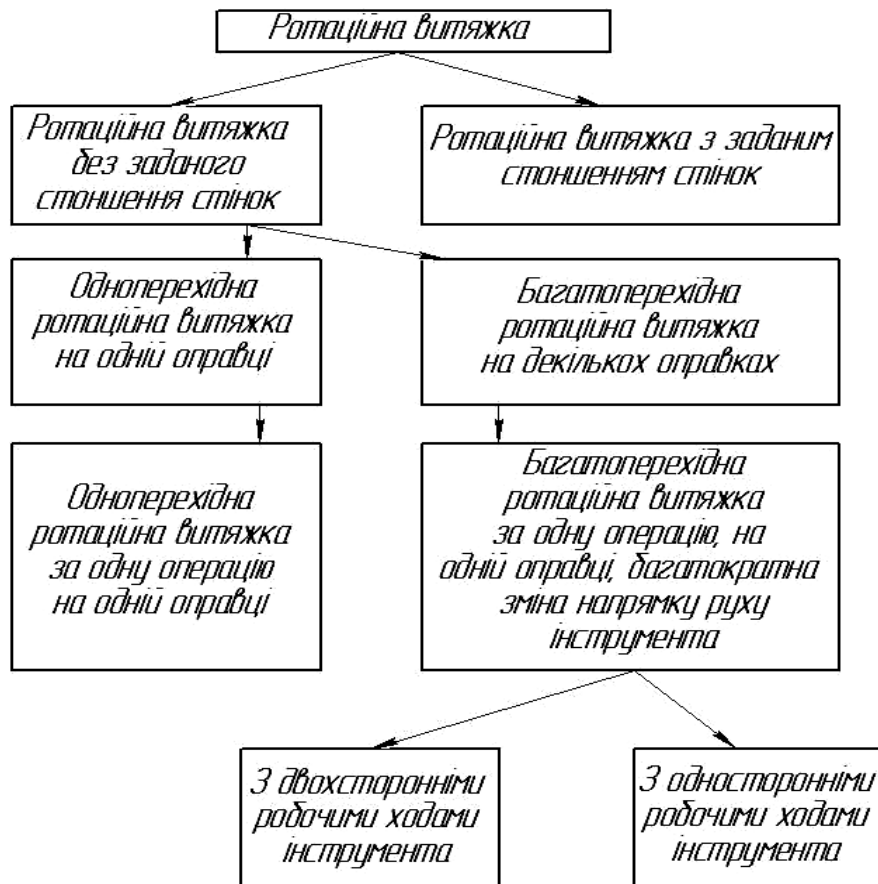


Рис. 1. Класифікація процесів ротаційної витяжки

Багато робіт [12–17] присвячено експериментальним дослідженням силових і деформаційних параметрів, формуванню геометричних показників якості циліндричних деталей, що виготовляються ротаційною витяжкою на спеціалізованому обладнанні роликowymi (прямим і зворотним способом) і кульковими спеціальними пристроями.

Теоретичні основи процесу автоматизованої ротаційної витяжки розроблені для оцінки типових технологічних відмов: втрати стійкості заготовки при формуванні навантаженням, за заданою програмою; гофрування під впливом надмірного стоншення і розриви заготовки через недостатню пластичність матеріалів.

У [4] досліджено параметри осередку деформації при ротаційній багатоперехідній витяжці оболонок з конічних заготовок і отримано методики аналітичного розрахунку.

Осередок деформування розглядається як ділянка оболонки, утвореної в результаті взаємодії оброблюваної деталі і давильного інструменту в місці їх контакту (рис. 2, а). Він визначається конфігурацією заготовки, геометрією давильного ролика і характеризується кутом захвата δ , висотою C в перетині максимальної деформації, довжиною H і шириною B (рис. 2, б).

У [4] зазначено, що ефективним методом отримання вісесиметричних оболонкових виробів в умовах одиничного й серійного виробництва є ротаційна багатоперехідна витяжка на токарно-давильних верстатах.

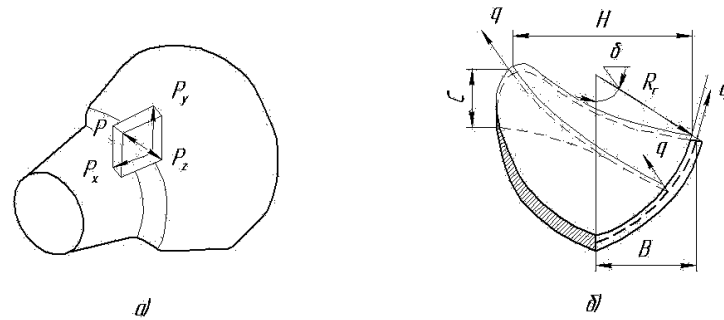


Рис. 2. Геометричні параметри осередку деформації:
а) положення осередку відносно напрямку дії сил; б) геометричні параметри осередку

У [18] описано технологічні процеси виготовлення вісесиметричних деталей ротаційною витяжкою і ротаційним обтиском. Наведена технологічна схема виготовлення циліндричних деталей зі сталі 10 методом ротаційної витяжки та ротаційного обтиску, а також різання труб на мірні заготовки, механічна обробка (обточування, розточування), перший (ротаційний обтиск) та другий (ротаційна витяжка) переходи.

У [19] запропоновано аналітичний спосіб аналізу напруженого і деформованого станів заготовки, силових режимів операції ротаційної витяжки конічних деталей з анізотропних матеріалів.

У [11] для здійснення і дослідження процесів багатоперехідної ротаційної витяжки спроектовано і виготовлено експериментальну установку, що дозволяє здійснювати автоматизовану ротаційну витяжку оболонок різної конфігурації з конічних заготовок. Експериментальна установка створена на базі універсального токарно-гвинторізного верстата моделі 1М63.

Викладення основного матеріалу. Для забезпечення автоматизованої багатоперехідної ротаційної витяжки, базовий верстат оснащений: однокоординатним гідрокопірувальним супортом; спеціальною приставкою для управління золотником гідросуппорта і програмування руху інструменту; електричною системою, що забезпечує автоматизований цикл обробки.

Нами розроблено установку, що дозволяє проводити автоматизовану ротаційну витяжку деталей складної форми.

Для забезпечення автоматизованої багатоперехідної ротаційної витяжки базовий верстат оснащений електрогідрравлічним приводом, що керується від контролера. Контролер перетворює інформацію з ПК на сигнал керування золотником гідрравлічного розподільника, який, в свою чергу, дозволяє програмувати рух інструменту по заданій траєкторії [20, 21] та величину деформуючої сили.

Структурна схема установки наведена на рисунку 3.

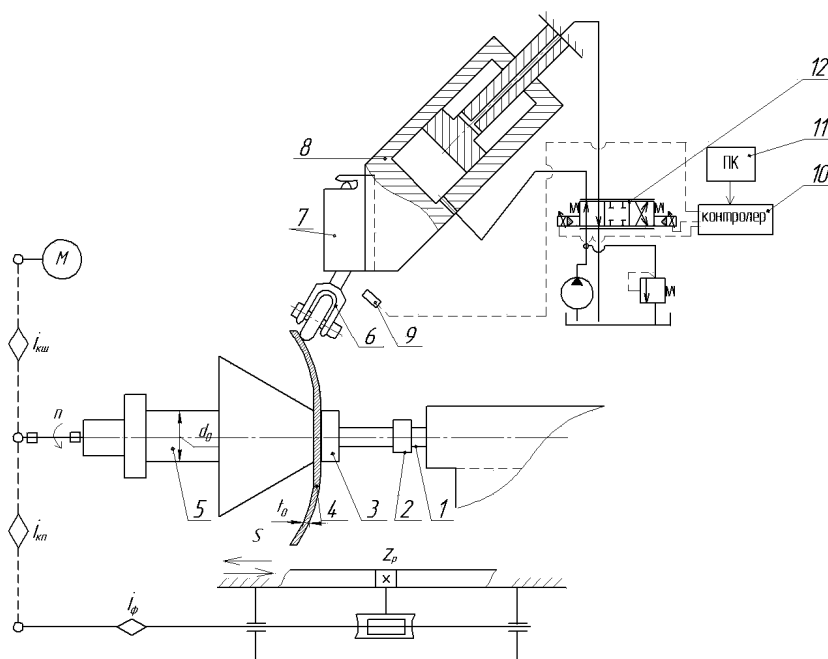


Рис. 3. Структурна схема установки з гідравлічним приводом, в якому використано електрогідравлічний розподільник

При ротаційній витяжці вісесиметричну листову 4 з товщиною стінки t_0 встановлюють на давильну оправку 5 діаметром d_0 і притискають до неї піноль задньої бабки 1 через обертовий центр 2 і притиск 3. Обертання заготовки 4 з частотою n здійснювали від електродвигуна M через коробку швидкостей $i_{км}$. Подача S здійснюється від шпинделя через коробку подач $i_{кп}$. Механізм фартуха з електромагнітною реверсивною муфтою $i_{р}$ і рейковою шестернею z_p передає переміщення S гідравлічному супорту 8.

Траєкторії руху інструменту 6, встановленого в динамометр 7, задаються спеціальними програмами і забезпечуються гідравлічним приводом. Переміщення робочого інструменту керується пропорційним електрогідравлічним розподільником 12, контролювання виконується датчиком переміщення 9, який передає координати руху на контролер 10, а той, в свою чергу, може змінювати керуючий сигнал для розподільника 12 (за необхідності). Після чого подається сигнал від контролера на магніти гідророзподільника 12.

Ротаційну витяжку оболонок виконували при русі інструменту 6 з заданим радіусом кривизни робочої поверхні, в прямому і зворотному напрямках по траєкторіях, показаних на рисунку 4.

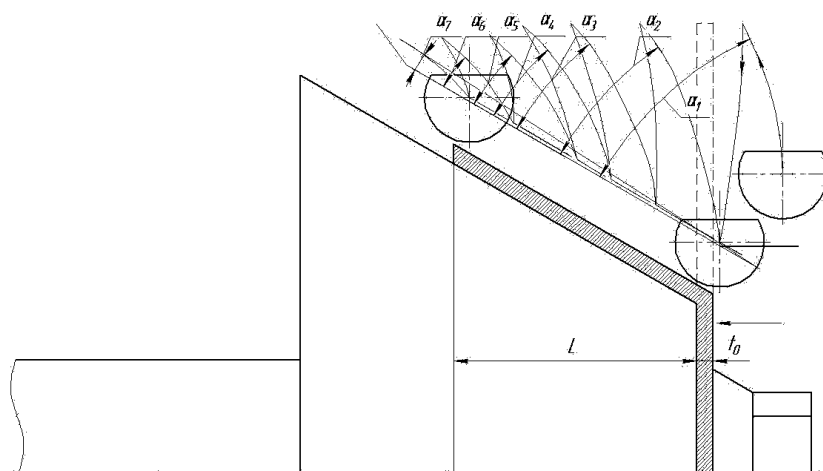


Рис. 4. Послідовність ротаційної витяжки заготовки та траєкторії руху інструменту

При застосуванні гідравлічного приводу збільшується точність обробки, плавність руху ролика по даній траєкторії, а також є можливість здійснювати величину деформуючої сили. При ручній обробці або за допомогою копіру точність руху ролика по заданій траєкторії значно менша, тому якість готових деталей невисока і потребує додаткової механічної обробки. Дана траєкторія на кожному проході змінює свій кут нахилу відносно поверхні заготовки від 10 до 45° (рис. 4). Тому для реалізації такої траєкторії та задання необхідного навантаження на ролик, доцільніше використовувати установку з електрогідравлічним приводом.

Конструкція, що представлена на рисунку 3, є кращою і точнішою для виготовлення даної деталі. Тому при застосуванні електрогідравлічного розподільника робота ролика контролюється за кожен частку секунди роботи за допомогою датчика переміщення 9, який забезпечує зворотній зв'язок. Дана схема має також перевагу в швидкості переобладнання на виготовлення іншої деталі.

Поряд із зазначеними перевагами ротаційна витяжка має недоліки і обмеження, що необхідно враховувати при виборі методу виготовлення порожнистих деталей. До недоліків слід віднести недостатню вивченість процесу і складність розрахунку режимів формоутворення; необхідність спеціального навчання робітників, наладчиків і технологів; підвищену складність налагодження і настроювання автоматизованих токарно-давильних верстатів, порівняно з пресами.

На даний час перспективними є технології, в яких для проектування процесів ротаційної витяжки і задання раціональних траєкторій руху інструменту та силових режимів використовуються сучасні досягнення прикладної теорії деформування та теорії стійкості формозмінення листових заготовок.

Методами ротаційної витяжки можна виготовляти порожнисті вісесиметричні деталі машин, приладів, апаратів, атомних реакторів, обіддя коліс автомашин і тракторів, дифузори вентиляторів, різні посудини, ковпаки коліс, алюмінієві колби, прецизійні трубки, рефлектори, обтічники, газові балони, кришки підшипників, молочні бідони, радіолокаційні відбивачі, келихи, декоративні вазы і чаші, деталі апаратів для дослідження космічного простору, супутникові тарілки, бетономішалки та інші порожнисті вироби, що мають форму, подібну до тих, що показано на рисунку 5.



Рис. 5. Деталі, що виготовляються ротаційною витяжкою

Висновок. Ротаційна витяжка є ефективним технологічним процесом виготовлення з листового металу порожнистих деталей при дрібно- і середньосерійному виробництві.

Аналіз досліджень процесів ротаційної витяжки показує, що методами ротаційної витяжки можна отримувати вісесиметричні деталі досить складних форм при невеликій витраті металу. При ротаційній витяжці є можливість регулювати процес обробки шляхом використання спеціальних програм для верстатів з ЧПК.

Запропоновано використання гідравлічного привода з електрогідравлічним розподільником, що дозволяє значно розширити можливості процесів ротаційної витяжки за рахунок більш точного задання траєкторій руху робочого інструмента та одночасного регулювання деформуючої сили залежно від положення ролика на робочій траєкторії, що дозволяє позитивно впливати на історію пластичного деформування.

Список використаної літератури:

1. *Могильный Н.И.* Ротационная вытяжка оболочковых деталей на станках / *Н.И. Могильный*. – М. : Машиностроение, 1983. – 190 с.
2. *Баркляя В.Ф.* Формоизменение листового металла / *В.Ф. Баркляя, С.Е. Рокотян, Ф.И. Рузанов*. – М. : Металлургия, 1976. – 264 с.
3. *Вальтер А.И.* Ротационная вытяжка с утонением стенки шариковыми раскатными устройствами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.02.09 «Технологии и машины обработки давлением» / *Вальтер Александр Игоревич*. – Тула, 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dissers.ru/avtoreferati-kandidatskih-dissertatsii1/a253.php>.
4. Исследование параметров очага деформирования при ротационной многопроходной вытяжке оболочек на станках / *В.А. Плахотник, А.П. Конский, И.Е. Бурлаков* и др. – Луганськ : Суну ім. В.Даля, 2011. – Вип. 2. – С. 5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zavantag.com/tw_files/16193/d-16192367/7z-docs/31.pdf.
5. *Яковлев С.С.* Ротационная вытяжка с утоншением стенки осесимметричных деталей из анизотропных трубных заготовок / *С.С. Яковлев, В.И. Трегубов*. – М. : Машиностроение, 2009. – 254 с.
6. *Вальтер А.И.* Оценка энергетических параметров РВ цилиндрических оболочек с помощью МКЭ / *А.И. Вальтер, Л.Г. Юдин, А.А. Хитрый* // Кузнечно-штамповочное производство. – 1995. – № 8. – С. 2.
7. *Дель Г.Д.* Моделирование операций ротационной вытяжки с утоншением / *Г.Д. Дель, В.И. Корольков* // Кузнечно-штамповочное производство. – 1996. – № 3. – С. 23.
8. *Арефьев Ю.В.* Ротационная вытяжка с утонением стенки осесимметрических деталей из анизотропных трубных заготовок : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / *Арефьев Юрий Владимирович*. – Тула, 2007. – 190 с.
9. *Ранжус Х.* Формообразование многоходовой ротационной вытяжкой оболочковых деталей летательного аппарата на станках с ЧПУ : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.02 / *Ранжус Хасан*. – Казань, 2011. – 130 с.
10. *Сивак І.О.* Формування вісесиметричних полх деталей складної форми на верстатах з ЧПК / *І.О. Сивак, Є.І. Шевчук* // VI Міжнар. науково-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» : тези доп. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – С. 34–35.

11. *Наумов Д.М.* Исследование процесса ротационной вытяжки с утонением стенки / *Д.М. Наумов* // Молодежные инновации : сб. докладов VI молодежная НТК ; Секция : Технические науки. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2010. – Ч. 2. – С. 162–164.
12. *Трегубов В.И.* Силовые режимы ротационной вытяжки цилиндрических деталей на специализированном оборудовании / *В.И. Трегубов, С.С. Яковлев, С.П. Яковлев* // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2005. – № 1. – С. 17–23.
13. *Трегубов В.И.* Анализ ротационной вытяжки цилиндрических деталей / *В.И. Трегубов, С.С. Яковлев* // Заготовительные производства (Кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства). – 2004. – №10. – С. 25–30.
14. *Трегубов В.И.* Изменение разностенности цилиндрических деталей при ротационной вытяжке / *В.И. Трегубов, А.Е. Белов, М.В. Ларина* // Известия ТулГУ ; Серия : Механика деформированного твердого тела и обработка металлов давлением. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2003. – Вып. 2. – С. 120–125.
15. *Трегубов В.И.* Исследование влияния технологических параметров ротационной вытяжки на геометрические характеристики цилиндрических деталей / *В.И. Трегубов, А.Е. Белов, С.С. Яковлев* // Вестник машиностроения. – 2002. – №10. – С. 55–58.
16. *Маленичев А.С.* Взаимосвязь конструктивных характеристик оборудования и технологической оснастки для ротационной вытяжки с параметрами качества получаемых изделий / *А.С. Маленичев* // Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. – Тула : Гриф, 2000. – С. 215–221.
17. *Яковлев С.С.* Технологии изготовления осесимметричных деталей ротационной вытяжкой / *С.С. Яковлев, В.И. Трегубов, Д.В. Дудука* // Известия ТулГУ ; Серия : Технологии и оборудование для обработки металлов давлением. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2010. – Вып. 3. – С. 121–127.
18. *Яковлев С.С.* Подход к анализу операции ротационной вытяжки конических деталей из анизотропных материалов / *С.С. Яковлев, А.Н. Дробик* // Известия ТулГУ ; Серия : Технологии и оборудование для обработки металлов давлением. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2009. – Вып. 3. – С. 131–135.
19. Дослідження системи керування пропорційним електрогідравлічним розподільником / *Д.О. Лозінський, Л.Г. Козлов, М.М. Лозінська* та ін. // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 2. – С. 6 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011_2/2011-2.files/uk/12dolped_ua.pdf.
20. *Лозінський Д.О.* Порівняльні дослідження варіантів першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника / *Д.О. Лозінський, Л.Г. Козлов, Є.І. Шевчук* // Наукові праці ВНТУ. – 2012. – № 2. – С. 7 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2012_2/2012-2.files/uk/12dalehd_ua.pdf.

ШЕВЧУК Євген Ігорович – аспірант кафедри «Технологій та автоматизації машинобудування» Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження пластичності металів та стійкість процесу формозмінення заготовок при обробці металів тиском.

Тел.: (063)384–07–99.

E-mail: Shevae_111@mail.ru

Стаття надійшла до редакції 18.08.2015