

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**



**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ.  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ  
XVIII Міжнародної  
науково-технічної конференції**

Краматорськ 2020

## УДК 621.9

Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 21 — 24 грудня 2020 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2020. — 112 с.

**ISBN 978-966-379-959-9**

В збірнику наведені матеріали до вирішення актуальних проблем важкого машинобудування, конструювання, виготовлення та експлуатації машин, верстатів, інструментів, розробки та впровадження прогресивних енергозберігаючих технологій.

## МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

### Голова

**Ковальов В.Д.,**

д.т.н., проф., в.о. ректора ДДМА

### Члени програмного комітету:

**Антонюк В.С.,**

д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Васильченко Я.В.,**

д.т.н., зав. каф. ДДМА

**Воронцов Б.С.,**

д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Гасанов М.І.,**

д.т.н., проф., проректор НТУ "ХПІ"

**Грабченко А.І.,**

д.т.н., проф., НТУ "ХПІ"

**Грицай І.Є.,**

д.т.н., проф., зав. каф НУ "Львівська політехніка"

**Данильченко Ю.М.,**

д.т.н., проф., зав. каф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Дашич П.,**

проф. ВТМІ, Трстенік, Сербія

**Заковоротний О.Ю.,**

д.т.н., проф. вч.секр. НТУ "ХПІ"

**Залога В.О.,**

д.т.н., проф., зав. каф. СумДУ

**Іларіонов Р.,**

д.т.н., проф., ректор ТУ-Габрово, Болгарія

**Калафатова Л.П.,**

д.т.н., проф. ДонНТУ

**Кассов В.Д.,**

д.т.н., проф., декан ФМ ДДМА

**Клименко Г.П.,**

д.т.н., проф., зав. каф. ДДМА

**Клименко С.А.,**

д.т.н., проф., заст. директора ІНМ ім. В. Бакуля НАН України

**Клочко О.О.,**

д.т.н., проф., НТУ "ХПІ"

**Луців І.В.,**

д.т.н., проф., ТНТУ ім. І. Пулюя

**Майборода В.С.,**

д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Мельничук П.П.,**

д.т.н., проф. ЖДТУ

**Мироненко Є.В.,**

д.т.н., проф., декан ФЕМ ДДМА

**Павленко І.І.,**

д.т.н., проф., зав. каф. КДТУ

**Палашек О.Г.**

головний конструктор ПрАТ "КЗВВ"

**Пасічник В.А.,**

д.т.н., проф., проректор КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Пермяков О.А.,**

д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

**Петраков Ю.В.,**

д.т.н., проф., зав. каф. КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Равська Н.С.,**

д.т.н., почесний проф. ДДМА

**Рібайн Ф.,**

ген. директор "Heidenhain", Німеччина

**Скальський Є.О.,**

директор представництва Gertnergrou в Україні

**Сорока О.Б.,**

д.т.н., ПМіц ім. Г.С.Писаренка НАН України

**Струтинський В.Б.,**

д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського

**Тонконогий В.М.,**

д.т.н., проф., директор ІПТДМ НТУ "ОНПУ"

**Турчанін М.А.,**

д.х.н., проф., проректор ДДМА

**Христо К. Радєв,**

д.т.н., ТУ "Софія", Болгарія

**Шелковой А.Н.**

д.т.н., проф., зав. каф. НТУ "ХПІ"

**Ehrentreich Torsten**

Dipl. Ingenieur, Berlin, Germany

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
DONBAS STATE ENGINEERING ACADEMY**



**HEAVY ENGINEERING.  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

**MATERIALS**  
of the XVIII International  
scientific and technical conference

Kramatorsk 2020

Heavy engineering. Problems and prospects of development: materials of the XVI International scientific and technical conference — December 21 — 24, 2020 / under general edition of V. Kovalov, — Kramatorsk : DSEA, 2020. — 112 p.

**ISBN 978-966-379-959-9**

Materials for solving urgent problems of heavy engineering, design, manufacture and operation of machines, machine tools, tools, development and deployment of advanced energy saving technologies are described in the collection of abstracts.

## **INTERNATIONAL PROGRAM COMMITTEE**

### **Chairman**

**Kovalov V.D.,** Dr., Prof., acting rector DSEA

### **Members of program committee:**

**Antonjuk V.S.,** Dr., Prof. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Vasylichenko Y.V.** Dr., head of dep. DSEA  
**Vorontsov B.S.,** Dr., Prof. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Danilchenko Yu.M.,** Dr., Prof. head of dep. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Dašić P.,** Prof. of HTMS of Trstenik, Serbia  
**Ehrentreich Torsten** Dipl. Ingenieur, Berlin, Germany  
**Hasanov M.I.,** Dr., Prof., vice-rector NTU "KhPI"  
**Grabchenko A.I.,** Dr., Prof. NTU "KhPI"  
**Gritsay I.N.,** Dr., Prof., head of dep. NU "Lvivska Politehnika"  
**Hristo K. Radev** Dr., TU "Sofia", Bulgaria  
**Ilarionov R.,** Prof., rector of TUG, Bulgaria  
**Kalafatova L.P.,** Dr., Prof. DonNTU  
**Kassov V.D.,** Dr., Prof., dean DSEA  
**Klimenko G.P.,** Dr., Prof., head of dep. DSEA  
**Klimenko S.A.,** Dr., Prof., vice-director ISM NAS of Ukraine  
**Klochko O.O.,** Dr., Prof. NTU "KhPI"  
**Lootsiv I.V.,** Dr., Prof. TNTU  
**Majboroda V.S.,** Dr., Prof. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Melnichuk P.P.,** Dr., Prof. ZhSTU  
**Mironenko E.V.,** Dr., Prof., dean DSEA  
**Palashek O.G.** Chief designer "KZTS"  
**Pavlenko I.I.,** Dr., Prof., head of dep. KSTU  
**Pasichnyk V.A.,** Dr., Prof., vice-rector Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Permjakov O.A.,** Dr., Prof., head of dep. NTUU "KhPI"  
**Petrakov Y.V. ,** Dr., Prof., head of dep. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Ravskaya N.S.,** Dr., Prof.  
**Rehbein F.,** General Director "Heidenhain", Germany  
**Shelkovoï A.N.,** Dr., Prof., head of dep. NTUU "KhPI"  
**Skalskiy E.O.,** Director Gertnergroupp in Ukraine  
**Soroka O.B.,** Dr., IPMS NAS of Ukraine  
**Strutinskiy V.B.,** Dr., Prof. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute  
**Tonkonogiy V.M.,** Dr., Prof., director ITDMI NTU "ONPU"  
**Turchanin M.A.,** Dr., Prof., vice-rector DSEA  
**Zakovorotny O.Yu.** Dr., Prof. NTUU "KhPI"  
**Zaloga V.A.,** Dr., Prof. SSU

**ISBN 978-966-379-959-9**

© DSEA, 2020

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАТНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Абхари П. Б., Малий К. В., Панибратченко Ю.А.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Процессы обратного выдавливания имеют большое количество схем и их осуществления, отличаются разнообразием деталей. Характерной особенностью процессов обратного выдавливания является простой и легкий режим силового воздействия как на деформируемую заготовку, так и на элементы штамповой оснастки.

Целью настоящего исследования является формоизменение заготовки в процессе обратного выдавливания, а также распределение интенсивности деформации и напряжений на основе метода конечных элементов (МКЭ) в среде QForm 2D.

Для моделирования процесса обратного выдавливания были выбраны механические свойства материала заготовки АД1. Выбраны следующие геометрические параметры:  $L$  – высота заготовки ( $L = 80\text{ мм}$ ),  $h$  – высота отростка ( $h = 7,5\text{ мм}$ ),  $R$  – радиус заготовки ( $R = 15\text{ мм}$ ),  $R_1$  – радиус стенки заготовки ( $R_1 = 5\text{ мм}$ ),  $R_0$  – радиус отростка ( $R_0 = 5\text{ мм}$ ),  $r$  – радиус скругления ( $r = 2$ ).

Схемы процесса в начальной и конечной стадии представлены на рис.1.

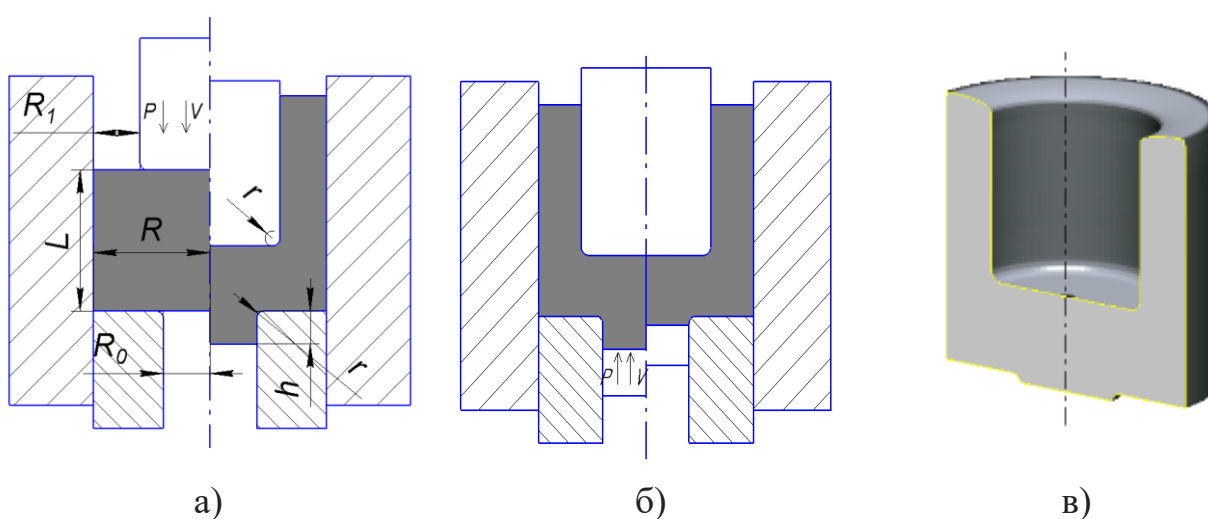


Рис. 1. Схемы процесса обратного выдавливания: для первого перехода (а), для второго перехода (б), получаемый полуфабрикат (в)

На рис. 2 представлены результаты моделирования процесса при обратном выдавливании, такие как искажение делительной сетки, распределение интенсивности деформаций и напряжений по меридиональному сечению выдавливаемой заготовки.

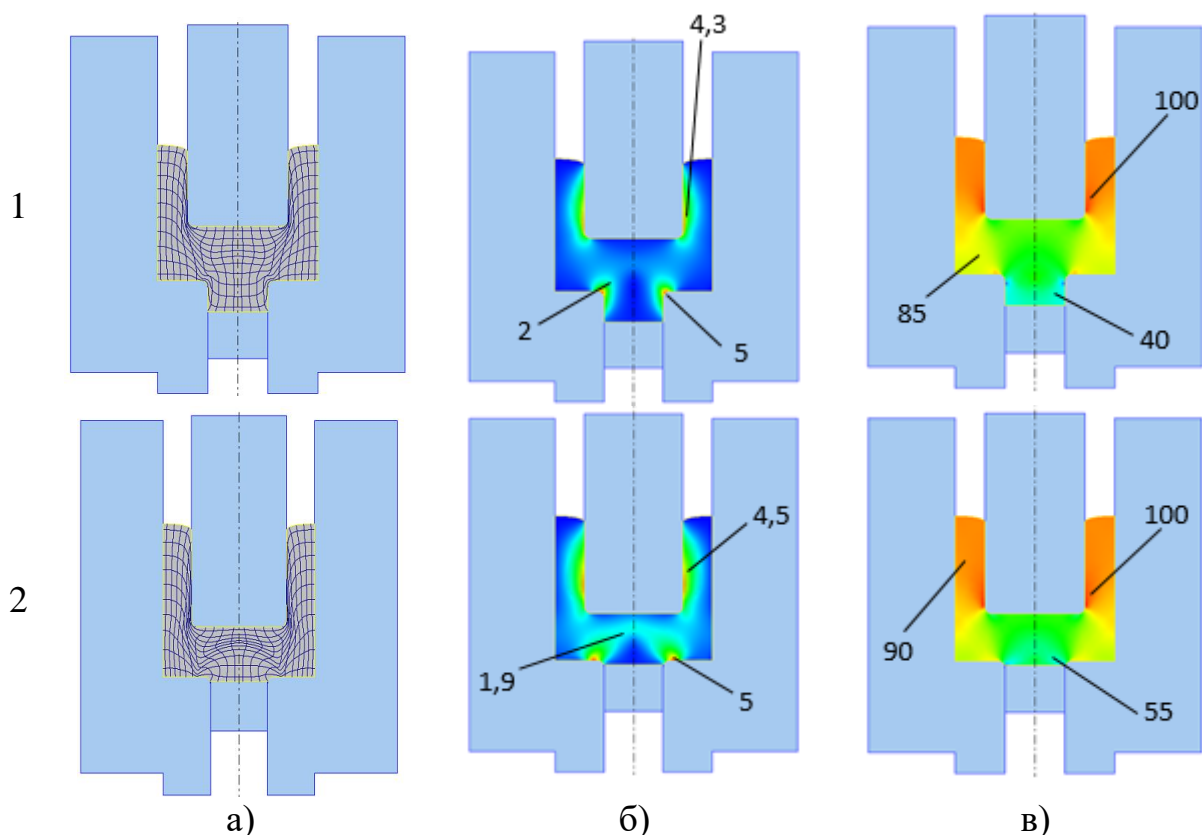


Рис. 2. Искажение делительной сетки (а), распределение интенсивности деформации  $\varepsilon_i$  (б), распределение интенсивности напряжений  $\sigma_i$  МПа (в) для первого перехода (1), для второго перехода (2) при относительном ходе процесса  $S/R = 0,65$

Как видно из рисунков, наибольшая интенсивность деформаций и напряжений сосредоточена рядом с кромками инструмента  $r=2\text{мм}$ . Максимальные значения интенсивности деформации и напряжений для первого перехода и второго перехода достигает  $\varepsilon_i = 5,0$  и  $\sigma_i = 100$  МПа (рис. 2).

**Литература:** 1. Abhari P. B. Modeling simulation for flashless precision forging process with finite element method / P. B. Abhari, O. A. Zhykova // Теоретичні та практичні проблеми в обробці металів тиском і якості фахової освіти. Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції, збірник тез доповідей, "КП" – Київ, 2013. – С. 98. 2. Алиев И. С. Моделирование процесса штамповки в закрытых штампах методом конечных элементов / Алиев И. С., Абхари П. Б., Ерёмина А. А. // Пластическая деформация металлов: сб. науч. тр. в 2-х т. - Т.1.-Днепропетровск: Акцент ПП.,2014.-с.192-196. 3. Алиев И. С. Формоизменение полых деталей с фланцем в процессе холодного выдавливания / И. С. Алиев, П. Б. Абхари // Университетская наука-2017. Материалы Международной научно-технической конференции. – Мариуполь ПГТУ, 2017. –Том 1. – С. 190–191.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Баркова С.О., Ткаченко В.О.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Сьогодні керівники компаній усіх рівнів усвідомлюють важливість цифрової трансформації для розвитку бізнесу.

Цифрова трансформація - це впровадження сучасних технологій в бізнес-процеси підприємства. Цей підхід має на увазі не тільки установку сучасного обладнання або програмного забезпечення, але й фундаментальні зміни в підходах до управління, корпоративної культури, зовнішніх комунікацій тощо.

Метою роботи є актуалізація питання цифрової трансформації для розвитку бізнесу.

Сучасні керівники підприємств в умовах сьогодення приймають інноваційні та безпечні технології як пріоритет для впровадження інструментів цифрової трансформації. Вони акцентують увагу на управлінні персоналом; інтеграції бізнес-навичок і технічних знань та володіють технологіями. Їх мета - перебудувати бізнес-процеси таким чином, щоб забезпечити роботу на тій швидкості, яка необхідна для успіху компанії.

Ключовими складовими цифрової трансформації є такі:

- безперервність процесу;
- постійне прагнення інноваційних змін та застосування проривних технологій;
- спрямування на збільшення продуктивності праці та конкурентоспроможності в цифровій економіці;
- створення нових бізнес- та операційних моделей, що базуються на запитах та очікуваннях клієнтів [1].

Сьогодні цифрова трансформація розглядається як процес застосування чотирьох технологій: хмарні обчислення, штучний інтелект, платформи для роботи з даними та мобільні технології.

Зважаючи на вищевикладене можемо зробити висновок, що сучасні тенденції цифровізації бізнес-процесів змусили підприємства створювати інноваційну інфраструктуру (інфраструктуру періоду цифрової економіки), яка б дозволила адаптувати управління підприємством у надзвичайних та мінливих умовах Індустрії 4.0.

**Література: 1.** Цифрова трансформація. Пріоритети. Індустріальні блоги Microsoft. URL : <https://cloudblogs.microsoft.com/industry-blog/ru-ru/uncategorized/2016/04/04/digital-transformation-priorities/> (дата звернення : 10.12.2020).

**2.** Корпоративні інновації та бенчмаркінг у клубі «5-ий елемент» -звіт. Індустрія 4.0 в Україні. URL : <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2019/10/23/korporativnye-innovacii-i-benchmarkin/>(дата звернення : 10.12.2020)

## АНАЛІЗ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ВІТЧИЗНЯНОЇ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

**Бившева Л.О., Волошина О.О.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Економіка України сьогодні знаходиться в стані глибокої кризи, фактично конкурентоспроможними на світовому ринку є сільськогосподарська промисловість і металургія. На жаль, без розвитку високотехнологічних підприємств економіка України не вийде з періоду стагнації. Машинобудування є базовою галуззю економіки України і сьогодні основна задача уряду створити умови для підвищення її конкурентоспроможності.

Метою роботи є аналіз конкурентоспроможності машинобудівної галузі України.

Машинобудівна галузь за обсягом реалізованої продукції значно поступається таким галузям: виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів; постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря; добувна промисловість і розроблення кар'єрів. Частка її продукції у загальному обсязі є невтійсно низькою враховуючи, що у економічно розвинених країнах світу цей показник коливається у межах 30-50%. Підтвердженням низької конкурентоспроможності галузі є значення індексів конкурентоспроможності продукції машинобудівного комплексу України. Індеси конкурентоспроможності машинобудування України представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Індеси конкурентоспроможності машинобудування України

| Індеси конкурентоспроможності                          | 2017   | 2018   | Відх, % | 2019   | Відх, % | Оптимальне значення |
|--|--------|--------|---------|--------|---------|---------------------|
| Індекс відносної експортної конкурентоспроможності RХА | 0,513  | 0,592  | 15,40%  | 0,503  | -15,03% | >1                  |
| Індекс відносної залежності від імпорту RMP            | 0,568  | 0,771  | 35,74%  | 0,721  | -6,49%  | <1                  |
| Індекс відносних торговельних переваг RТА              | -0,054 | -0,179 | 231,48% | -0,219 | 22,35%  | >0                  |

У нашому випадку спостерігаються досить низькі індекси відносної експортної конкурентоспроможності RХА з тенденцією до зниження індексу, що свідчить про досить низку конкурентоспроможність машинобудування України на світовому ринку. Крім того, слід відзначити, що в підприємства країни в основному експортують не високоточні верстати машинобудування, а метал або валки, які обробляються потім в країнах Євросоюзу. Сьогодні виникла гостра необхідність підвищення конкурентоспроможності галузі.

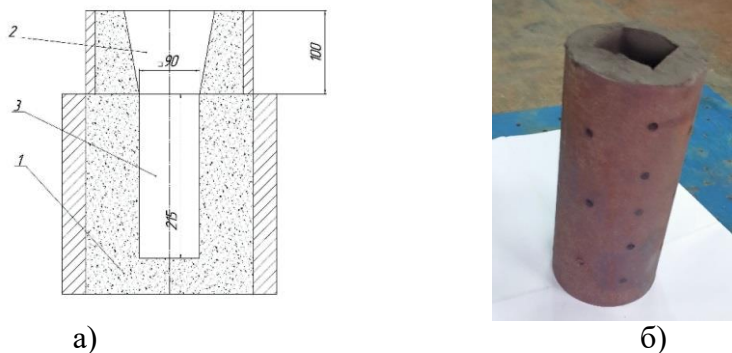
**Література:** 1. Україна у цифрах 2019. Статистичний збірник 2020. Київ. Державна служба статистики України: веб-сайт. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2020/zb/07/zb\\_Ukraine%20in%20figures\\_u.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/07/zb_Ukraine%20in%20figures_u.pdf) 2.



## ВИГОТОВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ ДЛЯ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Васильченко Я.В., Малигін М.О., Приходько О.В., Бережна О.В.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При виробництві великогабаритних станин важких металорізальних верстатів доцільно їх розділення на елементи меншої ваги та простішої форми з наступним зварюванням. Показано необхідність заміни важкозварюваних чавунних складових на сталеве лиття. Дослідження характеристик міцності зварено-литих композицій дозволить оцінити техніко-економічну доцільність їх використання при виробництві зварених несучих конструкцій. Виплавку вихідної сталі виробляли методом переплаву в індукційній печі високої частоти ІСТ-0016 ємністю 16кг, футерованій кварцитом на основі сполучного - борної кислоти і плавикового шпату. В якості основних шихтових матеріалів використовували сталевий лом, вуглецевий бій для науглецьовування і феросплави (ФС75 і ФМн70). Плавку вели під покривним флюсом, після доведення і перегріву металу до температури 1560°C готовий розплав випускали в ківш, попередньо підігрітий до температури 550...600°C. Тривалість плавки в індукційній печі становила близько 30хв. Температуру розплаву в печі контролювали оптичним пірометром марки П-25, а перед випуском з печі – платино-платинородієвою термопарою занурення, захищеної кварцовим наконечником із записом показань на двокоординатному потенціометрі моделі Н307/1. Дослідна лита заготовка виготовлялась у вигляді бруска з ливниковою системою (рис. 1).



а) 1 – ливарна форма; 2 – ливникова чаша / надлив; 3 – порожнина форми  
Рис. 1. Схема виготовлення дослідної литої заготовки (а) та зовнішній вигляд ливарної форми (б)

Для компенсації об'ємної усадки встановлювали відкритий надлив, який так само виконував функцію ливникової чаші. Дерев'яну модель формували по-сирому (вологість суміші – 3...4,5%) в піщано-глинистій суміші. Розміри моделі були прийняті з урахуванням припуску на механообробку. Відрізку ливникової системи проводили газовим різанням. Всі зразки проходили термічну обробку для зняття внутрішніх напружень. Температура нагріву під нормалізацію складала 870...890°C, швидкість нагріву 70...80°C/г. В процесі нагріву в районі фазових перетворень (720°C) призначали витримку (1,5 г.). Надалі зразки охолоджували разом з піччю до температури 200°C. Для дослідження чутливості одержаної литої сталі до концентрації напружень виробляли ступінчасті зразки.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

**Власов А.Ф., Кошевий А.Д., Голуб Д.М., Бальоха Д.А., Асимов В.В.,  
Нейскаш В.В.**

*(<sup>1</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

В промышленности Украины при изготовлении крупногабаритных изделий электрошлаковая сварка (ЭШС) и электрошлаковая технология (ЭШТ) нашли широкое применение. Электрошлаковый переплав (ЭШП) – электрометаллургический процесс, при котором металл переплавляется в ванне электропроводного синтетического шлака под действием тепла, выделяющегося в шлаке при прохождении через него электрического тока. Качество металла, получаемого при ЭШП, практически равноценно вакуумно-дуговому переплаву, а по характеру измельчения структуры, диспергирования неметаллических включений и структурных составляющих во многих случаях превосходит его. Электрошлаковый переплав позволяет производить высококачественный материал за счет рафинирования и управляемой кристаллизации [1-4].

ЭШП имеет преимущества перед другими способами получения стали [1-4]: хорошее качество слитка, меньшее количество и меньший размер включений, однородность структуры и химического состава, высокий выход годного металла, возможность регулируемого снижения содержания таких нежелательных элементов, как сера, кислород, а в некоторых условиях и азот, возможность сохранения легирующих элементов, которые могут быть окислены, таких, как кремний и титан, возможность корректирования состава металла путем применения соответствующего состава флюса, возможность регулирования величины зерен и карбидов, особенно в быстрорежущих и инструментальных сталях;

Известны две разновидности старта при электрошлаковых процессах - "твердый" и "жидкий". "Твердому" способу старта присущи недостатки: нестабильность протекания электрошлакового процесса, сопровождающаяся частыми короткими замыканиями и резкими спадами тока; неравномерное расплавление флюса, длительность процесса и низкая производительность печи; неудовлетворительное формирование нижней части слитка; возможность применения только при работе на печах монофилярного типа [6].

При работе на печах бифилярного типа начало электрошлакового процесса производится только на "жидком" старте, путем сифонной заливки,

расплавленного за пределами печи, шлака в нижнюю часть кристаллизатора. Однако трудоемкость электрошлакового процесса с использованием "жидкого" старта с учетом времени расплавления рабочего флюса во флюсоплавильных печах значительно выше "твердого" старта. Кроме того, увеличиваются затраты электроэнергии на расплавление рабочего флюса и повышаются потери флюса при застывании в летках и ковше, что в конечном счете приводит к повышению себестоимости выпускаемой продукции [4, 5].

Применение флюсов с экзотермической смесью позволяет выполнять наведение шлаковой ванны на "твердом" старте и по бифилярной схеме [5].

Основным высококалорийным горючим, применяющимся в термитных смесях, является алюминий. Алюминий в тонкоизмельченном состоянии при нагревании на воздухе быстро окисляется, выделяя большое количество тепла, и образует оксид алюминия  $Al_2O_3$  – прочное химическое соединение с температурой плавления  $2050\text{ }^{\circ}C$  и температурой кипения  $2980\text{ }^{\circ}C$ . Теплота образования оксида алюминия  $1583\text{ кДж/моль}$ . Для окисления алюминия на  $1,12\text{ г}$  металла требуется  $1\text{ г}$  кислорода. При этом алюминий, сгорая, выделяет  $2989,4\text{ Дж}$  тепла и развивает температуру до  $3000\text{ }^{\circ}C$ .

Большое влияние на ход реакции оказывает измельчение составляющих термитной шихты. Более крупные компоненты используются в реакциях с большими порциями шихты. Для небольших порций термита применяют более измельченные порошки.

Одной из главных функций флюса при ЭШП является рафинирующая. Расплавленный флюс должен обладать максимальным межфазным натяжением на границе с жидким металлом и минимальным - с неметаллическими включениями. Реакционная способность флюса должна обеспечивать удаление вредных примесей, и в то же время не вызывать взаимодействия его компонентов с легирующими элементами расплавленного металла. Флюс должен содержать минимально возможное количество нестойких соединений для обеспечения постоянства химического состава металла в течение всего процесса ЭШП. Кроме того, он должен обеспечивать легкое возбуждение и высокую стабильность электрошлакового процесса.

Температура плавления флюса должна быть ниже, а плотность меньше, чем у переплавляемого или рафинируемого металла. Важна и защитная функция флюса - шлак должен изолировать жидкий металл от воздействия окружающей среды. Наряду с общими требованиями, предъявляемыми к флюсам электрошлаковыми технологиями, существует и ряд индивидуальных особенностей, характерных для каждого из процессов. При электрошлаковом переплаве резко возрастает длительность процесса, а, следовательно, к флюсам предъявляются более жесткие требования по стабильности химического состава, достаточной рафинировочной емкости, физическим свойствам. К

флюсам для электрошлакового кокильного литья и центробежного электрошлакового литья дополнительно предъявляются требования по максимальной индифферентности по отношению к материалу футеровки тигля и заливаемой литейной форме.

Для ЭШП сталей наиболее приемлемыми являются флюсы на основе фторсодержащих соединений, что обеспечивает необходимую производительность и получение высококачественного литого электрошлакового металла.

При плавлении экзотермического флюса, происходит восстановление железа (до 70% от массы окалины), которое оседает на затравку и образует донную часть слитка. При введении в состав экзотермического флюса легирующих элементов в виде ферросплавов или порошков происходит легирование восстановленного железа и полностью устраняется расход переплавляемого электродного металла на образование донной части слитка. Для полного расплавления вводимых в состав флюса легирующих элементов необходимо затратить соответствующее количество тепла. Таким дополнительным источником тепла является теплота, выделяющаяся при взаимодействии (в основном) оксидов железа с алюминием.

Установлено, что при изменении содержания в покрытии электродов экзотермической смеси, состоящей из окалины и алюминиевого порошка, от 35 до 64 % прирост температуры составляет 1280 °С и является достаточной для полного расплавления ферросплавов [4-6].

#### **Литература:**

1. Джон-Хун Ли Электрошлаковое литье заготовок из сплавов на основе хрома / Джон-Хун Ли, Е.И. Марукович, Ки-Йонг Чой, А.М. Брановицкий, И.О. Сазоненко, Ю.В. Максимович // Литье и металлургия. – 2015. – С. 17-22.

2. Власов А.Ф. Интенсификация дуговых и электрошлаковых процессов сварки путем введения экзотермической смеси / А.Ф. Власов, Н.А. Макаренко, Д.А. Волков // // Автоматическая сварка.–2017.– № 1.– С.19-25.

4. Власов А.Ф. Развитие научных и технологических основ повышения эффективности применения экзотермических смесей при электродуговой сварке и электрошлаковых процессах: дис. д-р техн. наук : 05.03.06 : защищена 02.06.2016 / Власов Анатолий Федорович. – Мариуполь, 2016. – 295 с.

5. Власов А.Ф. Интенсификация электрошлаковых процессов экзотермическими смесями (флюсами) / Власов А.Ф., Макаренко Н.А., Чигарев В.В. // Вісник приазовського державного технічного університету. Серія «Технічні науки». – 2014. – № 29. – С. 116-122.

6. Власов А.Ф. Электрошлаковый переплав виробів на «твердому» старті з використанням екзотермічних флюсів / А.Ф. Власов, Н.А. Макаренко // Вісник Тернопільського технічного університету : Зб. наук. праць. – 2014. – №1(73). – С. 153-165.

## ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЛОГІСТИЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ

**Володченко В.В.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Резерви підвищення ефективності логістичних процесів знаходяться головним чином у інформаційних технологіях та різного роду інноваціях, що використовують ці технології. З огляду на недостатню розвиненість логістичної інфраструктури в Україні, питання впровадження інновацій в логістичну діяльність вітчизняних компаній становить значний дослідницький та практичний інтерес.

Для логістичних систем (у т.ч. логістичних ланцюгів постачання) в умовах цифрової економіки можна виділити такі ключові аспекти їх функціонування:

1. Клієнтоцентризм. Наразі клієнт є "центром" сучасного бізнесу, задоволення потреб якого (клієнта) є основною метою функціонування будь-якої компанії.

2. Екологічність (або екологічна відповідальність). Зростання обсягу перевезень зумовлює збільшення потрібного для цього транспорту, насамперед автомобільного, який, з однієї сторони, забезпечує швидку доставку потрібної продукції до споживача, з іншої - й надалі залишається одним із джерел шкідливих викидів до атмосфери.

3. Цифрові технології. Сьогодення в глобальному масштабі є початком абсолютно нової економіки та суспільних відносин (цифрової економіки та суспільства), основою яких є цифрові технології (до яких відносять усі види електронного обладнання та прикладних програм, що використовують інформацію у вигляді числового коду).

4. Люди. Не дивлячись на широке розповсюдження цифрових технологій (насамперед, робототехніки) у сфері логістики, люди (інтелектуально-трудова ресурси) все рівно будуть відігравати важливу роль.

До цифрових технологій, які наразі або в найближчі роки будуть властиві логістичним системам, можна віднести наступні:

1. Великі дані (англ. Big Data) - це технологія щодо пошуку, аналізу та обробки великої кількості структурованих та неструктурованих даних з метою отримання якісно нових знань, які можуть бути використанні в обґрунтуванні прийняття рішень [11];

2. Інтернет Речі (англ. Internet of Things) - це глобальна мережа фізичних об'єктів (пристроїв), які підключені до Інтернету та можуть генерувати, збирати, обробляти та аналізувати інформацію без залучення людини за допомогою центрів контролю, управління та обробки інформації з використанням різних сенсорів, датчиків, засобів передачі інформації;

3. Хмарні обчислення (англ. Cloud Computing) – це апаратне та програмне забезпечення, яке використовується самостійно клієнтом (користувачем) як деякий сервіс (послуга) обробки та зберігання його (клієнта) даних через Інтернет або локальну мережу у зручній для нього час з мінімальною взаємодією з постачальником такого сервісу. Пристрій користувача (комп'ютер, ноутбук, смартфон тощо) в цьому випадку є звичайним терміналом, який підключений до Інтернету, а пристрої (комп'ютери, сервери тощо) постачальника технології, які здійснюють хмарні обчислення, називають "обчислювальною хмарою" [13];

4. Автономні роботи (англ. Autonomous Robots) - це роботи, які спроможні самостійно виконувати завдання без втручання людини;

5. Штучний інтелект (англ. Artificial Intelligence) – це широка галузь комп'ютерних наук, в яких вивчаються різні аспекти імітації машинами інтелекту людини;

6. Самокеровані транспортні засоби (англ. Selfdriving Vehicles) - це транспортні засоби, які спроможні здійснювати рух за потрібним маршрутом самостійно без втручання людини;

7. 3D-друк (англ. 3D-printing) є основою аддитивного виробництва, за допомогою якого з використанням 3D-принтера створюється тривимірний фізичний об'єкт шляхом послідовного накладання шарів певного матеріалу згідно із заданою віртуальною (цифровою) 3D-моделлю [14];

8. Дешеві сенсорні рішення або технології (англ. Low-cost Sensor Technology) представляють собою різні датчики та сенсори для вводу інформації за допомогою дотику до екрану пристрою, сканування з метою, наприклад, здійснення контролю за дотриманням вимог зберігання продукції, забезпечення безпеки тощо.

Можна припустити, що цифрові технології першої групи, які є актуальними щодо використання в логістичних системах найближчі п'ять років, порівняно з іншими групами можуть мати наразі найбільший вклад у ефект синергії цифрових технологій в логістичних системах.

#### **Література:**

1. Петруня Ю.Є., Пасічник Т.О. Вплив новітніх технологій на логістику та управління ланцюгами поставок /Ю.Є.Петруня, Т.О. Пасічник// Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2018. – №1. – С. 130 – 139. – Режим доступу: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/>

2. Окландер М.А., Окландер Т.О., Яшкіна О.І. Тенденції маркетингових досліджень: онлайн панелі та онлайн спільноти /М.А. Окландер, Т.О. Окландер, О.І. Яшкіна// Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2018. – №1. – С. 118 – 129. – Режим доступу: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua>

3. Якушев В.П., Якушев В.В., Матвеевко Д.А. Роль и задачи точного земледелия в реализации национальной технологической инициативы /В.П. Якушев, В.В. Якушев, Д.А. Матвеевко// [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrophys.ru/Media /Default /JournalAgrophysica/Agrophysika1-017/full1- 017/Yakushev. PDF. //>

## НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ ЛОГІСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

<sup>1</sup>Воронцов Б.С., <sup>2</sup>Бочарова І.А.

(<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, <sup>2</sup>НУ «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна)

При проектуванні виробничої логістичної системи використовується метод математичного моделювання - імітаційне моделювання. Ефективність використання цього методу багато в чому визначається наявністю і функціоналом спеціальних програмних рішень. Завдяки сучасним PLM (Product Lifecycle Management) інструментам стає можливим проектування, моделювання та супровід систем та процесів підтримки життєвого циклу виробу. Для аналізу технологічних можливостей підприємств та підвищення їх ефективності використовуються різні системи імітаційного моделювання DELMIA (Dassault Systemes), WITNESS (Lanner Group), AnyLogic (AnyLogic Company), FlexSim (FlexSim Software Products, Inc.), Arena (Systems Modeling Corporation) та ін.

Для аналізу технологічних можливостей дільниці та підвищення її ефективності використано систему динамічного імітаційного моделювання Plant Simulation, що є складовою лінійки продуктів Tecnomatix Plant Design & Optimization компанії Siemens PLM Software [1, 2]. В основі системи лежить об'єктно-орієнтована концепція, що значно полегшує створення, зміну, аналіз та оптимізацію моделі (рис. 1).

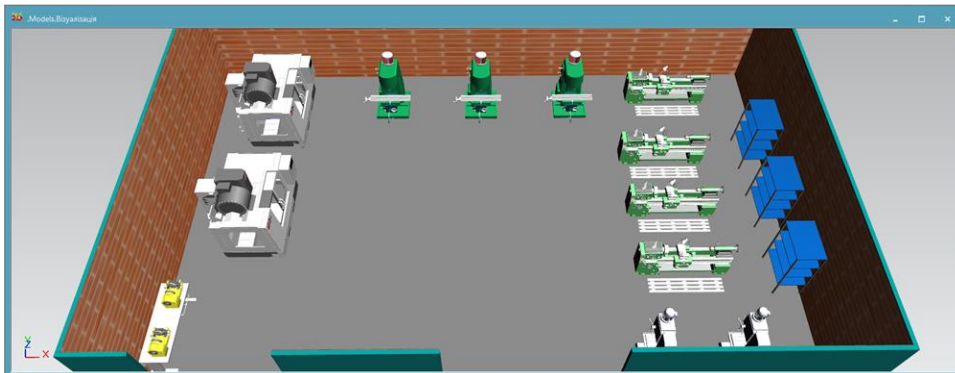


Рис.1. Візуалізація дільниці механообробки

Створена віртуальна модель дозволяє проводити експерименти та опрацьовувати можливі конфігурації без втручання в існуючі, або ж при проектуванні майбутніх виробничих систем.

**Література:** 1. Найчук Р.Ю., Воронцов Б.С. Аналіз технологічних можливостей дільниці для механічної обробки деталей і підвищення її ефективності/ Р.Ю. Найчук, Б.С. Воронцов // Інновації молоді в машинобудуванні: Збірка праць. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. - № 2. – С. 485-494. 2. Воронцов Б.С. Впровадження імітаційного моделювання логістики технологічних процесів в навчальний процес / Б.С. Воронцов // Міжнародна науково-технічна конференція "Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта", м. Київ, 6 – 9 жовтня 2020 р.: Матеріали конференції – Київ: 2020. – С. 231–238.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЗВАРНОГО ВУЗЛА МЕТАЛОКОНСТРУКЦІИ ВЕРХНЬОГО ПОЯСУ ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА «ТАКРАФ»

Гавриш П.А., Бахтін І.Д.  
(ДДМА м. Краматорськ, Україна)

Розрахунок циклічної довговічності металоконструкцій вантажопідіймальних кранів мостового типу визначається головним чином основними змінними навантаженнями, що діють в процесі "підйом-опускання" вантажу і "пересування" його візком по головним балках [1,2]. Найбільш часто втомні пошкодження виникають в верхньому поясі металоконструкцій мостового крана – це особливість конструктивного виконання вузлів підрейкової зони візка крана. Найбільш важкі умови роботи таких вузлів виникають при експлуатації рудно-грейферних перевантажувачів, наприклад фірми «ТАКРАФ» (рис.1).

Метою роботи є дослідження завантаженості вузлів підрейкової зони візка крана.

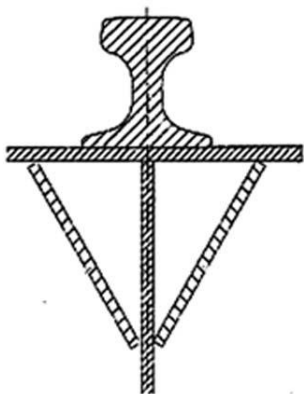


Рис.1.Зварний вузол металоконструкції підрейкової зони

Така конструкція приводить до підвищених навантажень на зварні шви і тому виявляються втомні пошкодження при експлуатації перевантажувача. Так, при зварюванні в зоні термічного впливу відбуваються фазові і структурні перетворення, місцеве змінення об'єму металу, що приводить до виникнення реактивних структурних напружень, які хоча і врівноважені в межах конструкції, але викликають появу остаточних стискуючих напружень в інших елементах конструкції. Циклічна дія колеса завантаженого візка рудно-грейферного перевантажувача приводить до ушкоджень зварного шва стійки головної балки з верхнім поясом і як

наслідок до утворення тріщини верхнього поясу головної балки рис.2.

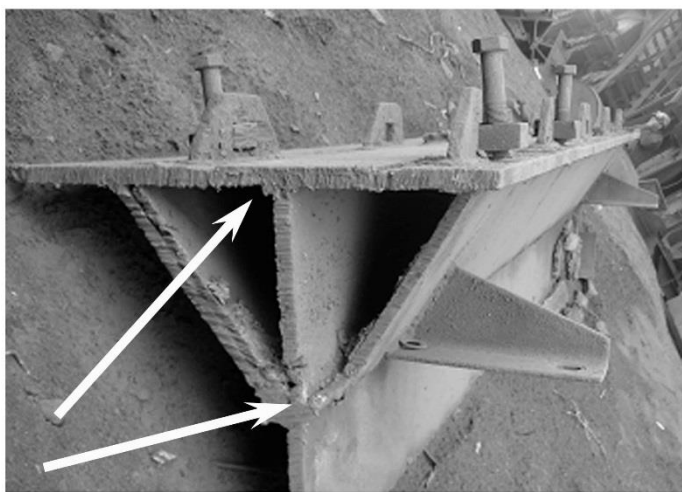


Рис.2. Місця утворення тріщин підвізкового вузла

При дослідженні особливостей навантаження металоконструкції перевантажувача доцільно використовувати лінії впливу рухомих навантажень. Згідно проведених досліджень визначено, що навантаження в стійці і підкосу жорсткої опори навантаження знакозмінне [3,4]. Такі експлуатаційні умови роботи приводить до появи саме втомних навантажень рис.3.



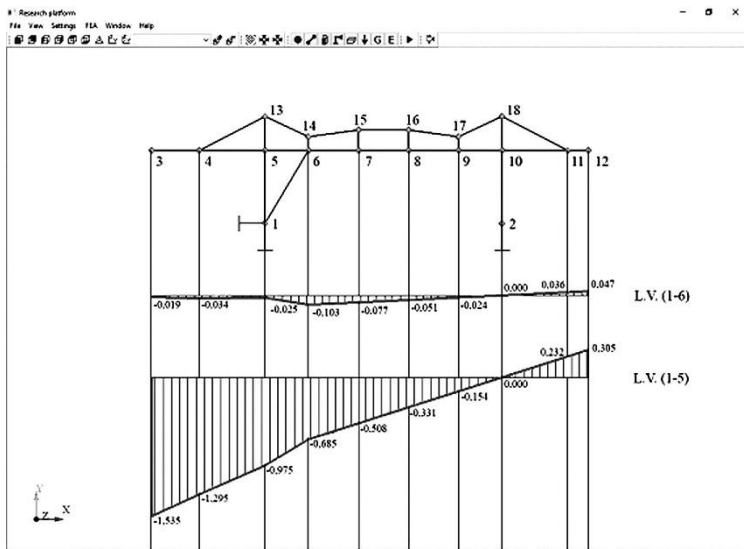


Рис.3. Лінії впливу у елементах металоконструкції: підкос жорсткої опори (LV.1-6) і стійка жорсткої опори (LV.1-5).

На рис.3 видно що знакозмінне навантаження є і у підкосі і в жорсткій опорі. Зварні шви стінки і верхнього поясу руйнуються при таких циклічних навантаженнях.

Задля встановлення критерія конструктивної зміни вузла металоконструкції, необхідно провести дослідження шляхом ліній впливу для верхнього поясу перевантажувача та визначити величину навантажень.

#### Висновки:

1. Знакозмінне (циклічне, втомне) навантаження приводить до руйнування зварних швів у процесі експлуатації перевантажувача.
2. Конструкція зварного вузла підрейкової зони не задовольняє вимогам надійності експлуатації.
3. Необхідно дослідження щодо визначення ліній впливу для верхнього поясу перевантажувача.

**Література:** 1. Grote K.-G. DIE METHODIK FÜR DIE ANALYSE DER KONSTRUKTIVEN AUSFÜHRUNG DER UNTERGLEISZONE DER HAUPTTRÄGER DER VERLADEBRÜCKE / K.-G. Grote, J.Postnikov, N.Makarenko, V.Schepotko, P. Gavrish // Сварочное производство в машиностроении: перспективы и развитие. Материалы III международной научно-технической конференции. Под общей редакцией д-р, техн. наук., проф. Н.А. Макаренко. Краматорск: ДГМА, 2012. – С.15-16.

2. Schepotko V. DIE BEWERTUNGSMETHODIK DER KONSTRUKTIVER AUSFÜHRUNGEN VON MASCHINENELEMENTEN / V. Schepotko, P. Gavrish, N. Makarenko, V. Kassov // Materials of the VI international research and practice conference, Vol. II, Munich, December 27th – 28th, 2013. – P.307-315 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany. ISBN 978-3-941352-31-5.

3. K.-G.Grote. Research of the causes of fatigue damages of metal structure welded assemblies of loading cranes "Takraf" / K.-G.Grote, J. Posnikov ( Otto-von-Guericke University Magdeburg); N. Makarenko, P. Gavrish , V. Schepotko, Burski V. (DSEA, Kramatorsk) / Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2016. – №2 (38). – С.101-106. ISSN 1993-8322.

4. Pavlo A. Gavrish. Improvement of technology for repair of ore-bucket unloader metal structure working under cyclic loading / Pavlo A. Gavrish, Alexander V. Perig, Eduard P. Gribkov, Mykola Yu. Dorokhov / Improvement of technology for repair of ore-bucket unloader metal structure working under cyclic loading. Advances in Materials and Processing Technologies. 2020. <https://doi.org/10.1080/2374068X.2020.1805683>.

Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2374068X.2020.1805683>

## **ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДРІБНОРОЗМІРНОГО КІНЦЕВОГО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ**

**Гаврушкевич Н.В., Кочнєв С.В., Майборода В.С.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)*

Традиційно в якості фінішного оброблення дрібнорозмірного інструменту, в тому числі стоматологічних твердосплавних та сталевих борфрез, використовуються електро-хімічні методи полірування. Дані методи в деякій мірі покращують шорсткість робочих поверхонь інструменту, але і одночасно знижують фізико-механічні властивості поверхневого шару. Тобто відбувається часткове розрихлення поверхневого шару, утворення порожнин. Це пов'язано із агресивною дією середовища, в якому відбувається електро-хімічне оброблення.

Існуючі на даний час методи фінішного оброблення різального інструменту (вібро-абразивне, струменево-абразивне оброблення, оброблення абразивними щітками та інші), які були б альтернативними до електро-хімічного оброблення, не можуть забезпечити дотримання одночасно всіх показників якості (геометрії різальних кромок, фізико-механічних властивостей поверхонь та поверхневих шарів).

Одним із перспективних методів фінішного оброблення є метод магнітно-абразивного оброблення (далі МАО), який в змозі забезпечити не тільки рівномірне полірування складної поверхні різального інструменту (далі РІ), його поверхнєве зміцнення, а і виконання цілеспрямованого формування різальних кромок (далі РК) аж до часткового заточування.

Особливості експлуатації стоматологічних фрез за їх призначенням полягають у тому, що виконується багаторазовий процес їх оброблення, а саме - стерилізації та дезинфекції. На терні його зношування інструмент повністю або частково втрачає свої різальні властивості.

Незважаючи на застосування повного циклу санітарного оброблення інструменту [1] (дезінфекція, передстерилізація, а саме оброблення хімічним антисептиком та очищення щітками або в ультразвуковому стерилізаторі, а потім термостерилізація), на поверхні канавок борфрез скупчується певна кількість дентину або інших матеріалів, які в результаті оброблення в термостерилізаторі, стають твердими і заповнюють всі мікропорожнини на поверхні борфрез, з'являються сліди корозії від дезінфекції.

В процесі експлуатації на РК борфрез можливе утворення мікросколів та викрошування РК, що призводить до їх притуплення та неможливості використання за призначенням. Зовнішній вигляд такого інструменту на прикладі борфрез з діаметром робочої голівки до 1мм наведено на рис.1.

Об'єктом дослідження є стоматологічні борфрези. Експериментальні дослідження виконано на прикладі борфрез з формою робочих головок у

вигляді зворотнього конуса, виготовлені зі сталі ХВ5, у вигляді сфери - твердосплавні (отримані в результаті зварювання хвостовика з нержавіючої сталі 20Х13 та робочої частини із ВК6М, ВК6ОМ). Число робочих зубців на даних фрезах складало 6-8. Для продовження строку ефективної експлуатації доцільним є не тільки фінішне оброблення нового інструменту, а і після його нетривалої експлуатації.

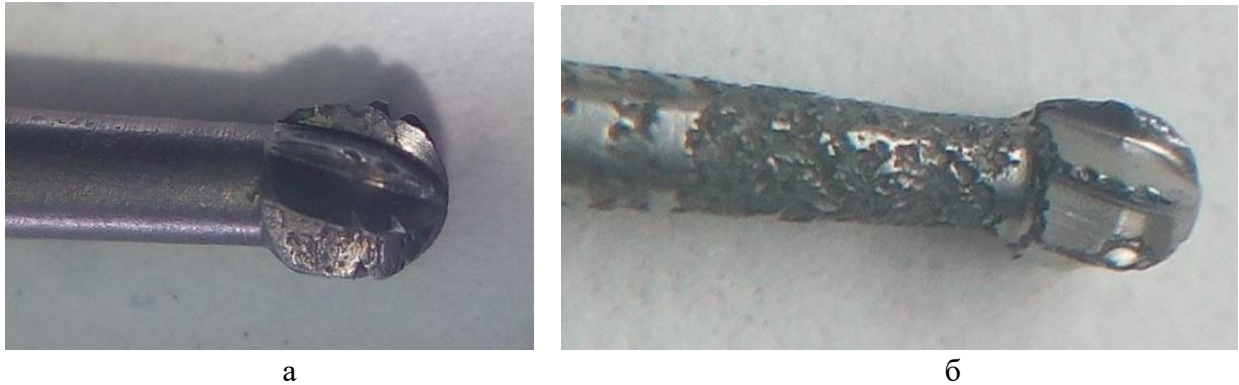


Рис.1. Види дефектів борфрез після використання за призначенням:  
а – залишки дентину, що запікся; б – сліди корозії та викришування різальної кромки

Одним із ефективних методів, який доцільно використати для зазначеного оброблення є метод МАО. Актуальним є його застосування при фінішній обробці стоматологічного інструменту як нового, так і частково вживаного.

В якості експериментальної була використана установка типу «кільцева ванна» [2], оброблення виконувалось порошком Полімам-Т з додаванням алмазної пасти АСМ 24/20 за режимами: швидкість обертання борфрези навколо власної вісі 550 об/хв, швидкість обертання робочої голівки навколо кільцевої ванни 250 об/хв, магнітна індукція в робочій зоні, вільній від магнітно-абразивного порошку - 0,275Тл. Установка дозволяє виконувати оброблення в умовах обертання борфрез в напрямку «на різальну кромку» і «з різальної кромки» за рекомендаціями [3].

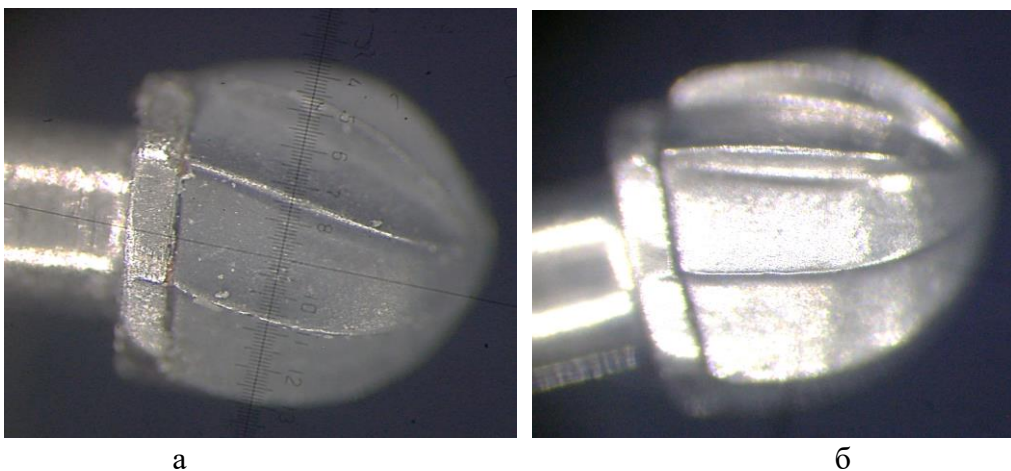


Рис.2. Зовнішній вигляд борфрез до МАО (а) та після МАО (б)

При виготовленні РІ важливим критерієм працездатності є підвищена міцність РК, яка, як правило, забезпечується за рахунок формування захисної фаски або певного радіуса заокруглення РК. Радіус заокруглення залежить від технологічних умов, в яких виконують оброблення борфрези, початкового стану матеріалу інструменту, оброблюваного матеріалу і умов експлуатації.

Якщо на новому інструменті має місце лише деяка мікрохвилястість РК, то після експлуатації можливим є утворення мікросколів, відзначається притуплення РК у вигляді формування на них фаски зношування, налипання оброблюваного матеріалу на робочі поверхні борфрез, погіршення їх шорсткості. Було здійснено вимірювання радіусів заокруглення РК в контрольних точках до MAO та після оброблення. Інші дефекти фіксували шляхом їх фотографування.

Вимірювання величини радіуса заокруглення РК по ширині відблиску на робочій поверхні здійснено на мікроскопі МБС-9.

Результати експериментальних досліджень зміни радіусу заокруглення, який оцінювали по величині ділянки зношування на РК, представлені на рис. 3.

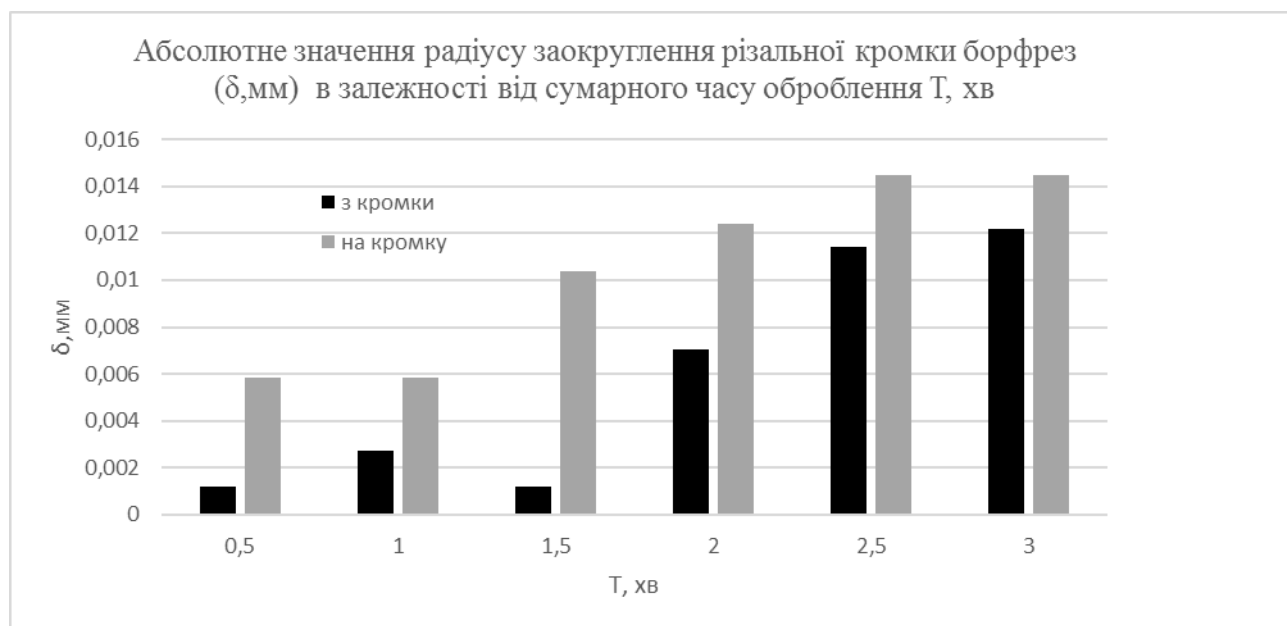


Рис.3. Результати вимірювання величини радіуса заокруглення РК у сталевих фрез зі зворотнім конусом при обробці «на кромку» та «з кромки»

Проведені експериментальні дослідження ефективності процесу MAO в залежності від величини вихідного радіусу кромки показали, що найкращий результат отримано за перші 2хв оброблення як сталевих, так і твёрдосплавних фрез. Це пояснюється тим, що на початковому етапі відбувається знімання бруду, дентину, що заікся, окалини, іржі і дефектного шару, які утворюються

на попередніх операціях виготовлення або очищення. Причому при обробці «на кромку» вже впродовж перших 0,5хв в порівнянні з обробленням «з кромки», спостерігається зменшення величини ділянки зношування і, як наслідок, радіусу її заокруглення. Оброблення з сумарним часом понад 3хв не є доцільним.

Зниження величини швидкості обертання борфрези навколо власної вісі до 150об/хв вимагає одночасного збільшення часу оброблення до 4хв, а збільшення швидкості обертання навколо власної вісі до 350об/хв не забезпечує суттєвого покращення і збільшення ефективності процесу МАО.

### **Висновки**

Метод МАО доцільно використовувати не тільки для відновлення вживаних борфрез, забезпечуючи повне або часткове відновлення працездатності, а і для нового інструменту зі вже остаточно обробленими поверхнями в якості фінішної оброблення. До того ж МАО підлягають борфрези як твердосплавні, так і сталеві будь-якої форми, розмірів та кількості зубців, а також інші обертальні стоматологічні інструменти типу дрільборів, буравів і т.п.

Оброблення твердосплавного дрібно розмірного РІ показало, що мінімальний час для отримання достатнього результату повинен бути не менше 2 хв., але не є доцільним його перевищення понад 4хв.

Для подальших досліджень доцільним є збільшення режимів оброблення, що буде реалізовано при використанні стенду для оброблення дрібно розмірного інструменту.

### **Література:**

1. Сабитов В.Х. Медицинские инструменты / Сабитов В.Х. – М.: Медицина, 1985, 175с.
2. Майборода, В. С. Магнитно-абразивная обработка деталей сложной формы [Электронный ресурс]: монография / В. С. Майборода, И. В. Слободянюк, Д. Ю. Джулий ; М-во образования и науки Украины, Нац. техн. ун-т Украины “Киев. политехн. ин-т им. И. Сикорского”. – Электронные текстовые данные (1 файл: 10,75 Мбайт). – Житомир : Рута, 2017. – 272 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27484>.
3. Ткачук І.В. Формування магнітно-абразивного інструменту зі стабільними властивостями в робочих зазорах кільцевого типу [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.03.01 : захищ. / Ткачук Іванна Валентинівна. – К., 2015.–164 с.

# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ ВОЛОЧІННІ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ З МЕТАЛЕВИМ ОСЕРДЯМ

**Грибков Е.П., Малигін С.О., Стрижевський О.О.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Використання порошкових матеріалів дозволяє отримувати вироби з унікальним поєднанням експлуатаційних характеристик, які знайшли широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема в зварювальному і металургійному виробництвах. До довгомірних металопорошкових виробів відносять порошкові дроти, які являють по собі ущільнений порошковий сердечник в металевій оболонці, герметичність якої забезпечується за допомогою замкового з'єднання. Стандартами на порошкові дроти для зварювання і наплавлення, крім геометричних характеристик, регламентуються розподіл коефіцієнта заповнення по довжині заготовки, відсутність проколів оболонки і забезпечення відсутності висипання порошку при зварюванні та транспортуванні. Рекомендації щодо забезпечення якісних показників при виробництві довгомірних металопорошкових виробів в оболонці в даний час носять емпіричний характер і засновані на узагальненні виробничого досвіду.

Мета роботи – підвищення техніко-економічних показників процесів волочіння порошкового дроту в оболонці на основі розвитку наукових основ деформації порошкових матеріалів спільно з мономатеріалами.

Для визначення напружено-деформованого стану було здійснено розбиття осередку деформації на кінцеву безліч елементарних об'ємів. Для кожного елементарного об'єму було складено рівняння статичної рівноваги всіх діючих сил уздовж осі волочіння і шляхом спільного рішення з умовою пластичності були визначені напруження, деформації та показники щільності порошкового сердечника по довжині осередку деформації. Для визначення напружено-деформованого стану в оболонці дроту рішення рівняння рівноваги в елементарному об'ємі визначали спільно з умовою плинності для суцільних середовищ.

Згідно рекурентній формі рішення, виходячи з результатів розрахунку попереднього ( $i-1$ ) елементарного об'єму, повний розрахунок напружено-деформованого стану для  $i$ -го об'єму зводився до визначення нормальних контактних напружень  $p_{x2i}$  на основі цілеспрямованого перебору величин обтиснень порошкового сердечника і металевої оболонки, змінюючи при цьому поточне значення внутрішнього діаметру оболонки  $d_{x2i}$  та виходячи з умови рівності нормальних контактних напружень, необхідних для деформації сердечника  $p_{xc2i}$  і оболонки  $p_{xo2i}$ :

Як приклад реалізації розробленої математичної моделі були отримані розрахункові розподілення залежності відносної щільності порошкового сердечника від діаметра металевого сердечника і залежності кінцевої відносної щільності і необхідного натягу від обтиску порошкового дроту, що дозволило удосконалити процес волочіння порошкового дроту з металевим осердям.

## ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІКОЇСТІ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ЗАЗНАЮТЬ УДАРНО-АБРАЗИВНИЙ ВПЛИВ

<sup>1</sup>Гринь О.Г., <sup>2</sup>Трембач І.О.

(<sup>1</sup>ДДМА м. Краматорськ, Україна, <sup>2</sup>ПрАТ «НКМЗ» м. Краматорськ, Україна)

Постійно зростаючі вимоги споживачів до якості продукції машинобудування викликають необхідність вдосконалення існуючих та пошуку нових науково-технічних і технологічних рішень. Корінне підвищення якості та конкурентоспроможності устаткування та машин, що виготовляються, прямо пов'язане з необхідністю поліпшення якості металу і економії його в машинобудуванні, а також зі створенням нових конструкційних матеріалів. Не менш важливим є підвищення властивостей, службових і експлуатаційних характеристик відомих і широко вживаних в даний час сталей.

Проблема підвищення якості, надійності і довговічності устаткування для видобутку корисних копалин є пріоритетною задачею матеріалознавства. На сучасному етапі актуальним є розроблення нових матеріалів для наплавлення, які окрім підвищення механічних властивостей забезпечують ефективність зміцнення при експлуатації, що дозволяє підвищити рівень фізико-механічних і експлуатаційних властивостей зміцнених та відновлених деталей.

Особливо гостро це стосується високоманганових аустенітних сталей, широко застосовуваних у машинобудуванні для виготовлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного ударно-абразивного зносу. Широке застосування знаходить високоманганова аустенітна сталь 110Г13Л.

Аналіз експлуатації зносостійких виливків зі сталі 110Г13Л показує, що головною причиною зносу є стирання в результаті недостатньої стійкості їх поверхні при дії абразивного матеріалу. Для підвищення стійкості поверхневих шарів необхідно збільшити їх твердість. Причому, підвищення твердості має відбуватися в результаті прикладання навантажень. Для досягнення цього доцільно використовувати метастабільні аустенітні сталі, здатні до динамічних деформаційних мартенситних перетворень (ДДМП).

Сталь 110Г13Л відноситься до стабільних аустенітних сталей. ДДМП в ній не мають помітного розвитку і істотне зміцнення досягається після відносно великої деформації. Тому, експлуатаційна стійкість деталей з цієї сталі, особливо в умовах переважання абразивного зносу, недостатня.

Одним з найважливіших напрямків сучасного матеріалознавства є створення матеріалів з метастабільними структурами, які є синергетичними системами. Утворення мартенситу деформації призводить до появи внутрішніх напружень стиску в контактній-поверхневому обсязі металу, охопленому мартенситним перетворенням. На їх релаксацію збільшується споживання енергії абразивного взаємодії. Це служить однією з причин підвищення зносостійкості сталі.

Таким чином, розробка складу самозахисного порошкового дроту з метою отримання наплавленого металу здатного до динамічних деформаційних мартенситних перетворень, має важливе наукове і практичне значення.

## ПІДВИЩЕННЯ ВІБРОСТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ ЧОРНОВОГО ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Гузенко В.С., Мироненко Є.В., Муляр І.С., Гончаренко О.О.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Аналіз розрахункових та експериментальних динамічних параметрів приводів головного руху для фрезерних верстатів показав, що роль різних складових в балансі загальної податливості приводу для верстатів середніх розмірів складає: на кручення до 30% сумарної приведенної податливості коробки швидкостей; контактної податливості шліцьових и шпонкових з'єднань до 35%; податливість валів сумісно с податливістю опори зубчатих передач до 35% [1]. В повздовжньо-фрезерних верстатах з високою областю частот домінуючий вплив на вібростійкість процесу різання має вплив податливості шпиндельного вузла [2].

Метою роботи є підвищення вібростійкості процесу чорнового фрезерування. Виходячи з того, розглянемо спрощену динамічну модель шпиндельного вузла при торцевому фрезеруванні с двома степенями свободи. Беручи до уваги те, що характеристики жорсткості лінійні и сили демпфирований пропорціональні швидкості, одержим систему з двох рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\ddot{x} + \frac{b_x}{m_x} \Delta\dot{x} + \omega_x^2 \Delta x &= \frac{\Delta p_x}{m_x} \\ \Delta\ddot{y} + \frac{b_y}{m_y} \Delta\dot{y} + \omega_y^2 \Delta y &= \frac{\Delta p_y}{m_y} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

При торцевому фрезеруванні збірними фрезами великого діаметра в динамічну систему входять нелінійні пружні елементи. Якщо виразити залежність деформації від навантаження для нелінійного пружного елемента

$$\delta = cP^\alpha \quad (2)$$

де  $\alpha$  – постійний коефіцієнт, залежний від конструкції, матеріалу, якості виготовлення и других факторів.

Зміна показника  $\alpha$  суттєво впливає на деформації и жорсткість. Зона великих зміщень в області малих навантажень тім більше, чім більше нелінійність, яка визначається показником  $\alpha$ . Натяг має найбільший вплив на нелінійні елементи с  $\alpha > \frac{1}{2}$ .

Проведемо аналіз жорсткості з'єднання для нелінійного пружного елемента.

$$c = \delta P^{-\alpha}; \quad dc = -\alpha \delta P^{-(\alpha+1)} dP \quad (3)$$

Тоді диференціальне рівняння руху системи буде мати вид:



$$\left. \begin{aligned} m_x \Delta \ddot{x} + b_x \Delta \dot{x} + (c_x - dc_x) \Delta x &= \Delta P_x \\ m_y \Delta \ddot{y} + b_y \Delta \dot{y} + (c_y - dc_y) \Delta y &= \Delta P_y \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де  $dc_x$  и  $dc_y$  – крутизна характеристики сили різання по жорсткості, одержані з рівнянь (3).

Вірність прийнятих допущень добра співпадає з результатами роботи [3], в якій експериментально було встановлено, що перемінні складові сили різання в більшій ступені, ніж постійні складові, реагують на зміну елементів режимів різання.

Оскільки велике значення на динамічну стійкість процесу торцевого фрезерування має шпindelний вузол с багаторіздцевим інструментом, вибір оптимальної конструкції фрези має визначальне значення для покращення динамічних характеристик процесу різання.

В цьому випадку задача полягає в виборі такого розміщення зубів, при якому можна одержати більш плоский спектр амплітуди відносно вібрації інструмент-деталь, є конструювання інструмента с збурюючою функцією типу білого шуму. Гранична глибина різання до одержання помітної вібрації може бити збільшена в два рази [4].

Наявність відставання – зміни сили різання від зміни товщини зрізу «а» переводять виникаючі власні затухаючі коливання в незатухаючі автоколивання, де енергію, підтримуючу їх, створює змінююча синхронно, але зміщена по фазі сили різання. Одержані при цьому на поверхні різання вібраційні сліди, починаючі з роботи другого зуба, будуть за кожне коливання передавати допоміжну порцію енергії в коливальну систему і посилювати коливання. Однак при цьому будуть зростати і сили демпфування. Через якийсь час настане врівноваженість між енергією збудження, яка поступає в систему, і енергією, яка розсіюється при коливаннях, встановиться визначений рівень автоколивань.

Підсумком роботи є розроблений метод розрахунку динамічної жорсткості процесу різання при торцевому фрезеруванні крупними збірними фрезами з врахуванням нелінійних пружних елементів.

**Литература:** 1. Ривин Е.И. Динамика привода станков. – М. Машиностроение. 1966. 204с.

2. Каминская В.В. Расчеты виброустойчивости в станкостроении. М: Машиностроение, 1988, 102с.

3. Позняк Г.Г., Матвейкин В.В., Мальцев О.С., Мамкин Г.И. Исследование изменения составляющих сил резания по ходу зуба при торцевом фрезеровании. В кн.: Исследования процессов обработки материалов и металлообрабатывающего оборудования. Сб. научных трудов. - М.: УДН, 1980, С. 43 - 49.

4. Пат. России № 1725493 Режущая пластина / Гузенко В.С., Колядин А.В., Филиппов Г.В., Онишко А.В.

# НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Донченко Е.И.

(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

При разработке систем управления оборудованием, на нижнем уровне зачастую применяют встраиваемые микроконтроллерные системы. Они обладают низкой стоимостью реализации в «железе» при чрезвычайно высокой надежности. Однако разработка программного обеспечения (ПО) для микроконтроллеров (МК) требует высокой квалификации разработчиков, ввиду требования к обеспечению надежности работы ПО.

**Целью работы** была разработка комплексного подхода по повышению надежности разработки ПО при условии снижении требований к квалификации программиста. В рамках подхода, ПО разрабатывается с применением концепции автоматного программирования [1], при котором программа реализуется как система формальных автоматов, описанных методом графов [2]. Программа управления проектируется в графическом виде, при этом программисту предоставлены удобные макрокоманды: например, WAIT (рис.1), существенно облегчает программирование временных процессов, или переход на OLD, выполняет возврат в любое предыдущее состояние, удобно для меню.

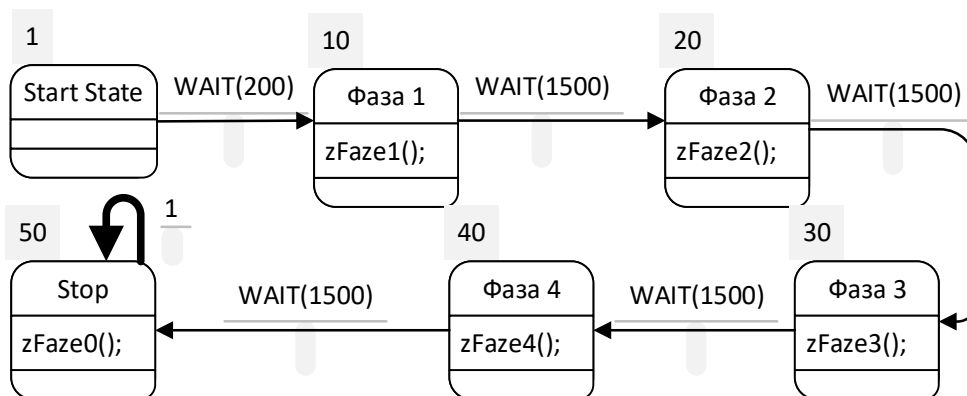


Рис. 1. Пример программы для МК с использованием метода графов

**Выводы:** предложенный подход к созданию ПО для МК управления оборудованием позволяет снизить требования к квалификации разработчика, при этом сохраняя надежность разрабатываемой программы, что чрезвычайно актуально в условиях высшей школы. При этом программный комплекс сохраняет свою актуальность и для опытных специалистов, так как служит всего лишь графическим представлением программы, позволяя получить доступ к программному коду с необходимой степенью детализации.

**Литература:** 1. Stoyan Mihov, U. Schulz. / Finite-State Techniques Automata, Transducers and Vimachines. // Cambridge: 2019. - 298с. – DOI: 10.1017/9781108756945.

2. Донченко Е.И. Автоматное программирование при разработке встраиваемых систем. // Информатика, управління та штучний інтелект, Тези шостої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків – 2019. стр. 31. ISSN 2524-0293

# РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОПОРНИЙ КОНТУР БАШТОВОГО КРАНА

Дорохов М.Ю., Єрмакова С.О., Анісимов А.І.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Баштові крани є найбільш застосованими серед будівельних кранів, які вирішують питання механізації вантажно-розвантажувальних робіт на будівництві. Але їх аварії складають 40% від загальної кількості аварій стрілових вантажопідйомних кранів. Падіння баштових кранів відбувається навіть при дотриманні всіх правил експлуатації і вимог безпеки. Розвиток і подальше удосконалення баштових кранів в наш час неможливе без дослідження навантажень, та їх впливу на стійкість за різними умовами роботи.

Стійкість крана проти перекидання залежить від достатньо великої кількості суттєвих факторів, таких як вітрове навантаження, маса підйомального вантажу, динамічні навантаження, маса консольно розташованих частин (стріла, противага і стрілове обладнання) й інші. Всі перелічені фактори найбільш значущі під час роботи крана, тобто при виконання операцій підйому вантажу, повороту башти крана, зміни вильоту, або суміщення робочих операцій. Динамічні навантаження, які виникають при цьому, можуть привести до різкої зміни навантажень на металоконструкцію крана, опори і рейкові шляхи. Вплив зазначених факторів на стійкість можна визначити шляхом обчислення зміни реакції в опорах, але така робота є достатньо затратною за часом. Проведення експериментальних досліджень надає значно точніші результати, а також дозволяє отримати не статичну інформацію, а дані реального навантаження робочого стану.

Проведення експериментальних досліджень на діючому крані пов'язано з питаннями безпеки, тому для вирішення поставленої задачі була створена фізична модель із використанням 8 контрольних датчиків, розташованих в зонах контакту колес із рейкою.

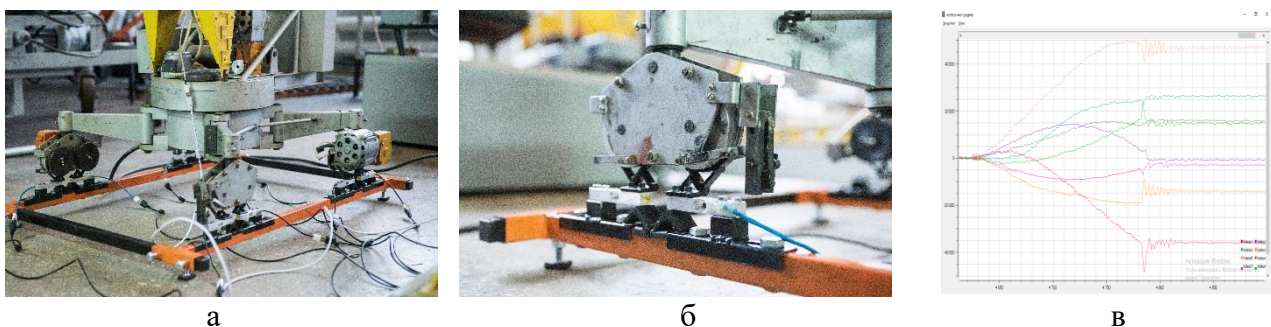


Рис. 1. Встановлення датчиків (а, б) та результати експерименту (в)

Таким чином, завдяки оригінальному програмному забезпеченню отримана можливість проводити дослідження навантажень в точках контакту кранових колес із рейкою, що дозволяє отримати високоточні результати для аналізу стійкості баштового крану у реальному часі.

# ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ РОБОЧИХ ЦИКЛІВ ДИЗЕЛЬ-ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

<sup>1</sup>Єнікєєв О.Ф., <sup>1</sup>Захаренков Д.Ю., <sup>2</sup>Абрамська І.Б.

(<sup>1</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна, <sup>2</sup>УкрДУЗТ, м. Харків, Україна)

**Вступ.** Техніко-економічні та експлуатаційні показники дизель-електричних станцій (ДЕС) залежать від розподілу фаз процесів подачі палива та повітря у циліндри. Відомий метод моніторингу робочих циклів передбачає вимірювання тиску у циліндрах та побудову індикаторних діаграм із подальшим порівнянням. Застосування ручної праці, достатньо велика кількість циліндрів та відсутність вихідних електричних сигналів у первинних перетворювачів тиску суттєво обмежують продуктивність цього методу. Пропонується ідея моніторингу робочих циклів на основі даних непрямих вимірювань. Для цього автори пропонують використати сигнал флуктуацій швидкості обертання колінчастого валу. Створення алгоритмічного та прикладного програмного забезпечення для моніторингу робочих циклів дозволить побудувати апаратні засоби із потрібною точністю та продуктивністю, що й визначає актуальність цієї науково-прикладної задачі.

**Постановка завдання.** Незадовільні метрологічні характеристики відомих апаратних засобів для вимірювань флуктуацій швидкості обертання колінчастого валу, відсутність алгоритмічного та прикладного програмного забезпечення опрацювання вхідної інформації. Покращення точності та продуктивності процесу моніторингу робочих циклів ДЕС.

**Основні результати.** Математичну модель ДЕС 3ТД-1 подано у вигляді лінійної механічної системи, яка має чотири ступені волі. При цьому поданні також враховано тертя. На основі теорії сигнальних графів отримано передавальні функції, які пов'язують зображення за Лапласом крутних моментів циліндрів та коливання маси біля якої встановлено первинний перетворювач. При визначенні частотних характеристик каналів передач «циліндр-колінчастий вал» застосовано програмне середовище Matlab. Крутні моменти циліндрів подано обмеженим рядом Фур'є із урахуванням їхнього запізнення. Зміни у налаштуванні процесів подачі палива до окремих циліндрів подано у вигляді коефіцієнтів.

Інформаційна технологія розрахунку цих коефіцієнтів полягає у розв'язуванні системи лінійних алгебраїчних рівнянь, праву частину якої утворює вектор частотного подання вимірювального сигналу флуктуацій. На основі передавальних функцій каналів передач та подання крутних моментів визначено коефіцієнти матриці лівої частини системи рівнянь. Розроблено алгоритм мінімізації нев'язання. За результатами розрахунку коефіцієнтів апаратні засоби змінюють налаштування процесів подачі палива до циліндрів.

Комп'ютерним моделюванням створено інформаційну базу даних сигналів флуктуацій швидкості обертання першої маси у межах одного оберту колінчатого валу при різноманітних налаштуваннях робочих циклів ДЕС.

Також встановлено, що амплітуда сигналу флуктуацій не перевищує 0.05% миттєвої швидкості обертання колінчатого валу. Тому процедура його вимірювань є достатньо складною і потребує розробки нового методу та відповідних апаратних засобів.

Встановлено, що основною проблемою вимірювань сигналу миттєвої швидкості обертання є наявність кінематичної похибки виготовлення первинних перетворювачів. Організація багатоканальних вимірювань інтервалів часу, які формуються одною рисою первинного перетворювача та відповідають повному оберту колінчастого валу, суттєво зменшить її величину. Розроблено апаратні засоби для вимірювань сигналу флуктуацій.

Вихідний сигнал первинного перетворювача за допомогою лічильника та дешифратора перетворюється у декілька імпульсних послідовностей, які відповідають моментам часу проходження біля чутливого елемента датчика однієї риси та подаються на вхід відповідного пристрою для вимірювань. Кількість каналів пристрою для вимірювань інтервалів часу визначається кількістю рисок первинного перетворювача. Технічну реалізацію апаратних засобів проведено на основі методу дискретизації за часом сформованих інтервалів. Усунення взаємних накладань вимірювальної інформації каналів при їхньому поєднанні у інформаційний сигнал для пристрою цифрового оброблення виконується за допомогою лічильників. Об'єм останніх та частота взірцевого генератора обираються таким чином, щоб переповнення лічильника виконувалося за час трохи менший ніж середній період вхідного сигналу. При цьому з вимірювальної інформації кожного каналу виключається калібрований за тривалістю проміжок часу. Поєднання вихідних сигналів каналів в сигнал вимірювальної інформації виконується за допомогою схеми АБО. Кількість імпульсів цього сигналу за допомогою лічильника перетворюється у двійковий код, який накопичується у оперативній пам'яті комп'ютерної системи. Інформаційна технологія опрацювання цим блоком сигналу вимірювальної інформації складається з таких обчислювальних процедур: виділення сигналу девіацій та його подання у вигляді обмеженого ряду Фур'є.

При запропонованому методі вимірювань сигналу миттєвої швидкості кінематична похибка не впливає на тривалість сформованих інтервалів часу. Визначено динамічну похибку зрушень за часом дискретних відліків сигналу флуктуацій. Результати розрахунків довели ефективність методу апаратної компенсації кінематичної похибки первинного перетворювача. Розроблено апаратні засоби та відповідне програмне забезпечення.

**Висновок.** Запропоновано метод вимірювань флуктуацій швидкості обертання, який за рахунок компенсації кінематичної похибки забезпечує потрібну точність. У якості детермінованої математичної моделі ДЕС ЗТД-1 запропоновано механічну систему із чотирма ступенями волі. За допомогою теорії сигнальних графів отримано передавальні функції та на основі частотного подання вимірювального сигналу розроблено інформаційну технологію моніторингу робочих циклів ДЕС. При розв'язанні перевизначеної системи алгебраїчних рівнянь використано метод найменших квадратів для мінімізації нев'язання.

## ДОСЛІДЖЕННЯ САМОЗАХИСНИХ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ

**Жаріков С.В., Гринь О.Г., Водолазький А.О.,  
Бакарас М.Ю., Водолазький А.О., Кравченко Д.Ю.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Аналіз існуючого ринку зварювальних матеріалів показує, що одним з перспективних матеріалів, що застосовуються при відновлювальному наплавленні інструменту, є самозахисний порошковий дріт (СПД) [1, 2]. Порошкові дроти для наплавлення забезпечують добрі зварювально-технологічні властивості в широкому діапазоні складів наплавленого металу, високий рівень розкислення, низький вміст включень в наплавленому металі.

Однак при зварюванні і наплавленні СПД плавлення оболонки дещо випереджає плавлення осердя. Відставання процесу плавлення осердя від плавлення оболонки небажане явище і викликає погіршення зварювально-технологічних показників і зниження ефективності захисту металу від повітря, призводить до засмічення металу шва шлаковими включеннями [3].

Величина відставання плавлення осердя СПД від оболонки залежить від складу дроту і його конструкції, режимів зварювання, вмісту металевих порошоків в осерді, збільшенням тепловкладення в осердя порошкового дроту [3].

Одними з широко застосовуваних шляхів зменшення відставання плавлення осердя від оболонки дроту є застосування порошкових дротів складного перетину [3, 4] і збільшення тепловкладення в осердя введенням до складу їх шихти екзотермічних сумішей [5, 6]. Порошкові дроти складної конструкції дають наявність додаткового металу всередині тіла дроту, що дозволяє покращити умови підведення тепла до часток осердя, збільшити кількість наплавленого металу, підвищити стабільність горіння дуги, що сприятливо позначається на якості виробу. При плавленні порошкових дротів з екзотермічною сумішшю тепловий ефект екзотермічної реакції доповнює тепло дуги і зменшує відставання плавлення осердя від оболонки, знижує ймовірність попадання в зварювальну ванну компонентів осердя в твердій фазі, впливає на зварювально-технологічні властивості дроту і параметри зварного шва, збільшує коефіцієнти розплавлення і наплавлення.

В зв'язку з цим в роботі досліджувався вплив конструкції самозахисного порошкового дроту і екзотермічної суміші у складі осердя на характеристики плавлення порошкового дроту, в порівнянні з порошковим дротом трубчатого перетину у складі шихти якого відсутня екзотермічна суміш.

Для визначення характеристик плавлення досліджуваних самозахисних порошкових дротів ( $\alpha_p$  - коефіцієнт розплавлення,  $\alpha_n$  - коефіцієнт наплавлення,  $\psi$  - коефіцієнт загальних втрат) виконували однопрохідне наплавлення валиків на пластини з низьковуглецевої сталі ВСтЗпс розміром  $10 \times 100 \times 200$  мм. Коефіцієнт заповнення СПД трубчастого перетину з екзотермічної сумішшю в складі шихти осердя і без екзотермічної суміші склав  $K_3 = 0,4$ . Коефіцієнт заповнення самозахисного порошкового дроту складного перетину склав  $K_3 = 0,23$ .

Зовнішній вигляд торців досліджуваних самозахисних порошкових дротів після наплавлення показав, що при плавленні СПД з екзотермічної сумішшю і порошкового дроту складного перетину відставання плавлення шихти осердя від оболонки порошкового дроту значно зменшується.

Аналіз отриманих даних по характеристикам плавлення досліджуваних СПД, в порівнянні з порошковим дротом без екзотермічної суміші в шихті, показав, що введення екзотермічної суміші до складу осердя СПД, призводить до підвищення коефіцієнтів розплавлення і наплавлення на 11,1% і на 11,8% відповідно, і зменшення коефіцієнта втрат електродного металу на 31,2%. Застосування порошкових дротів складної конструкції призводить до підвищення коефіцієнтів розплавлення і наплавлення на 10,8% і на 11,3% відповідно, і зменшення коефіцієнта втрат електродного металу на 28,6%. Однак порошковий дріт складного перетину має більш низький коефіцієнт заповнення, що обмежує їх використання при зварюванні і наплавленні легованих сталей.

**Література:** 1. Исследования и разработки ИЕС им. Е.О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой / И. К. Походня, В. Н. Шлепаков, С. Ю. Максимов, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка.– 2010. – № 12. – С. 34-42.

2. Гринь А. Г. Анализ причин выхода из строя деформирующего инструмента, технологии восстановления и повышения долговечности / А. Г. Гринь, С. В. Жариков, А. Д. Дудинский // Науковий вісник ДДМА. – Краматорськ, 2016. – № 3 (21Е). – С. 61–66.

3. Яковлев Д. С. Анализ технологических особенностей сварки порошковой проволокой / Д. С. Яковлев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия».– 2014, том 14. – № 2. – С. 92-95.

4. Походня И. К. Сварка порошковой проволокой : монография / И. К. Походня, А. М. Суптель, В. Н. Шлепаков. – К. : Наукова думка, 1972. – 223 с.

5. Зареченский А. В. Особенности плавления порошковых лент с термитными смесями / А. В. Зареченский, Л. К. Лещинский, В. В. Чигарев // Сварочное производство. – 1985. – №8. – С. 39-41.

6. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на характеристики плавления / С. В. Жариков, В. К. Лысак, А. В. Журавлев // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2011. – №1 (22). – С. 82-85.

## ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЕЗ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ПРИ ЇХ ЗАКУПІВЛІ

**Залога О. О., Залога В. О., Івченко О. В.**

*(СумДУ, м. Суми, Україна)*

На машинобудівних підприємствах, де виробляють складну й трудомістку продукцію, номенклатура інструменту, що застосовується, досягає десятків тисяч найменувань. Для забезпечення виробництва необхідними компонентами на підприємствах, як правило, вже існує інструментальна підготовка виробництва, яка повинна забезпечувати у задані терміни основне виробництво інструментом і оснащенням встановленого рівня якості з найменшими витратами. Показано, що за останні часи питома вага покупного оснащення постійно зростає.

Результати проведеного дослідження діяльності машинобудівних підприємств вказують на те, що однією з тенденцій розвитку сучасного машинобудівного підприємства є так званий аутсорсінг бізнес-процесів, а саме, передача функцій, наприклад, інструментальної підготовки виробництва в частині проектування та виробництва, стороннім організаціям, шляхом купівлі у них потрібних інструментів та оснащення. На сьогодні аутсорсінг бізнес-процесів щодо металорізальних інструментів вже займає до 85% загального об'єму інструментів, що використовується у машинобудівній галузі. При цьому, рішення щодо вибору інструменту та оснащення приймаються, як правило, на основі суб'єктивної думки спеціалістів підприємства або за результатами експериментів, які, можуть призводити до великої ймовірності суттєвих помилок, а також до великих економічних витрат часу та фінансових ресурсів підприємства.

Ця обставина вимагає розроблення відповідних систем оцінювання якості металорізальних інструментів, що купують машинобудівні підприємства, що у теперішній час займають більше 60% ринку лезових інструментів. З метою створення потрібних систем оцінювання якості вказаних інструментів в роботі розроблена система факторів, що впливають на якість інструментальної підготовки машинобудівного підприємства в умовах закупівлі металорізального інструменту, які пропонується поділити на чотири групи – економічні, технічні характеристики виробництв, технічне завдання та якість інструменту. Причому запропоновано групу «економічні фактори» використовувати в якості критеріїв оптимізації робіт з інструментальної підготовки машинобудівного підприємства, а три інші – в якості обмежуючих факторів.

Таким чином створення нових та вдосконалення наявних систем, засобів і методів оцінювання якості різального інструменту та їх нормативного забезпечення є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого дозволить не тільки значно скоротити терміни технологічної підготовки виробництва та запуску нових виробів, та також і підвищити продуктивність й надійність відповідних технологічних системи та забезпечити конкурентоспроможність продукції вітчизняного машинобудування.



# ПРИНЦИПИ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ РОБОТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

**Калафатова Л.П., Медведчук В.В.**  
(ДонНТУ, м. Покровськ, Україна)

Роботизований технологічний комплекс (РТК) є складовою частиною гнучких виробничих автоматизованих систем (ГАВ). Поступове впровадження РТК у різні галузі господарства сприяє розвитку машинобудування. Одна з основних закономірностей розвитку техніки на сучасному етапі полягає в тому, що РТК охоплюють всі нові ланки виробничого процесу, викликаючи революційні зміни в технології та організації механо-оброблюючого виробництва. РТК, будучи необхідною складовою технічного прогресу, дозволяє мінімізувати працю людини у виробничому процесі, підвищити його продуктивність і тим самим окупити немінучі витрати на проектування та створення складних технологічних систем.

Таким чином, в процесі розробки РТК механічної обробки деталей різних класів все більше значення має моделювання їх раціональної структури і виробничих ситуацій під час експлуатації, що і є метою даною роботи.

Під структурою гнучкої системи розуміють її виробничо-технічну організацію. Технічно структури РТК, як елемента ГВС, реалізуються набором верстатного обладнання на базі ЧПК, транспортних засобів для переміщення матеріальних потоків, у першу чергу, заготовок, серед яких найважливіші функції виконують промислові роботи (ПР) різного типу, а також засобів керування і додаткових пристроїв, що забезпечують життєдіяльність системи.

Відомо, що моделі ГАВ механічної обробки по типу можуть бути розкладені на два класи: імітаційні і моделі натурального типу [1]. Імітаційні моделі можна уявити математичними об'єктами, що схематизують елементи реальної системи ГАВ, до якої відносяться і РТК. Імітаційні моделі мають значні переваги, які дозволяють на етапі проектування прогнозувати основні параметри ГАВ по сукупності критеріїв (наприклад, продуктивність, надійність при забезпеченні заданих параметрів якості продукції, що випускається, тощо). Але цей тип моделей, будучи машинно-орієнтованим, не дозволяє їм бути повністю адекватними до реальних умов обробки і враховувати людський фактор, що потребує натурального моделювання структури і елементів ГАВ.

Тому для моделювання структури РТК обробки деталей типу «вал», як однієї з найбільш поширених у машинобудуванні видів продукції, був використаний принцип натурального моделювання зі створенням так званої технологічної моделі РТК. Ця модель у комплексі включає основне обладнання – верстати з ЧПК, промислові роботи і систему керування, які призначені для обробки деталей названого класу.

На рис. 1 наведено структуру РТК для механічної обробки деталей типу «вал» в умовах середньо-серійного виробництва, створену на базі натуральної технологічної моделі комплексу. Вона включає основне обладнання з ЧПК

(фрезерно-центрувальний верстат XZ K8230-3000, токарні верстати 16K30Ф3 і вертикально-фрезерний верстат 6Т13Ф3-1), промислові роботи «КУКА KR 270-2», тактові столи-накопичувачі, систему управління.

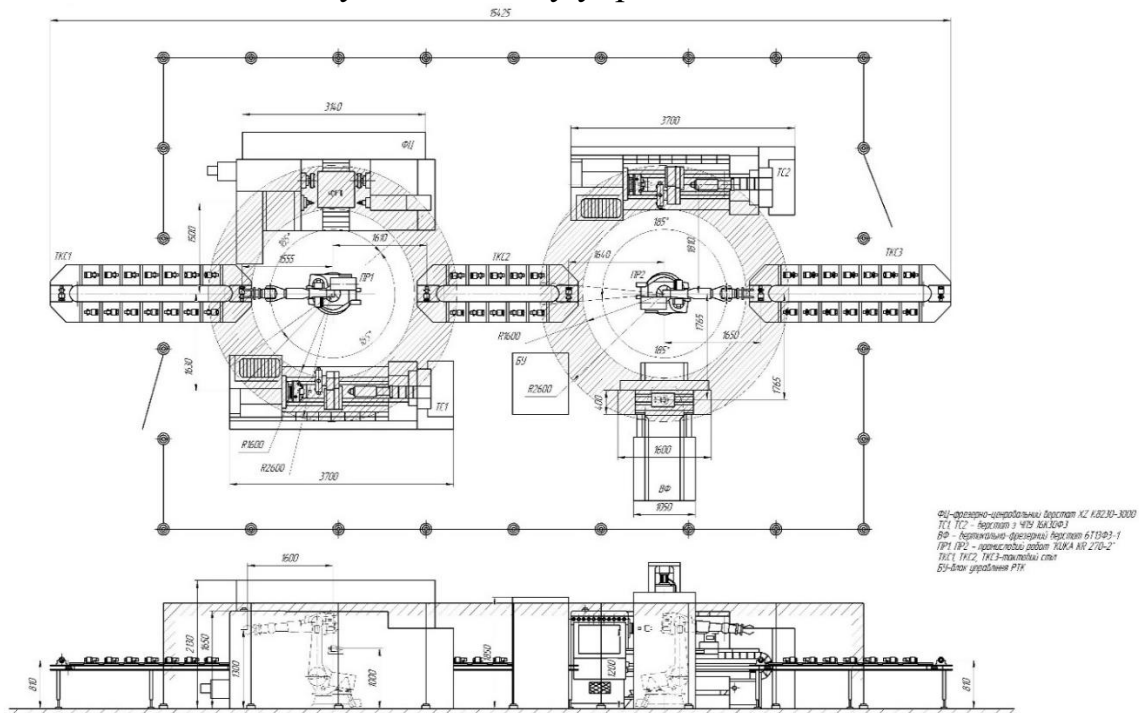


Рис. 1. Структура РТК обробки деталей типу «вал»

Елементи РТК підбиралися за наступними основними ознаками: верстати повинні відповідати заданій продуктивності, мати можливості автоматичних змін інструментів, затиску заготовок, контролю правильності та надійності їх базування в затискних пристроях, що необхідно для роботи верстатів спільно з роботом; конструкція і технічні можливості ПР повинні відповідати умовам і технологічним особливостям обробки конкретних деталей на обраному обладнанні; у системах управління верстатами передбачено канали для обміну з ПР інформацією при виконанні всіх взаємопов'язаних операцій; допоміжне обладнання - транспортно-накопичувальні пристрої, що забезпечують накопичення, зберігання, орієнтацію, поштучну видачу та транспортування деталей всередині або між РТК повинно працювати узгоджено з іншими елементами системи.

Розробка моделі функціонування комплексу здійснювалася згідно з алгоритмом його роботи, виходячи з мінімізації часу холостих ходів елементів системи як складової частини робочого циклу обробки деталі.

В результаті створена технологічна модель структури РТК дозволяє при її функціонуванні в реальних умовах проаналізувати зв'язок технологічних, конструктивних, економічних факторів, а також систем управління і прийняти відповідні раціональні рішення.

**Література:** 1. Любимов В.И. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства / В.И. Любимов, К.Е. Белявин. – Минск: Белорусский национальный технический университет. – 2012. – 200 с.

# СУЧАСНИЙ СТАН ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

**Калініченко В. В.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Проблема ефективного використання енергії в українській промисловості має особливу гостроту, зумовлену застарілою технічною базою виробництва, енерговитратністю технологій, недосконалістю енергоменеджменту. Зокрема, характерний для машинобудування України високий рівень енерговитрат на одиницю продукції значно перевищує відповідний показник для розвинених країн і негативно впливає на конкурентоздатність виробів. Частка вартості енерговитрат у собівартості машинобудівної продукції країн пострадянського простору становить 15...25 % і має тенденцію до зростання [1]. Це зумовлює актуальність підвищення енергоефективності технологічних процесів машинобудівного виробництва, в першу чергу процесів механічної обробки.

Сучасний стан проблеми енергоефективності механічної обробки та можливі шляхи її вирішення представлені, зокрема, у роботах [1, 2].

Автором були систематизовані відомості про шляхи підвищення енергоефективності механічної обробки з метою подальшого виявлення найбільш перспективних з них. Зокрема, серед цих шляхів:

- зниження витрат енергії на перебіг фізичних процесів у зоні різання за рахунок оптимізації режимів різання за енергетичними критеріями, полегшення деформації оброблюваного матеріалу при введенні до матеріалу додаткової енергії, використання інструменту зі зносостійким покриттям;
- зменшення оперативного часу на обробку, зокрема за рахунок допоміжного часу операції, коли верстат працює на холостому ході;
- зменшення втрат енергії у електричній частині приводів верстатів (використання енергоефективних типів електродвигунів, вдосконалення конструкцій двигунів, вірний вибір їхньої номінальної потужності);
- зменшення втрат енергії у механічній частині приводів верстатів за рахунок конструктивних змін, що підвищують коефіцієнт корисної дії приводів;
- вдосконалення систем керування верстатів за рахунок оптимізації траєкторій обробки, зменшення частоти заміни інструменту, відключення допоміжних компонентів верстата після використання, а також постійного моніторингу енергоспоживання;
- використання систем рекуперації енергії у верстатах.

Актуальність проблеми енергоефективності механічної обробки зумовлює необхідність дослідження перспектив реалізації вказаних шляхів.

**Література.** 1. Карпов, А. В. Об оценке энергетической эффективности технологических процессов обработки резанием / А. В. Карпов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 61–68. 2. Федориненко, Д. Ю. Енергоефективність обробних верстатів / Д. Ю. Федориненко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»: науковий збірник. – Чернігів : Черніг. цац. технол. ун-т, 2015. – № 2 (78). – С. 64–70.

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗАКАЛЕННЫХ ШЕВРОННЫХ КОЛЕС С РАЗДЕЛЬНОЙ СХЕМОЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

**Камчатная-Степанова Е.В.**

*(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)*

Обеспечение качества продукции в условиях рыночной конкуренции – важнейшая задача. В машиностроении основным показателем качества – является точность изготовления деталей. Одно из перспективных направлений в машиностроении – технологические схемы червячной твердосплавной фрезы крупномодульных шевронных закаленных колес. Данные схемы направлены на повышение производительности зубофрезерования червячными фрезами увеличением подачи инструмента и увеличением скорости резания с обеспечением параметров шероховатости поверхностного слоя эвольвентных поверхностей зубьев. В конструкции червячной фрезы производились изменения, главным образом, с точки зрения уменьшения волнистости на обработанной поверхности зубьев колеса, используя путь обработки профиля зубьев. Рост величины подачи для чистовых червячных фрез ограничивается условиями требуемой чистоты обработки профиля зубьев.

Вопросы обеспечения качества, точности и экономичности изготовления червячных твердосплавных фрез во многом тесно связаны с вопросами конструирования инструмента. Путем выбора оптимальной схемы резания и кинематики зубообработки можно существенно уменьшить длину главных режущих кромок, и таким образом, облегчить пайку и заточку инструмента, осуществить возможность оснащения его неперетачиваемыми поворотными пластинками из твердого сплава, керамики, сверхтвердых материалов, обеспечить необходимую точность изготовления и др.

Последовательность установки каждой из двух корпусов твердосплавной червячной фрезы определяет технологическая схема резания с отдельной схемой формообразования [1, 2]. Наиболее полно соответствует условиям обработки шевронных закаленных шевронных колес такая технология формообразования.

Обработка каждой стороны зуба может осуществляться как поочередно, так и одновременно. Конструкция инструмента позволяет обеспечить передний и задний углы режущей части значительно большими, чем у затылованных червячных фрез. При работе обкаточными резцами настройка всех кинематических цепей горизонтального зубофрезерного станка производится так же, как при фрезеровании червячными фрезами.

Расширяют область применения метода обкатки в обработке шевронных зубчатых колес до модуля 30мм фрезы с отдельной схемой формообразования.

**Литература:** 1. Конструкторско-технологические способы повышения производительности и качества зубообработки крупногабаритных зубчатых венцов / Е.В. Мироненко, В.Ф. Шаповалов, А. А. Ключко, С. Ю. Палашек, Е. В. Остапович // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х.: НТУ «ХПИ», 2015. – № 4 (1113). – С. 28–32. – Бібліогр.: 3 назв. 2. Технологические основы зубофрезерования шевронных закаленных колес с отдельной схемой формообразования /Пермяков А.А., Ключко А.А., Старченко Е.П., Камчатная-Стапанова Е.В., Сапон С.П.// «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем-2019». – С.117-118.

# КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ ВИСОТОЮ ГРЕБІНЦІВ ХВИЛЯСТОСТІ, ПОДАЧЕЮ ФРЕЗИ, ПРОФІЛЬНИМ КУТОМ ЗУБІВ ІНСТРУМЕНТУ І РАДІУСОМ ОБЕРТАННЯ ДАНОЇ ТОЧКИ ЗУБА ФРЕЗИ

<sup>1</sup>Камчатна-Степанова К.В., <sup>1</sup>Скидан Є.П.,

<sup>2</sup>Хорошайло В. В., <sup>3</sup>Хорошайло В. П.

(<sup>1</sup>НТУ "ХПИ", м. Харків, Україна, <sup>2</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна,

<sup>3</sup>Краматорський фаховий коледж промисловості, інформаційних технологій та бізнесу ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При незмінній подачі  $S$  висота гребінців зменшується найінтенсивніше із зменшенням профільного кута зубів фрези  $\alpha_u$ . Отже, при зменшенні кута, можна збільшувати подачу  $S$  не збільшуючи висоти гребінців  $h_s$ , що знижують точність профілю. Зменшити величину хвилястості можна і за рахунок зростання розмірів фрези ( $r$ ). Але цей шлях менш ефективний, оскільки для досягнення економічної стійкості інструменту доведеться зменшувати обороти інструменту, а, отже, знижувати і продуктивність процесу. Запропоновані схеми формоутворення із застосуванням черв'ячних фрез із зменшеним або рівним  $\theta^\circ$  кутом профілю зубів конструкції Кельнера А.Н., фрези "Байкал" конструкції Печерських А.І. мають "нульовий" кут профілю зубів. Фреза із зменшеним або рівним  $\theta^\circ$  кутом профілю зубів конструкції Кельнера А.Н. призначена для чорнового і чистового нарізування зубів шевронного колеса, має кориговані по висоті зуби. Фреза "Байкал" - тільки чистова. Обидві фрези складаються з двох корпусів, кожен з яких обробляє тільки одну з бічних сторін зуба колеса. Серйозним недоліком розглянутих конструкцій є ушкодження раніше обробленої поверхні зуба колеса на верхній ділянці траєкторії руху зуба інструменту. Проте роздільну обробку протилежних бічних сторін зубів колеса і відсутність різання вершинними кромками зубів інструменту при чистовому фрезеруванні слід вважати прогресивними рішеннями. Перше дозволяє поліпшити умови різання бічних кромки за рахунок створення різноспрямованих стружкових канавок, друге виключає обмеженість процесу різання (коробчаті стружки) і тим самим покращує динаміку різання, підвищує стійкість інструменту і точність нарізуваних зубів [1, 2]. Прагнення до поліпшення геометричних параметрів різальної частини черв'ячних фрез, головним чином до збільшення задніх кутів різання на вершинних і бічних кромках, привело дослідників до створення гострозаточеного збірного інструменту при обліку радіусу скругління різальної кромки. В середньому на 40% машинний час обробки колеса скорочується. Стійкість гострозаточених фрез в 3-4 рази вище за стійкість дискових модульних фрез, а також в 2 рази вище за стійкість черв'ячних затілених фрез при підвищених режимах різання.

**Література:** 1. Технологические методы скоростного зубофрезерования крупномодульных шевронных зубчатых колес / А.А. Клочко, Е.В. Басова, Е.В. Камчатная-Степанова // Труды Двадцать девятой международной конференции «Новые технологии и в машиностроении» (2-8 сентября 2019 г. Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2019. – С.7.

2. Технологический регламент выбора и назначения параметров зубофрезерования с учетом обеспечения требуемых параметров поверхностного слоя / В.Д. Ковалев, Я.В. Васильченко, А.А. Пермяков, А.А. Клочко, Сюй Шюаньяо, Фу Хун, Д.А. Дмитриев // Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», випуск 5. – Херсон: ХНТУ, 2019. – С.19– 24.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЧИСТОВОГО НАРЕЗАНИЯ ЗАКАЛЕННЫХ ШЕВРОННЫХ КОЛЕС

Камчатная-Степанова Е.В., Старченко Е.П., Заковоротный А.Ю.  
(НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Ведущее место в производстве оборудования, приборов и инструмента занимают станкостроительные и инструментальные фирмы Германии. Червячные фрезы любой точности и размеров существующих стандартов, шлифовально-затыловочные и заточные станки, а также измерительные приборы производятся в основном двумя фирмами - "Klingelnberg" и "Fette". Кроме этих, имеется еще ряд фирм, такие как "Pfauder" (Германия), "David Brown" (Англия) изготавливающих червячные фрезы, по своим качествам уступающие фрезам фирм "Klingelnberg" и "Fette". В Германии и Франции получили наибольшее распространение сборные конструкции червячных фрез, в то время как в США и Англии предпочтение отдается монолитным конструкциям. Чистовые крупномодульные червячные фрезы немецкими фирмами изготавливаются сборными. Профиль зубчатых реек этих фрез может шлифоваться непосредственно после их окончательной сборки в рабочем корпусе на шлифовально-затыловочных станках, как правило, пальцевыми кругами или, для отдельных конструкций, в специальных технологических корпусах на резьбошлифовальных станках (незатылованные червячные фрезы). Отдельные конструкции фрез фирмы "Klingelnberg" позволяют осуществить оба вышеизложенных способа шлифования. В конструкциях сборных фрез с поворотными рейками фирмы "Fette" используются рабочие корпуса, а в них одна база для шлифования профиля зубьев и установки зубчатых реек. Такие конструкции хотя и трудоемки в изготовлении, но более экономичны, чем использующие технологические корпуса. Повышение производительности зубофрезерования тесно связано с обеспечением рациональных геометрических параметров режущей части червячных фрез. Исследования нарезания зубчатых колес  $m=10$  мм, сталь 45, НВ 170-210 червячными затылованными фрезами с положительным передним углом  $\varphi = 10^\circ$  при режимах резания:  $V = 24-23$  м/мин,  $S = 1,6-2,47$  мм/об. показали, что стойкость данных фрез повышается по сравнению со стойкостью фрез, имеющих  $\varphi = 0^\circ$ , в 1,5 раза. Расход мощности, потребляемой станком на процесс резания, уменьшается на 15-20%, что позволяет увеличить подачу инструмента /34/. Однако при работе на скоростях свыше 28 м/мин это различие сокращается, а при  $V = 37$  м/мин наблюдается обратное явление. При обработке шевронных колес из стали 18ХГТ  $m = 4,5$  мм,  $Z = 35$  за один проход червячными фрезами с различными передними ( $\varphi = 0^\circ - 15^\circ$ ) задними ( $\alpha_b = 15^\circ - 18^\circ$ ) углами были получены следующие данные. Увеличение переднего угла фрезы до  $\varphi = 15^\circ$  уменьшает тангенциальную составляющую усилия резания  $P_z$  на 16%. Увеличение заднего угла на  $5^\circ$  снижает  $P_z$  на 28,6%. Одновременное изменение переднего и заднего углов в вышеуказанных пределах уменьшает силу  $P_z$  на 40% [1].

**Литература:** 1. Kovalev Viktor D, Vasilchenko Yana V, Klochko. Alexander A., Gasanov Magomedemin I. Technology of restoration of large gear boxes. Dašić, P. (editor): *Modern trends in metalworking*, Vol. 1: Vrnjačka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2018. – P. 43-63. ISBN 978-86-6075-065-7.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАГРІВУ ДЕТАЛЕЙ ОБЕРТАННЯ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТА НАПЛАВЛЕННІ

**Кассов В.Д., Кабацький О.В., Бережная Е.В., Малигіна С.В.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Одним з важливих етапів технології наплавлення масивних великогабаритних деталей є нагрів їх до необхідної температури. При цьому, неможливість підтримувати прийнятні параметри нагріву неминуче призводить до утворення дефектів в наплавленому шарі (тріщини, відшарування і ін.).

Метою роботи було вдосконалення устаткування для стабільного й безпечного підтримання процесу нагріву деталей при зварюванні та наплавленні. Запропоновано конструкцію газоповітряного нагрівача для зварювання й наплавлення. При цьому газоповітряним полум'ям пальників нагрівається внутрішній лист утеплювача, випромінюваним теплом від якого нагрівається деталь. Розпечені гази, продукти згоряння відводяться в безпечне місце.

Розрахунок пальників нагрівача проводиться за їх тепловою потужністю. Враховуючи неминучі втрати тепла при наплавленні а також за конструктивними міркуваннями у нагрівач встановлено три пальники потужністю 55000 ккал/год.

Було також здійснено перевірочний розрахунок пальнику. Виконано розрахунок на відсутність проскакування полум'я, яке показало безпечність його використання. Було виконано також розрахунок розміру виходного сопла пальнику. Виходячи з рекомендацій, знайдено діаметр сопла таким, що складає 2,3 мм.

Нагрівач складається з двох рознімних половин (передньої і задньої), що представляють собою порожнини, усередині яких встановлено пальники. У задній половині нагрівача розташовано два пальники, в передній – один. Обидві половини вільно поступально переміщуються в напрямку поздовжньої осьової лінії установки, що зручно при установці деталі під наплавлення, а також при її знятті. Зверху і знизу половини нагрівача замикаються, утворюючи при цьому зазори для зручності наплавлення і переміщення зварювальної головки вгору, і прибирання флюсової кірки і флюсу вниз. Оскільки пальники розташовані в закритому просторі нагрівача, потрапляння гарячих газів (продуктів згоряння) на зварювальну головку виключається, і поліпшуються умови роботи наплавників й підвищується якість металу. Нагрівач працює при високих температурах, а тому виготовляється з нержавіючої жаростійкої листової сталі товщиною 4 мм.

Як показали випробування, вибрана конструкція газоповітряного нагрівача дозволяє забезпечити стабільність й безпечність процесу нагріву деталей при зварюванні та наплавленні, значно знизити втрати тепла і виконувати наплавлення без перерв.

Використання нагрівача може бути рекомендоване при зварюванні та наплавленні деталей обертання в умовах виробництва.

# ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

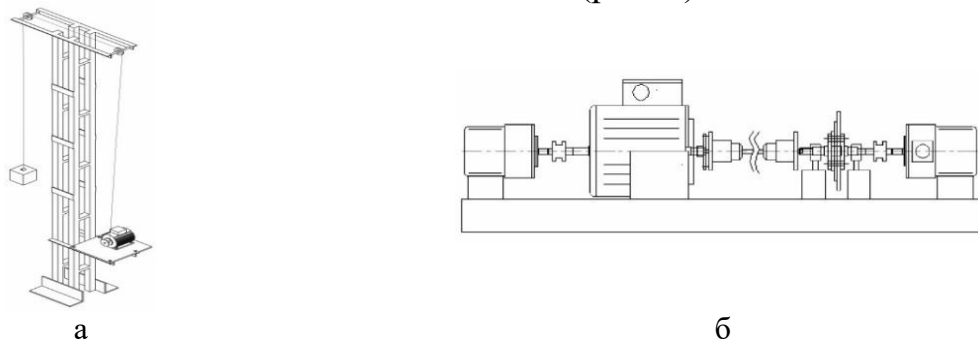
**Квашнін В.В.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При побудові високочастотних електроприводів, а також на їх основі різних виконавчих механізмів, наприклад, в галузі машинобудування, для металорізальних верстатів, виникає необхідність в розробці системи контролю поточних параметрів об'єкта управління в цілому і його електроприводу зокрема. Від своєчасності і точності їх визначення буде залежати якість і надійність роботи верстатів і механізмів, а також їх керованість і працездатність

Мета роботи – розробка системи контролю та керування асинхронним електроприводом на основі елементної бази мікроконтролерів STM32-discovery.

Для відпрацювання технології побудови і реалізації відносно недорогої, але в той же час функціональної системи діагностування були розроблені два лабораторних стенду - стенд статичних навантажень з активним моментом на валу і двомасовий стенд динамічних навантажень (рис. 1).



а) Стенд статичних навантажень; б) Стенд динамічних навантажень

Рис. 1 – Стенди статичних та динамічних навантажень

Їх живлення здійснюється від частотного перетворювача у вигляді автономного інвертора напруги. Зокрема, використовуваний автономний інвертор напруги був реалізований на базі мікроконтролера STM32VLDISCOVERY.

Розробка програм для мікроконтролерів STM32 реалізується за допомогою мови програмування високого рівня C. Всі параметри, пов'язані з управлінням приводом заносяться в пам'ять контролера за допомогою програмуючого пристрою або персонального комп'ютера за допомогою перетворювача USB-UART. Так само через USB-UART здійснюється моніторинг основних параметрів роботи системи в реальному часі.

Розроблено імітаційне обладнання у вигляді стендів статичних і динамічних навантажень, оснащених асинхронними електроприводами різних потужностей.

**Література: 1.** Квашнин В.В. Аппаратные и программные средства диагностики электромеханической системы на основе асинхронного двигателя / В.В. Квашнин, Г.П. Клименко, В.О. Квашнин // электромеханические и компьютерные системы. – 2016. – № 22(98). – с. 359 – 365.



# ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

**Клименко Г.П.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Тенденцію використання різального інструмента в сучасних умовах є перехід на твердосплавні інструменти бажано збірних конструкцій. Вітчизняне інструментальне виробництво поки що не в змозі забезпечити підприємства машинобудування в повній мірі прогресивним інструментом, який поставляють закордонні фірми.

Метою роботи є зниження видатку вартісних різальних інструментів шляхом розробки системи підвищення рівня їх експлуатації.

На рис. 1 наведена система задач, спрямованих на підвищення рівня експлуатації різального інструмента в умовах вітчизняних підприємств.



Рис. 1. Задачі підвищення рівня експлуатації різального інструмента (РІ).

Розроблена система експлуатації інструментів важких верстатів. Кваліметричний підхід до її розробки дозволив кількісно оцінити рівень якості і надійності експлуатації і встановити його зв'язок з видатком інструментів.

**Література: 1.** Г. Клименко. Забезпечення надійності експлуатації технологічної системи важких верстатів / Г.П. Клименко, В.В. Квашнін / Різання та інструменти в технологічних системах. Міжнар. наук.–техн. зб. – Харків: НТУ "ХП", 2019. – Вип. 91. – с. 78 – 86.

## ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Клименко Г.П., Мороз К.О.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

При розробці САПР ТП для автоматизованого виробництва [1] одним із ключових питань є забезпечення стабільності механічної обробки деталей. При цьому потрібно забезпечити певний рівень надійності при визначенні швидкості різання для оптимізації режимів різання. При формуванні цільової функції для оптимізації параметрів різання необхідно визначити період стійкості інструменту для заданого рівня надійності – гама- відсотковий період:

$$T_{\gamma} = a \left( -\ln \frac{\gamma}{100} \right)^{\frac{1}{b}}$$

- для закону Вейбулла – Гнеденко розподілу стійкості з

параметрами  $a$  і  $b$ .

Мета роботи – підвищення стабільності роботи технологічної системи автоматизованого виробництва шляхом забезпечення заданого рівня надійності різального інструменту.

Визначаючи  $T_{\gamma}$  через середній період стійкості  $T$ , для якого здійснюють

оптимізацію, здобудемо:  $T_{\gamma} = \frac{T}{k} \left( -\ln \frac{\gamma}{100} \right)^{\frac{1}{b}} = T_{\eta}$ , де

$\eta$  – поправочний коефіцієнт на період стійкості, який залежить від рівня надійності  $\gamma$ ;

$k$  – коефіцієнт залежності від ступеня розсіювання стійкості, який характеризують коефіцієнтом варіації стійкості  $V_{\tau}$ . В таблиці 1 наведені значення  $\eta$  для різного рівня надійності ( $\gamma\%$ ).

Таблиця 1. – Поправочний коефіцієнт на період стійкості інструменту для заданого рівня надійності

| Рівень надійності ( $\gamma\%$ ) | Коефіцієнт варіації стійкості $V_{\tau}$ |      |      |      |
|----------------------------------|--|------|------|------|
|                                  | 0.3                                      | 0.5  | 0.7  | 0.9  |
|                                  | поправочний коефіцієнт $\eta$            |      |      |      |
| 70                               | 0,82                                     | 0,70 | 0,56 | 0,40 |
| 80                               | 0,72                                     | 0,56 | 0,42 | 0,26 |
| 90                               | 0,58                                     | 0,39 | 0,28 | 0,13 |

Таким чином, заданий рівень надійності технологічної системи, стабільність обробки деталей забезпечується зменшенням періоду стійкості інструменту при певному ступеню її розсіювання.

**Література:** 1. Клименко Г.П. Розробка САПР ТП для металообробки на важких верстатах / Г. П. Клименко, В. В. Квашнін // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Тези доповідей. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – С.34.

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ЗБІРНОГО ІНСТРУМЕНТА ПРИ ЙОГО ПРОЕКТУВАННІ ІЗ УМОВ ЖОРСТКОСТІ

Клименко Г.П., Квашнін В.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Зовнішнє навантаження на різальний інструмент має випадковий характер [1]. Властивості конструкцій також мають характеристики імовірнісні. Тому при проектуванні інструментів для заданих умов їх експлуатації необхідно забезпечити заданий рівень надійності конструкції, враховуючи випадковий характер навантаження.

Для різців збірної конструкції необхідне забезпечення насамперед жорсткості на відміну від напайних конструкцій. У цьому випадку під рівнем надійності розуміється імовірність того, що максимальне переміщення пластин збірного різця  $W$  не перевищить заданої величини.

Мета роботи – забезпечення заданого рівня надійності конструкції збірного різця шляхом урахування його жорсткості.

Розроблено математичні моделі, які відображують зв'язки рівня надійності конструкції  $H$  з  $W$  і конструктивними параметрами різця.

$$H = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(w)dw, \quad (1)$$

де

$$f_1(w) = \frac{1}{k} f_2\left(\frac{w}{k}\right).$$

Для прямокутної пластини твердого сплаву довжиною  $a$ , шириною  $b$  і товщиною  $h$  значення коефіцієнтів наведено в [1].

$$k = \frac{n \cdot a}{E \cdot h^3},$$

де  $n$  – коефіцієнт який залежить від умов закріплення пластини, навантаження на різець і коефіцієнта Пуассона  $\mu$ ;  $E$  – модуль пружності. Взяв інтеграл (1) при умові  $H = H_{\text{зад}}$  при заданому закону розподілу  $W$  (частіше – нормальному), визначаються розміри пластини для заданих рівнів надійності і жорсткості.

Розроблені математичні моделі можуть бути застосовані при проектуванні збірних різців, які працюють в умовах випадкових навантажень.

**Література:** 1. Клименко Г.П., Васильченко Я.В., Штученко С.Ю. Вероятностный подход к определению конструктивных параметров резцов / Вестник ХГПУ, вып. 110. – Харьков: 2000. – с. 118 – 122.

## ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Клименко Г.П., Суботін О.В., Санжаревський В.В.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Надійність роботи верстатів – це найважливіший показник якості механічної обробки деталей машинобудування [1]. Верстати, які втратили свою роботоспроможність, відновлюють її впродовж кінцевого інтервалу часу, тому критерієм надійності системи може бути коефіцієнт готовності системи – імовірність  $P_0(t)$  знаходження системи у роботоспроможному стані в певний момент часу  $t$  при умові, що у початковий момент часу система була справна.

Метою роботи є підвищення надійності токарно-карусельних верстатів шляхом їх раціонального обслуговування.

Дослідження роботи верстатів у виробничих умовах [1] дають змогу визначити, що час відновлення робото спроможності (ремонту) на підставі статистичних даних розподілено за експоненціальним законом, тому що частіші відмови потребують невеликого часу відновлення, порівняно з тими відмовами, які трапляються рідко.

Підвищити надійність роботи верстатів можливо визначенням раціональної стратегії обслуговування верстатів  $n$  наладчиками в кількості  $r$  осіб, робота яких може здійснюватися як в режимі незалежного, так і в режимі сумісного обслуговування. При цьому важливо врахувати, що до 40% технологічних операцій металообробки на важких карусельних верстатах виконується кількома супортами одночасно.

Вважаємо, що верстати знаходяться в одному з трьох можливих станів в момент часу  $t$ : 0 – всі верстати справні; 1 – частка справна; 2 – стан ремонту всіх верстатів. Функція готовності системи  $P_0(t)$  є імовірність знаходження її в стані 0. Система буде знаходитись в стані 0 тим довше, чим більша кількість  $r$  ремонтників обслуговує верстат. Але ця залежність не завжди лінійна. Пов'язано це з тим, що не завжди, наприклад, ефективний ремонт одної одиниці обладнання кількома наладчиками-ремонтниками.

Таким чином, для  $n$  верстатів,  $r$  наладчиків-ремонтників та  $k$  кількості несправних одиниць верстатів імовірність безвідмовної роботи верстатів визначається:

$$P_0(t) = \left[ \sum_{k=0}^{k=1} \frac{n!}{(n-k)!k!} \cdot \rho^k + \sum_{k=r}^n \frac{n!}{(n-k)!r!} \cdot \rho^r \cdot \left(\frac{\rho}{r}\right)^{k-r} \right]^{-1}; \rho = \frac{\lambda}{\mu},$$

де  $\lambda$  – інтенсивність відмов системи;  $\mu$  – інтенсивність відновлення роботоспроможності системи.

Розроблена математична модель дозволяє прогнозувати надійність верстатів для кожної стратегії їх обслуговування, визначити стратегію максимальної надійності.

**Література:** 1. Klymenko G.P. Strategics of quality in heavy machinbuilding metalworking / G.P. Klymenko, Vasilchenko J.V., Subotin O.V. // Strategy of Quality in Industry and Education. Vol.1. – Varna, Technical University, 2018 – P. 84-89.

## ЧИСТОВЕ НАРІЗАННЯ ЗАГАРТОВАНИХ ШЕВРОННИХ КОЛІС ОБКАТУВАЛЬНИМИ РІЗЦЯМИ

<sup>1</sup>Клочко О.О., <sup>1</sup>Анциферова О.А., <sup>1</sup>Камчатна-Степанова К.В.,

<sup>2</sup>Антоненко Я.С.

(<sup>1</sup>НТУ «ХПИ», м. Харків, Україна, <sup>2</sup>ДДМА, г. Краматорськ, Україна)

Останнім часом з'явилися і удосконалюються різні збірні конструкції так званих незатилуваних черв'ячних фрез, у яких зуби замість затилування піддаються шліфуванню по задніх поверхнях на різьбошліфувальних або черв'ячно-шліфувальних верстатах. Зуби шліфуються при установці їх або в робочому корпусі фрези, або в спеціальному пристосуванні. Запропоновано схему чистового нарізання [1] загартованих шевронних коліс обкатувальними різцями (рис. 1).



Рис.1. Обробка шевронної вал-шестерні обкатувальними різцями

Обкатувальні різці знайшли застосування у виробництві при нарізанні порівняно невеликих крупномодульних валів-шестерень  $m = 20-28$  мм:  $Z = 20-47$ . Раціональні задні кути забезпечуються шляхом зміни положення зубів в робочому корпусі по відношенню до положення при їх шліфуванні. Спосіб шліфування зубчастих рейок на різьбо або черв'ячношліфувальних верстатах дозволяє забезпечити високу точність профілю по всій довжині зуба, високу точність кроку витка і шорсткість робочих поверхонь не більше  $Ra = 0,63$  мкм. Сучасні черв'ячношліфувальні верстати здатні шліфувати фрези до  $m = 25$  мм. Зубонарізання шевронної вал-шестерні обкатувальними різцями використовується для обробки зубчастих коліс 7-8 ступеню точності по DIN 3962, що відповідає, приблизно, 7-8 ступеню за ГОСТ 1643-81. Зубообробка загартованих шевронних коліс на сучасних зубооброблювальних верстатах з ЧПУ дозволяє нарізати зуби без обмеження швидкості різання, в залежності від стійкості твердосплавної фрези і дозволяє обробляти на швидкості до  $v = 5$  м / с. Конструктивні особливості і зростаючі вимоги до точності зуборізних інструментів створюють умови для вдосконалення схем різання обкатувальними різцями, обладнання і вимірювальних приладів.

**Література:** 1. Заковоротний О.Ю., Клочко О.О., Старченко О.П., Камчатна-Степанова К.В., Анциферова О.О Підвищення точності, якості та продуктивності обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових поверхонь. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 04 – 07 липня 2019 року / Під заг. ред. В.Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – С. 36 – 37.

## ГЛОБАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

<sup>1</sup>Ковалев В.Д., <sup>2</sup>Гасанов М.И., <sup>1</sup>Мироненко Е.В., <sup>3</sup>Скоркин А.О.,  
<sup>2</sup>Перминов Е.В.

(<sup>1</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина, <sup>2</sup>НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина,  
<sup>3</sup>УИПА, г. Харьков, Украина)

Недостатком существующих цилиндрических и конических зубчатых передач является отсутствие полного взаимного контактирования всех зубьев друг с другом, Каждый зуба шестерни входит в контакт или контактирует только с одним и тем же зубом колеса или с группой одних и тех же зубьев зацепляемого зубчатого колеса в определенной последовательности. В процессе приработки и эксплуатации все погрешности, отклонения зуба шестерни будут проявляться при контактировании с погрешностями и отклонениями с сопрягаемым зубом колеса. Возникает циклическая составляющая динамической нагрузки и как следствие: повышенный шум, вибрации. С целью снижения негативных факторов необходимо повышать степень точности цилиндрических зубчатых передач, что значительно увеличивает затраты на их изготовление и не снимает полностью вопросы снижения шума, вибраций, плавности зацепления. В результате исследования эксплуатационных характеристик зубчатых зацеплений предложена методика расчёта повышения износостойкости, долговечности и повышения плавности работы за счёт создания и прогнозирования определённых передаточных чисел, которые определяют некратность зацепления и обеспечивают работу зубьев ведущего зубчатого колеса со всеми зубьями ведомого зубчатого колеса. Для уменьшения образования микропиттинга, необходимо использовать зубчатые пары с некратным передаточным отношением, что будет обеспечивать участие всех зубьев в работе и, как следствие, равномерное изнашивание, а также выбрать смазочный материал, предназначенный для предотвращения микропиттинга. Некратность зубчатого зацепления характеризуется контактированием каждого зуба шестерни с каждым зубом зацепляемого зубчатого колеса в определенной последовательности и обеспечивает ускоренную равномерную прирабатываемость сопрягаемых зубчатых колес, исправление дефектов при изготовлении и сборки зубчатых передач, уменьшение вибраций, шума, повышение износостойкости и повышения плавности работы зубчатых колес, долговечности. Недостатком существующего зубчатого зацепления есть то, что каждый зуба шестерни входит в контакт или контактирует только с одним и тем же зубом колеса или с группой одних и тех же зубьев зацепляемого зубчатого колеса в определенной последовательности. Например, зубчатая передача с  $i=1.0$ , число зубьев  $z_{1,2}=20/20$ , каждый зуб шестерни будет контактировать только с одним зубом колеса

В процессе приработки и эксплуатации все погрешности, отклонения зуба шестерни будут проявляться при контактировании с погрешностями и отклонениями с сопрягаемым зубом колеса [2]. Возникает циклическая

составляющая динамической нагрузки и как следствие: повышенный шум, вибрации.

С целью снижения негативных факторов необходимо повышать степень точности цилиндрических зубчатых передач, что значительно увеличивает затраты на их изготовление и не снимает полностью вопросы снижения шума, вибраций, плавности зацепления.

Посредством изучения основных геометрических и кинематических параметров скоростных и высокоточных зубчатых передач установлено, что зубчатые колеса подвергаются неравномерному изнашиванию (рис. 1), вследствие чего имеют низкую плавность и долговечность.

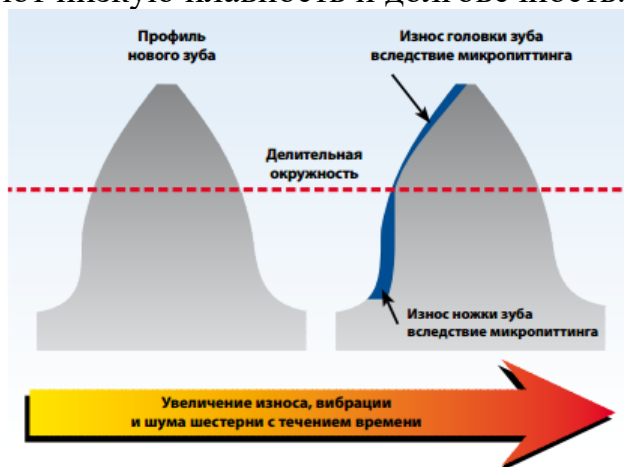


Рис. 1. Прогрессирование неравномерности износа зуба шестерни вследствие микропиттинга из-за увеличенной вибрации и шума

При больших скоростях скольжения возможность заедания определяется соотношением времени, необходимого для взаимодействия смазочной среды с микроучастками чистого металла, и среднего времени прохождения микроучастков, одновременно обнажаемых на поверхности трения, между последовательными актами их контактирования с микроучастками сопряженной поверхности [1]. Поэтому превышение критических для конкретного случая тяжело нагруженного контакта значений нагрузки, скорости или температуры всегда вызывает недопустимо интенсивное изнашивание и заедание из-за отсутствия равномерно износа. Разрушения зубчатых колес зачастую происходят в связи с неравномерным изнашиванием зубьев вследствие применения стандартных передаточных отношений. Для обеспечения долговечности, повышения износостойкости и повышения плавности работы зубчатых колес необходимо создать такие условия их контактирования, при которых каждый зуб ведущего колеса в процессе работы входил бы в зацепление с каждым зубом ведомого колеса в определенной последовательности.

**Литература:** 1. Наукові основи підвищення ефективності виробництва крупногабаритних редукторів / В.Д. Ковальов, Я.В. Васильченко, В.С. Антонюк, О.І. Волошин, О.О. Ключко, С.В. Рябченко // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: Материалы международной научно-практической конференции. 20–22 сентября 2017, г. Харьков. – Одеса.: ОНПУ, 2017. – С. 59–61. 2. Kovalev Viktor D, Vasilchenko Yana V Klochko., Alexander A., Gasanov Magomedemin I. Technology of restoration of large gear boxes. Dašić, P. (editor): *Modern trends in metalworking*, Vol. 1: Vrnjačka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2018. – P. 43–63.

# РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КИНЕМАТИКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ, КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

<sup>1</sup>Ковалев В.Д., <sup>2</sup>Гасанов М.И., <sup>2</sup>Пермяков А.А., <sup>1</sup>Мироненко Е.В.,  
<sup>3</sup>Клочко Ю.А.

(<sup>1</sup>ДГМА, г. Краматорск, Украина, <sup>2</sup>НТУ «ХПИ», г. Харків, Украина,  
<sup>3</sup>ДИТМ, г. Краматорск, Украина)

Основная идея работы заключается в разработке теории изнашивания зубьев, базирующейся на учете взаимовлияния и динамического равновесия между непрерывно меняющейся в результате износа формой рабочей поверхности зубьев и нагрузочно-кинематическими параметрами контакта (сила, скорость скольжения и др.) [1, 2]. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

-разработать методику аналитического представления изношенного профиля с учетом анализа экспериментальных данных действительной формы профилей зубьев после их износа в процессе эксплуатации,

-разработать теорию зацепления зубьев с упругодеформированными квазисопряженными профилями зубьев и создать на ее основе кинематическую модель зацепления, позволяющую определить параметры контакта изношенных зубьев с учетом их податливости,

-разработать динамическую модель зацепления зубьев, в которой, кроме динамических характеристик зубчатой передачи и привода, можно было бы учитывать переменность передаточного числа из-за изменения формы профилей зубьев вследствие их износа,

-разработать модель изнашивания на основе результатов анализа условий эксплуатации тяжело нагруженных машин, а также с учетом трибологических теорий соответствующим условиям работы исследуемых зубчатых колес,

-разработать модель прогнозирования долговечности зубчатых передач на основе анализа динамического равновесия между непрерывно меняющейся формой профилей зубьев и нагрузочно-кинематическими параметрами зубчатой передачи и синтеза на этой основе фактических профилей зубьев,

-оценить степень валидности модели прогнозирования долговечности зубчатых передач путем сопоставления с экспериментальными данными, разработать компьютерную технологию для прогнозирования эксплуатационных характеристик зубчатых передач приводов машин, разработать рекомендации для практического использования результатов исследования.

**Литература:** 1. Технологический регламент выбора и назначения параметров зубофрезерования с учетом обеспечения требуемых параметров поверхностного слоя / В.Д. Ковалев, Я.В. Васильченко, А.А. Пермяков, А.А. Клочко, Сюй Шюаньё, Фу Хун, Д.А. Дмитриев // Матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», випуск 5. – Херсон: ХНТУ, 2019. – С.19– 24.

2. Kovalev Viktor D, Vasilchenko Yana V Klochko., Alexander A., Gasanov Magomedemin I. Technology of restoration of large gear boxes. Dašić, P. (editor): *Modern trends in metalworking*, Vol. 1: Vrnjačka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2018. – P. 43–63.





## **МЕТОДИКА ВИБОРУ, ПРИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС**

**<sup>1</sup>Ковальов В.Д., <sup>1</sup>Васильченко Я.В., <sup>1</sup>Шаповалов М.В., <sup>2</sup>Анциферова О.О.**  
(<sup>1</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна, <sup>2</sup>НТУ «ХП», м. Харків, Україна)

Для забезпечення якості виготовлення циліндричних зубчастих коліс в умовах масового, багатосерійного і серійного виробництва на стадії конструкторсько-технологічної підготовки виробництва можна піти двома шляхами: призначати методи і режими обробки циліндричних зубчастих коліс, виходячи з вимог до їх експлуатаційних властивостей, що визначає точність і надійність важких токарних верстатів; детально розробляти технологічний процес обробки циліндричних зубчастих коліс, що дозволяє отримати необхідні точність розмірів і систему параметрів їх робочих поверхонь, задані кресленням, які забезпечують необхідні експлуатаційні властивості.

Перший шлях коротше, однак він не дозволяє використовувати наявні результати теоретичних і експериментальних досліджень з оцінки експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс вже виготовлених вузлів, редукторів, систем приводів важких токарних верстатів, а також використовувати накопичений досвід по технологічному забезпеченню якості оброблюваних поверхонь. При цьому немає чіткого розмежування між функціями конструктора і технолога, так як конструктор, виходячи з необхідних експлуатаційних властивостей, сам повинен призначати методи і режими обробки.

Другий шлях - двоступеневий, він більш універсальний, дозволяє одночасно забезпечувати кілька експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс, що визначають точність і надійність важких металорізальних верстатів. З'являється можливість застосовувати вже наявні результати теоретичних і експериментальних досліджень надійності випускаються важких токарних верстатів, а також досвід підприємств по технологічному забезпеченню якості оброблюваних поверхонь циліндричних зубчастих коліс, розрахунку оптимальних режимів різання і використання моделювання технологічних процесів оптимального управління параметрами точності, якості і продуктивності зубообробки загартованих зубчастих коліс інтеграцією за допомогою фазового простору.

Таким чином, технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс в даний час визначається рішенням двох завдань: вибору матеріалу циліндричних зубчастих коліс і обґрунтування призначення точності розмірів і системи параметрів стану поверхневого шару, які забезпечували б необхідні експлуатаційні властивості, вибір методу і встановлення раціональних режимів обробки, забезпечують найбільш економічне отримання заданої точності розмірів і системи параметрів стану поверхневого шару оброблюваних циліндричних зубчастих коліс.

# КРИТЕРІЇ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУР І ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ОБРОБКИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ЗАДАНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС, ЯКІ ЗНОШУЮТЬСЯ І ВІДНОВЛЮВАТИМУТЬСЯ

<sup>1</sup>Ковальов В.Д., <sup>2</sup>Гасанов М.І., <sup>2</sup>Клочко О.О., <sup>1</sup>Васильченко Я.В.,  
<sup>1</sup>Шаповалов М.В.  
(<sup>1</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна, <sup>2</sup>НТУ «ХП», м. Харків, Україна)

Критеріями формування структур поверхневого шару зубчастих коліс є параметри, що забезпечують задані експлуатаційні властивості зубчастих передач. Одним з таких параметрів є коефіцієнт тертя, який визначає здатність поверхневих шарів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс до взаємного опору при дії контактних навантажень. Коефіцієнт тертя впливає на ККД передачі, надійність, довговічність роботи і міцність зубчастих пар.

Коефіцієнт тертя, згідно молекулярно–механічної теорії тертя, визначається як сума молекулярної і механічної складових [1, 3, 4]:

$$f = \frac{\tau_0}{p_r} + \beta + 0,4 \cdot a_r \cdot \sqrt{\frac{h}{\rho}}, \quad (1)$$

де  $\tau_0$  – питома зсувна міцність молекулярних зв'язків [4, 5];  $p_r$  – середній контактний тиск;  $\beta$  – коефіцієнт зміцнення молекулярних зв'язків під дією стискаючих напруг;  $a_r$  – коефіцієнт гістерезисних втрат при ковзанні [1, 3];  $h$  – глибина взаємного упровадження мікронерівностей контактуючих деталей;  $\rho$  – радіус заокруглення вершин мікронерівностей. У викладеній вище теорії контактної взаємодії було показано, що тиск на фактичних площадках контакту визначається фізико–механічними властивостями поверхневого шару більш пластичного матеріалу:

$$p_r = c \cdot k_1 \cdot \sigma_T. \quad (2)$$

Питома зсувна міцність молекулярних зв'язків у відповідності з працями [1, 2] також визначається фізико–механічними станом поверхневого шару контактуючих зубчастих коліс:

$$\tau_0 = \frac{U_a}{j \cdot N_A} - \frac{k \cdot T}{j} \ln \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}, \quad (3)$$

де  $U_a$  – енергія активації ( $T_{nl} = 226$  °С – при крихкому розриві;  $T_{nl} = 166$  °С – при пластичному відтискуванні);  $j$  – активаційний об'єм ( $10^{-27}$  м<sup>3</sup>);  $\varepsilon_0 = 10^{12}$ – $10^{13}$  – для всіх металів;  $\varepsilon$  – швидкість деформації ( $10^{-4}$ – $10^{-6}$  с<sup>-1</sup>);  $N_A$  – число Авогадро ( $6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>);  $k$  – стала Больцмана ( $1,38 \cdot 10^{-23}$ );  $T$  і  $T_{nl}$  – температура в зоні контакту і температура плавлення.

Глибина взаємного упровадження мікронерівностей в період приробляння визначається загальними контактними деформаціями сталі з більш пластичного матеріалу. У період нормального (сталого) зносу величина упровадження визначається пружними контактними деформаціями.

Таким чином, підставляючи (2) в (3), отримаємо рівняння коефіцієнта тертя для умов прироблення:

$$f = \frac{\tau_0}{c \cdot k_1' \cdot \sigma_T} + \beta + \frac{4 \cdot a_r \cdot R_a^{\frac{2}{3}}}{S_m \cdot t_m} \times \sqrt{\frac{60 \cdot \pi}{t_m} \cdot \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot p \cdot W_z \cdot H_{\max}}{k_1' \cdot \sigma_T} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot \pi \cdot k_1' \cdot \sigma_T \cdot (1 - \mu^2)}{R_a \cdot E} \right)} + \beta + \frac{48 \cdot \pi \cdot \left( k_1' \cdot \sigma_T \right)^{\frac{1}{3}}}{t_m}, \quad (4)$$

при нормальному зношенні:

$$f = \frac{\tau_0}{c \cdot k_1' \cdot \sigma_T} \times \sqrt{\frac{30 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (2 \cdot \pi \cdot p \cdot R_a \cdot W_z \cdot H_{\max})^{\frac{1}{3}}}{E \cdot S_m \cdot t_m}}. \quad (5)$$

Для умов сухого тертя (4) і (5) не викликають сумніви, так як вони базуються на молекулярно–механічній теорії тертя І.В. Крагельського, яка показала свою життєздатність [1, 4]. Зменшення шорсткості у всьому діапазоні зміни швидкості ковзання і навантаження призводить до зниження коефіцієнта тертя.

Велике значення при терті ковзання має вигляд тертя: рідинне, граничне і схоплювання.

Процес тертя в значній мірі визначає зносостійкість контактуючих циліндричних зубчастих коліс. Зносостійкість характеризується здатністю поверхневих шарів циліндричних зубчастих коліс чинити опір руйнуванню при терті ковзання, терті кочення, а також при мікропереміщеннях, обумовлених впливом вібрацій (фреттинг–процес).

Знос циліндричних зубчастих коліс призводить до втрати точності, зниження ККД, зниження міцності, збільшення динамічних навантажень, збільшення шуму зубчастих передач, які є наслідком збільшення зазорів. Знос є причиною виходу з ладу переважної більшості циліндричних зубчастих коліс.

**Література:** 1. Kovalev Viktor D, Vasilchenko Yana V Klochko., Alexander A., Gasanov Magomedemin I. Technology of restoration of large gear boxes. Dašić, P. (editor): *Modern trends in metalworking*, Vol. 1: Vrnjačka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2018. – P. 43–63. ISBN 978-86-6075-065-7. 2. Пермяков А.А., Клочко А.А., Гасанов М.И. Математическая модель синтеза технологического регламента восстановления функциональных свойств крупномодульных зубчатых передач. XIX Міжнародна науково-технічна конференція „Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта”, 29 червня - 01 липня 2018 року в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ: НТУУ «КПІ», 2018. – Т. 4. – С. 348– 350. 3. Технологический регламент выбора и назначения параметров зубофрезерования с учетом обеспечения требуемых параметров поверхностного слоя / В.Д. Ковалев, Я.В. Васильченко, А.А. Пермяков, А.А. Клочко, Сюй Шюаньао, Фу Хун, Д.А. Дмитриев // Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», випуск 5. – Херсон: ХНТУ, 2019. – С.19– 24. 5. Имитационное моделирование в задачах машиностроительного производства в 2-х томах, Т. 1: учеб. пособие / А.В. Беловол, А.А. Клочко, Е.В. Набока, А.О. Скоркин, А.Н. Шелковой. под редакцией А.Н. Шелкового // Х.: НТУ «ХПИ», 2016. – 400 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЛИБОКОРОЗТОЧУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ, ШЛЯХОМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОБРОБКИ**

**Ковальов В.Д., Коваленко А.В., Нестеренко В.М.**  
*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Деталі, в конструкції яких є отвори з різноманітними геометричними характеристиками та параметрами якості, займають велику частку в загальному об'ємі продукції машинобудування. Це виробництво труб бурових установок, деталі енергетичного обладнання, різноманітні гідро- та пневмоциліндри, деталі пресового обладнання та ін. Тому проблемі обробки глибоких отворів приділяється велика увага, адже не завжди можна домогтися отримання необхідних параметрів точності та якості поверхонь. Незважаючи на те, що тема активно опрацьовується, проводяться теоретичні та експериментальні дослідження методів обробки глибоких отворів, розроблено методики обробки таких поверхонь, тема не є остаточно закритою та потребує подальшого вивчення.

Також слід зазначити, що сучасний розвиток важкого машинобудування характеризується використанням нових матеріалів підвищеної міцності та твердості, збільшенням швидкостей в процесі різання (високошвидкісне різання), збільшенням навантажень на конструкції верстатів та інструмент, робочих температур та застосування нових видів мастильно-охолоджувальних матеріалів, підвищили вимоги до обладнання та оснащення для виготовлення глибоких отворів.

Рішення цих завдань полягає в створенні нових конструкцій верстатів, ріжучого і допоміжного обладнання для високошвидкісної обробки глибоких отворів, а також в підвищенні ефективності глибокорозточувальних верстатів, шляхом адаптивного управління процесом обробки.

В роботі вирішуються наступні задачі:

- аналіз існуючих конструкцій глибокорозточувальних верстатів;
- аналіз умов та особливостей обробки глибоких отворів;
- аналіз умов роботи та зносу інструмента;
- аналіз впливу мастильно-охолоджувальних матеріалів на процес обробки глибоких отворів;
- моделювання процесу різання на глибокорозточувальних верстатах;
- розробка адаптивної системи керування процесом обробки;

Також в роботі планується провести:

- математичне моделювання процесу обробки глибоких отворів на глибокорозточних верстатах;
- експериментальне дослідження довговічності, надійності вузлів та механізмів глибокорозточувальних верстатів.

## МОДУЛЬНИЙ ПРИНЦИП ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

**Ковальов В.Д., Сасенко М.О.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Швидкі зміни вимог замовника - тема сучасного виробничого середовища. Багато компаній стикаються з проблемою забезпечення якомога більшої різноманітності продукції на ринку.

Ключовим моментом для більшості різноманітності продукції нинішніх підприємств є швидке підвищення їхньої гнучкості для задоволення швидких змін динамічного середовища.

Модульний принцип розроблення виробництва металорізальних верстатів з ЧПУ, застосований в даний час, заснований на використанні уніфікованих або нормалізованих функціонально і конструктивно закінчених вузлів і механізмів (модулів), випускаються або верстатобудівними фірмами (обмежена для своїх моделей верстатів), або вироблених спеціалізованими фірмами, що випускають досить широкий ряд різних вузлів і механізмів для різних типорозмірів верстатів з ЧПК.

Маючи базові вузли верстата, верстатобудівна фірма може, використовуючи необхідні готові покупні вузли і механізми, виготовляти гаму різних верстатів з ЧПУ, кожен з яких найбільшою мірою пристосований до вимог замовника

На сьогоднішній день можна виділити два способи реалізації модульного принципу побудови верстатів з ЧПК:

1) верстатобудівна фірма самостійно розробляє обмежену номенклатуру модулів основних вузлів випускається типорозміру верстата, використовуючи які потім розробляються конкретні модифікації на замовлення споживача;

2) верстатобудівні фірми проектують необхідні модифікації верстатів з ЧПК на основі застосування широкої номенклатури різних готових вузлів і механізмів (у вигляді модулів) розробляються і виготовляються спеціалізованими фірмами.

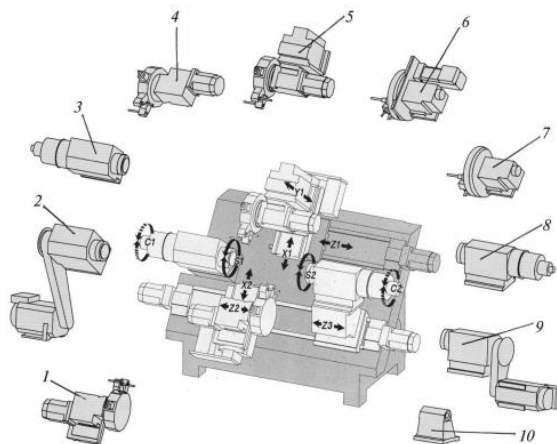


Рис. 1. Базова компоновка і набір можливих модулів для токарного багатоцільового верстата з ЧПК фірми Schaublin (Швейцарія)

## СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Кондратенко О.О.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В умовах посилення стратегічно-маркетингової орієнтації підприємств, виникає необхідність у стратегічному управлінні персоналом.

Метою роботи є визначення ролі стратегічного управління персоналом промислового підприємства у сучасних умовах.

Стрімкий розвиток ринкових відносин в Україні вимагає від підприємств нових підходів та ефективних методів управління, що здатні забезпечити швидко адаптацію до змін мінливого зовнішнього середовища, конкурентоспроможність, а також сталий економічний і соціальний розвиток підприємства у довгостроковому періоді. Досягнення цього можливе за умови чітко спланованої та розробленої стратегії, яка є основою стратегічного управління діяльністю підприємства. Успіх процесу розробки й реалізації стратегії залежить від ефективного використання трудового потенціалу, оскільки персонал стає ключовим фактором, який забезпечує розвиток підприємства у довгостроковому періоді. Якщо в оперативному управлінні працівники розглядаються як ресурс підприємства, тобто виконавці окремих функцій, то для стратегічного управління персонал становить головну цінність підприємства й джерело підвищення конкурентоспроможності. У основі забезпечення ефективності процесу формування персоналу одну з ключових ролей відіграє обраний на підприємстві підхід до підбору персоналу, конкретний вибір якого залежить від багатьох чинників, серед яких слід назвати стадію життєвого циклу підприємства та етап становлення трудового колективу, фінансові можливості, кадрову стратегію та стратегію розвитку підприємства тощо [1, 2].

Специфічною особливістю управління персоналом є його здатність одночасно виступати об'єктом і суб'єктом управління. Цілеспрямоване формування й розвиток персоналу збагачує механізм управління й тим самим дозволяє успішно вирішувати багато проблем науково-технічного прогресу, підвищення конкурентоспроможності підприємства, використання нових сучасних технологій, підвищення ефективності й продуктивності. В основі вибору стратегії інноваційної діяльності промислового підприємства має бути оцінка персоналу, тому що це дозволить оцінити збалансованість складових людських ресурсів й привести їх у відповідність зі специфікою конкретної інновації.

**Література:** 1. Bi N.Z. The impact of national factors on personnel management: a cross-national examination of HRM practices in Singapore and Thailand. *International Journal of Business and Management*. 2012. Vol. 7. №13. Pp. 21-27.

2. Технології управління персоналом: монографія / О.А. Гавриш, Л.Є. Довгань, І.М. Крейдич, Н.В. Семенченко. Київ, 2017. 528 с.

## МАРКЕТИНГ ІННОВАЦІЙ ЯК ІНСТРУМЕНТ УСПІШНОГО БІЗНЕСУ

**Корж М.В., Фоміченко О.В.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

В умовах ринкових відносин вирішальним фактором конкурентоспроможності підприємства є ефективність системи маркетингу, але найбільшу увагу приділяють розвитку маркетингу інновацій, оскільки інновації ведуть до створення абсолютно нових продуктів, які найчастіше користуються великим попитом у споживачів та відіграють головну роль у конкурентоспроможності підприємства. Також у сучасному світі підприємства не можуть існувати без інноваційних процесів у виробництві та створення інноваційних засобів.

Метою роботи є дослідження розробки та впровадження маркетингових інновацій для створення та функціонування успішного бізнесу.

На сучасному етапі розвитку економічної діяльності підприємства ефективним напрямком забезпечення підвищення ефективності виробництва є розвиток інноваційної діяльності, спрямованої на створення нових продуктів на ринку, впровадження у виробництво інноваційних технологій, за допомогою яких будуть створені ці продукти. Створення інноваційних процесів на підприємстві є головним фактором її конкурентоспроможності, за допомогою чого вона стає лідером на ринку.

За словами П. Друкара – «В бізнесі тільки маркетинг та інновації дозволяють робити прибуток. Все останнє – це затрати». Якщо ж говорити про маркетинг та інновації та поєднати ці поняття між собою, то в результаті отримаємо нові маркетингові інструменти [1]. Сьогодні відчутна важливість таких функцій ведення успішного бізнесу як маркетингової та інноваційної. Ці напрямки діяльності є головними, які здатні забезпечити подальший розвиток ведення успішного бізнесу та взагалі ефективного існування підприємства.

Отже, розглянувши всі стадії створення та ведення успішного бізнесу, можна зробити висновок, що головними інструментами є інноваційний маркетинг, маркетингова стратегія, маркетингові цілі та завдання, інноваційні бізнес моделі та бізнес процеси. Також головним показником в конкурентоспроможності підприємства є введення у виробництво продукції інноваційних технологій або створення абсолютно нових товарів чи послуг. Отримані результати істотно розвивають і поглиблюють фундаментальні основи маркетингу інновацій. Вони визначають напрямки подальших науково-прикладних досліджень, кожен з яких може стати основою окремої науково-дослідної роботи, що розвиває теоретико-методичні основи маркетингу інновацій. В перспективі це дозволить закласти теоретико-методичне підґрунтя переходу вітчизняних підприємств на інноваційний шлях розвитку на ринкових, а не адміністративних засадах, і реально, а не декларативно стати на цей шлях.

**Література:** 1. Друкер П. Ф. Бизнес и инновации / П.Ф. Друкер; пер. с англ. и ред. К. С. Головинского. – М.; СПб.; К. : Вильямс, 2007. – 432 с.



# ПРО ІМОВІРНІСНИЙ ХАРАКТЕР ШОРСТОКОСТІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПОВЕРХНІ СФОРМОВАНОЇ ТОЧІННЯМ РІЗЦЕМ З РАДІУСНОЮ ВЕРШИНОЮ

<sup>1</sup>Кривий П. Д., <sup>1</sup>Кобельник В. Р., <sup>2</sup>Тимошенко Н. М., <sup>1</sup>Петречко І. Р.

(<sup>1</sup>ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна,

<sup>2</sup>НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна)

Відзначено, що одним із найголовніших показників якості робочих поверхонь деталей машин є шорсткість поверхні [4], зокрема такого параметра як висота нерівностей профіля за десятьма точками:  $R_z = [\sum_{i=1}^5 |Y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{vmi}|] / 5$  де  $Y_{pmi}$  – висота і-го найбільшого виступу профіля,  $Y_{vmi}$  – глибина і-ої найбільшої впадини профіля. Існуючі на даний час стандарти: ISO; ASME; DIN та інші, параметр шорсткості  $R_z$  – показують як сталу величину [4].

Показано, [1] що шорсткість, зокрема параметр  $R_z$ , при точінні формується таким елементом режиму різання як подача – ( $S$ ) мм/об. і геометричним параметром різця – радіусом при його вершині –  $r$ . Разом з тим у існуючих формулах для визначення  $R_z$ , виходячи із геометричних моделей шорсткості, не враховано таких факторів, як: пластична деформація зрізаного шара; наявність вібрацій; радіальне биття заготовки і стохастичності подачі яка на основі існуючих досліджень [3] є випадковою величиною з нормальним законом розподілу.

Використавши [1] і розрахункову схему формування шорсткості на обробленій поверхні різцем із радіусною вершиною різця (рис. 1), при подачі  $s < 2r$  та глибині різання  $t = r(1 - \cos \varphi)$ , тут  $r$  – радіус вершини різця,  $\varphi$  – головний кут різця в плані ( $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ ) і розв’язавши систему рівнянь які описують кола з центрами у точках  $O$  і  $O_1$  у системі координат  $r_z O S$ , отримаємо,

$$R_z = r - \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - s^2} \approx \frac{s^2}{8r} \quad (1)$$

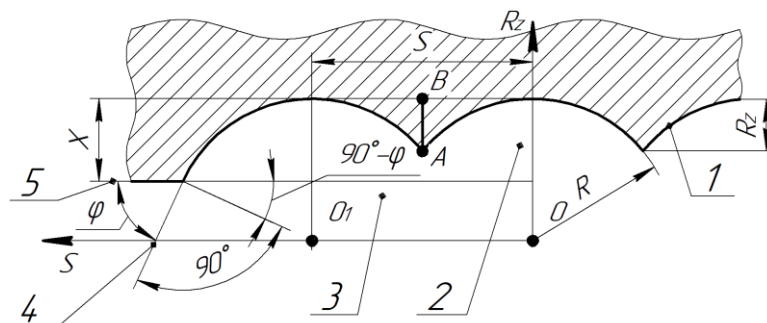


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення параметра шорсткості  $R_z$ : 1 – оброблена поверхня; 2 і 3 – попереднє і наступне положення вершини різця, відповідно; 4 – головна різальна кромка; 5 – оброблювана поверхня.

Врахувавши що  $s$  – величина випадкова [3] з нормальним законом розподілу і прийнявши, а  $r$  – величина постійна, приймемо величину  $R_z$  за випадкову. Позначивши  $R_z$  – через  $Y$  а  $S$  – через  $X$  матимемо  $Y = X^2/8r$ . Тоді щільність розподілу величини  $Y$ , враховуючи, що функція  $Y = f(x)$  є диференційованою і строго зростаючою, виразиться формулою [3]

$$g(y) = f[\psi(y)] \cdot |\psi'(y)|, \quad (1)$$

де  $x = \psi(y)$  – обернена функція функції  $y = x^2/8r$ .

Обернену функцію  $\psi(y)$  і її похідну  $\psi'(y)$  визначають за формулами:

$$\psi(y) = \pm 2\sqrt{r \cdot y}, \quad y > 0; \quad \psi'(y) = \pm \frac{2r}{2\sqrt{2r \cdot y}} = \pm \sqrt{\frac{2r}{y}} \quad (2)$$

Врахувавши, що  $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$ , тут  $a$  - середнє значення; і  $\sigma$  - стандартне відхилення, отримаємо шукану щільність розподілу випадкової величини  $y = R_z$

$$g(R_z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \sqrt{\frac{2r}{R_z}} \cdot \left( e^{-\frac{(2\sqrt{2r \cdot R_z} - a)^2}{2\sigma^2}} + e^{-\frac{(2\sqrt{2r \cdot R_z} + a)^2}{2\sigma^2}} \right) \quad (3)$$

Тоді математичне сподівання  $M(R_z)$ , дисперсія  $D(R_z)$  випадкової величини – параметра шорсткості  $R_z$  визначаються відповідно за формулами:

$$M(R_z) = \int_{R_{z1}}^{R_{z2}} R_z g(R_z) dR_z, \quad D(R_z) = \int_{R_{z1}}^{R_{z2}} R_z^2 g(R_z) 2r R_z - [M(R_z)]^2$$

За істинне значення рекомендовано прийняти максимальне значення  $R_{z\max} = M(R_z) + 3\sqrt{2r(R_z)}$

**Література:** 1. Армарего И. Дж. А. Обработка металлов резанием / И. Дж. А. Армарего, Р. Х. Браун // Перевод с англ. В. А. Пастулова, - М.: Машиностроение, 1977. – 325 с. 2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 2003. – 479 с. 3. П. Кривий. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа // Машинознавство, 2013, № 9 – 10. – с. 76-83. 4. Табенкин А. Н. Шероховатость, волнистость профиль Международнй опыт/ А. Н. Табенкин, С. Б. Тарасов, С. Н. Степанов // Под ред. к.т.н. Н. А. Табачникоу. – Санкт-Петербург. Изд-во политехнического ун-та, 2007, 134 с.

# ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТОЧНОСТІ КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОДАЧ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ НА ПРИКЛАДІ ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 676

**Кривий П.Д., Лось І.Г., Дубина С.Я.**  
(ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Проаналізовано існуючі методи вимірювання точності кінематичних ланцюгів подач з врахуванням їх стохастичності для токарних, свердлильних і фрезерних верстатів загального призначення [1,2].

Показано, що значення подач на 1 оберт фрези –  $S$  мм/об для всіх чисел ряду подач, досліджуваних на вищезгаданих верстатах, є величини випадкові з нормальним законом розподілу.

Виявлено, що на даний час, питання стабільності точності кінематичних ланцюгів для різних подач не висвітлено.

Тому дослідження стабільності точності кінематичних ланцюгів подач фрезерних верстатів є актуальною задачею. Її актуальність полягає у тому, що отримані результати можуть послужити основою для діагностики і корекції степенів точності зубчастих зачеплень змінної частини кінематичних ланцюгів, яка являє собою комплект зубчастих зачеплень відповідних шестерень і зубчастих коліс.

Використавши методику визначення значень подач і їх характеристик [1], на кожному із 16 однакових по довжині проміжків, рівномірно розміщених по ходу поздовжнього переміщення стола вимірювалось, при встановленій верстатній подачі на 1 об. шпинделя по 10 значень, на основі яких визначалось 16 значень дисперсій. Отриманні результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Значення паспортних подач  $S$  мм/об і відповідних їм дисперсій  $D_i(S)$ , (мм/об)<sup>2</sup>.

| Порядкові номери подач   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $\frac{1}{9}$  | $\frac{2}{10}$        | $\frac{3}{11}$        | $\frac{4}{12}$        | $\frac{5}{13}$        | $\frac{6}{14}$        | $\frac{7}{15}$        | $\frac{8}{16}$        |
| Паспортні значення подач - $S$ мм/об при встановленій частоті обертання шпинделя $n = 400$ об/хв |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| $\frac{0,031}{0,200}$  | $\frac{0,040}{0,250}$ | $\frac{0,050}{0,312}$ | $\frac{0,062}{0,400}$ | $\frac{0,079}{0,500}$ | $\frac{0,100}{0,625}$ | $\frac{0,125}{0,787}$ | $\frac{0,157}{1,000}$ |
| Значення дисперсій $D_i(S) \cdot 10^{-6}$ (мм/об) <sup>2</sup>                                   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| $\frac{7,60}{6,85}$  | $\frac{1,21}{9,56}$   | $\frac{3,96}{24,10}$  | $\frac{4,81}{15,00}$  | $\frac{6,01}{12,00}$  | $\frac{7,85}{26,00}$  | $\frac{7,45}{75,00}$  | $\frac{23,00}{81,00}$ |

За критерієм Греббса -  $t_k$  [3] перевірялась однорідність вибірки  $D_i(S)$ , в результаті чого визначили, що всі значення у вибірці  $D_i(S)$  залишаються рис. 1.

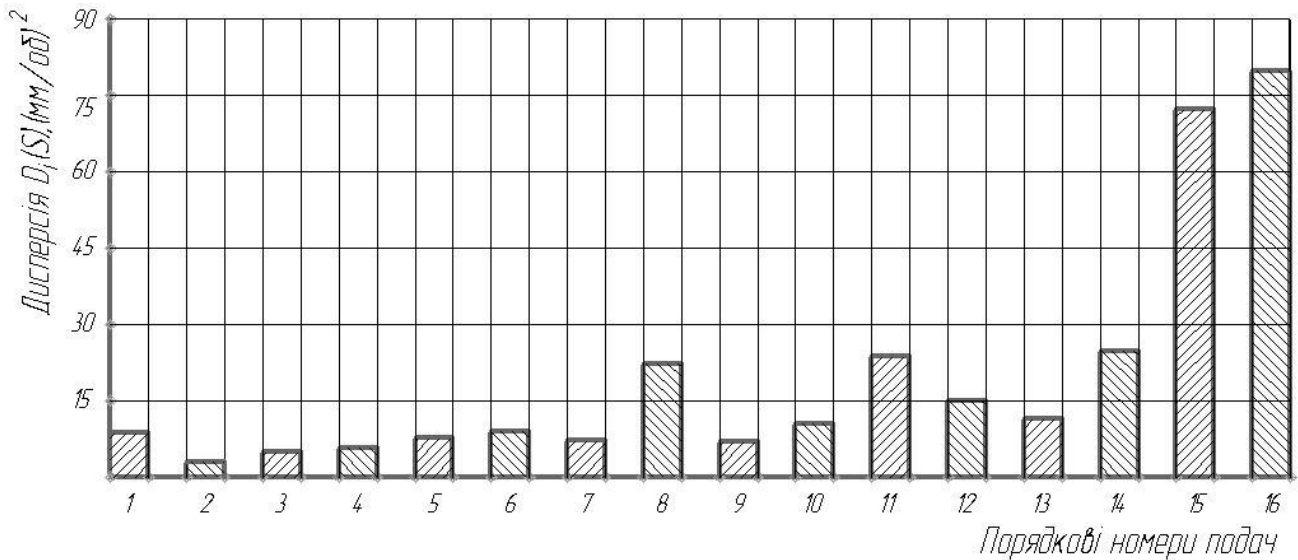


Рис. 1. Гістограма дисперсій розсіювання подач на один оберт фрези.

Суттєвість відміностей дисперсій визначили за критерієм Фішера  $F = \frac{D_{\delta}(S)}{D_M(S)}$ ,

тут  $D_{\delta}(S)$  і  $D_M(S)$  – відповідно більша і менша із дисперсій. За критерій точності прийнято  $D_{min}(S) = 1,21$  (мм/об)<sup>2</sup>.

Встановлено, що суттєва відмінність по відношенню до  $D_{min}(S)$  має місце для дисперсій:  $D_8(S) = 23 \cdot 10^{-6}$  (мм/об)<sup>2</sup>,  $D_{11}(S) = 24,10 \cdot 10^{-6}$  (мм/об)<sup>2</sup>,  $D_{14}(S) = 26 \cdot 10^{-6}$  (мм/об)<sup>2</sup>,  $D_{15}(S) = 75 \cdot 10^{-6}$  (мм/об)<sup>2</sup>,  $D_{16}(S) = 81 \cdot 10^{-6}$  (мм/об)<sup>2</sup>.

**Висновок.** Запропонований імовірісно-статистичний методі оцінювання стабільності точності подач кінематичних ланцюгів фрезерних верстатів дозволяє виявити такі змінні частини кінематичних ланцюгів подач, у яких відповідні типи зачеплень типу шестерня-зубчасте колесо вимагають корекції норм точності. Даний метод може бути використаний для діагностики точнісних параметрів у інших типах металорізальних верстатів.

**Література.** 1. Кривий П.Д. Імовірісно-статистичний метод оцінювання точності подач токарних, свердлильних і фрезерних верстатів загального призначення/ П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, І.Г. Лось, І.Р. Петречко, Н.М. Тимошенко.// Збірник тез доповідей XVI Міжнародній молодіжній науково-технічній конференції «Машинобудування очима молодих», 25-26 листопада 2020 року. — С. : СДУ, 2020. 2. Кривий П.Д. Імовірісний підхід при дослідженні впливу збільшення подач на точність їх кінематичних ланцюгів на прикладі фрезерного інструментального широкоуніверсального верстата моделі 676/ П.Д. Кривий, І.Г. Лось, С.Я. Дубина // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 79–80. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні). 3. Колкер Я. Д. Математический анализ точности механической обработки деталей / Я. Д. Колкер. – Київ: Техніка, 1976. – 200 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ВІЛЬНИМ АБРАЗИВОМ У ВІБРОЄМКОСТЯХ

**Лещук Р.Я., Кобельник В.Р.**

*(ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна)*

Для підвищення продуктивності праці і зменшення вартості продукції важлива роль належить використанню прогресивних технологій, в тому числі технології чистової обробки поверхонь деталей машин з допомогою потоку гідроабразиву і використанню вібрацій. Використання гідроабразивного швидкісного потоку важливе при очистці заготовок від окалини, іржі та знятті зазубрин після лезової обробки.

Теоретичною основою моделювання процесів руху абразивних сумішей у віброємкостях в загальному випадку є основні закони механіки суцільних деформованих середовищ, загальні рівняння яких визначаються основними законами: збереження маси, імпульсу і енергії (1-3).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(v_x \rho)}{\partial x} + \frac{\partial(v_y \rho)}{\partial y} + \frac{\partial(v_z \rho)}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} p \left( \frac{\partial v_k}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_k}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_k}{\partial z} \right) = \rho G_k - \frac{\partial p}{\partial k} + 2 \frac{\partial}{\partial k} \left( \mu \frac{\partial v_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial t} \left[ \mu \left( \frac{\partial v_l}{\partial k} + \frac{\partial v_k}{\partial l} \right) \right] + \\ + \frac{\partial}{\partial t} \left[ \mu \left( \frac{\partial v_m}{\partial k} + \frac{\partial v_k}{\partial m} \right) \right] - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial k} \mu \theta \end{aligned} \quad (2)$$

$$p \left( \frac{\partial E}{\partial t} + v_x \frac{\partial E}{\partial x} + v_y \frac{\partial E}{\partial y} + v_z \frac{\partial E}{\partial z} \right) = \varepsilon - p \theta + \frac{1}{A} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial \lambda} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] + D \quad (3)$$

де  $\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}$  - проекції швидкості абразиву в даній точці на осі прямокутних декартових координат,  $\rho$  - густина абразиву в цій точці  $t$  – час,  $G_k$  - проекція об'ємної сили на вісь  $k$ ,  $\mu$  - в'язкість абразиву,  $E$  - внутрішня енергія одиниці маси  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності абразиву,  $T$  - температура частинки абразиву,  $\varepsilon$  - прихід тепла за одиницю часу в одиниці об'єму внаслідок причин, відмінних від теплопровідності,  $A$  - термічний еквівалент роботи,  $D$  - дисипативна функція, що описує механічну роботу сил в'язкості.

Моделювання окремих варіантів руху абразиву здійснюють двома методами:

1) Попередньо задають види траєкторій всіх окремих частинок середовища і встановлюють відповідні цим траєкторіям часткові розв'язки рівнянь (1-3);

2) Застосовують наближені методи, які дозволяють в певній мірі спростувати рівняння (1-3) і застосовувати їх до характеру окремих типів конкретних задач.

Для дрібнодисперсного середовища приймаються наступні припущення:

- розглядаються частинки, розміри яких настільки малі порівняно із розмірами посудини, яка їх містить, що дане середовище може розглядатись як суцільне.
- до дрібнодисперсного середовища застосовуємо поняття напруження, аналогічно тому ж поняттю в механіці суцільного середовища.

# ВЕКТОРНИЙ БАЛАНС ТОЧНОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ОБРОБЦІ НА ДВОСУПОРТНИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М.  
(ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна)

Для зростання продуктивності одночасної обробки декількох поверхонь часто застосовують багатосупортні системи з незалежним керуванням. Резерви підвищення ефективності такої обробки полягають у можливості раціонального поєднання багаторізцевого формування поверхонь заготовки за однакової частоти обертання шпинделя. Таке поєднання залежить від похибок обробки. В цьому плані проаналізована формоутворююча структура одношпindelного двосупортного токарного верстату з ЧПК (рис.1).

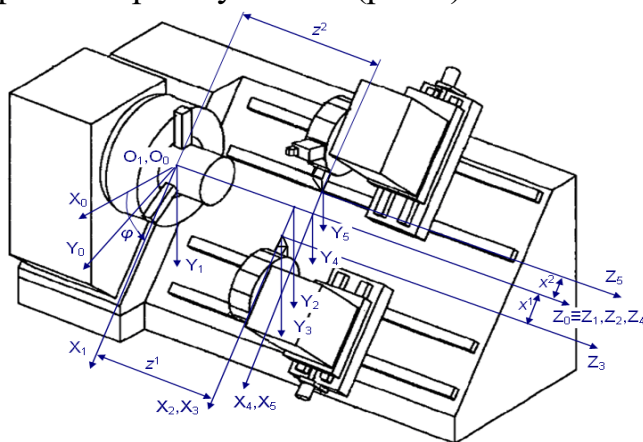


Рис. 1. Формоутворююча система верстату

Модель такої формоутворюючої системи може бути математично представлена у вигляді функції формоутворення [1], і базується на варіаційному методі розрахунку точності верстатів. При цьому прийнято, що формоутворююча система верстату має паралельну структуру із спільними ланками (базовими вузлами та оброблюваною заготовкою). Використовуючи математичний опис функції формоутворення, отримано векторний баланс точності одношпindelного двосупортного токарного верстату з ЧПК як похибок обробки різців 1 і 2 в системі координат заготовки:

$$\begin{cases} \overline{\Delta r_{01}} = (\varepsilon_0 A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) + A_{01}^6(\varphi) \varepsilon_1 A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) \varepsilon_2 A_{23}^1(x^1) + \\ \quad + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^1) A_{23}^1(x^1) \varepsilon_3) \cdot \overline{r_{31}} \\ \overline{\Delta r_{02}} = (\varepsilon_0 A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) + A_{01}^6(\varphi) \varepsilon_1 A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) \varepsilon_2 A_{23}^1(x^2) + \\ \quad + A_{01}^6(\varphi) A_{12}^3(z^2) A_{23}^1(x^2) \varepsilon_3) \cdot \overline{r_{32}} \end{cases}$$

де  $\overline{r_{31}}$ ,  $\overline{r_{32}}$  – радіус-вектори точок відповідних різців;  $A$  – матриці повороту навколо осі  $Z$  і переміщень вздовж осей  $Z$  та  $X$ .

**Література:** 1. Lutsiv I. Shape forming system model of lathes two-carriage tool systems/ Lutsiv I., Voloshyn V., Buhovets V. // Scientific journal of Ternopil national technical university. – 2018 – №3 (91) – pp. 80-87.

## ЕКОНОМІЧНИЙ ЗМІСТ АНТИКРИЗОВОГО УПРАВЛІННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

<sup>1</sup>Маслак О.І., <sup>2</sup>Орлова Т.О.

(<sup>1</sup>Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна, <sup>2</sup>НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

У сучасній економічній літературі існують різні підходи до визначення сутності, причини виникнення та розгортання кризових явищ у національному господарстві в цілому та на підприємстві зокрема.

У розвитку будь-якої системи існує ймовірність настання кризи, що обумовлена не тільки невдалим керуванням чи стратегією організації, недостатніми зусиллями для підтримання конкурентних позицій на ринку чи розв'язання проблем, які вже склалися, а й реальними об'єктивними причинами.

Криза підприємства - повторюваний, обмежений у часі та керований стан підприємства, який характеризується стійкими сильними коливаннями його параметрів за межами коридору допустимих значень; виникає внаслідок різкої втрати здатності підприємства адаптуватись до темпів і сили впливу екзо- та ендогенних змін середовища на макро- та макрорівнях через порушення взаємозв'язків між циклами розвитку окремих компонентів системи підприємства; має важкопрогнозовані наслідки як позитивного, так і негативного характеру.

Варто відзначити, що криза може виникати на рівні національної економіки (через вплив неконтрольованого зовнішнього середовища) та на рівні підприємства, як найнижчої ланки національної економіки.

Кризи найчастіше проходять у дві фази, коли після різкого погіршення ситуації настає період поступової стабілізації. Практика показує, що підприємства, які затримуються на першій фазі, ризикують опинитися на межі фінансового банкрутства.

Банкрутство виявляється як неузгодженість грошових потоків. Підприємство може стати банкрутом як в умовах галузевого підйому, так і в умовах галузевого спаду. В умовах різкого підйому галузі зростає конкуренція, в умовах спаду-падають темпи зростання.

Таким чином, кожному підприємству доводиться конкурувати за темпи свого зростання. У всіх випадках причиною банкрутства є неправильна оцінка керівниками підприємствами очікуваних темпів зростання їхнього підприємства, під які заздалегідь знаходяться додаткові джерела фінансування.

## АВТОМАТИЧНА РУХОМА ПЛАТФОРМА TLF

<sup>1</sup>Мельник О.Б., <sup>1</sup>Веркалець А.А., <sup>1</sup>Лукань Т.В., <sup>1</sup>Онисько О.Р.  
(<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна)

До засобів автоматизації у машинобудуванні віднесено цілий ряд роботизованих пересувних логістичних машин, у тому числі рухомі платформи для переміщення деталей та заготовок. У рамках виконання курсової роботи на кафедрі комп'ютеризованого машинобудування ІФТУНГ виконано проект рухомої платформи – робота і заплановано його виготовлення та впровадження у навчальний процес.

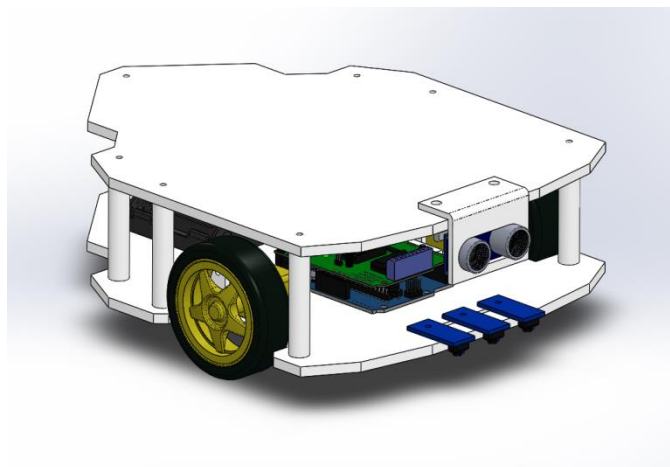


Рис.1. Зовнішній вигляд рухомої платформи TLF

Модель рухомої платформи TLF (Turtle Line Follower) реалізовано на базі ArduinoUno і стандартних комплектуючих деталей (motor shield, мотор редуктор з колесом, ультразвуковий далекомір, сприймач лінії).

Робот оснащений сприймачами, керуючими модулями для виведення результатів роботи, та скетчем за алгоритмом якого він працюватиме. Вантажну платформу споряджено трьома сприймачами лінії (TCRT5000) та ультразвуковим далекоміром (HC-SR04). Виконавцями руху є два мотор – редуктори із колесами.

Платформу налаштовано для пересування по темній лінії на світлому фоні, або навпаки: по світлій лінії на темному фоні.

Модель передбачає монтування на платформі поворотного столу задля подачі хапача робота-маніпулятора однієї із транспортованих деталей.

**Література:** 1. О. Р. Онисько, В. Г. Панчук “Основи програмного керування технологічними системами” Навчальний посібник. Івано- Франківськ 2014. (302 ст.). 2. Панчук, В. Г. Засоби програмного керування. Програмування ПЛК FATEK у середовищі WinProLadder : лабораторний практикум / В. Г. Панчук, О. Р. Онисько, Т. В. Лукань. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. - 65 с. 3. Джереми Блум Изучаем Arduino- инструменты и методы технического волшебства.



# DIGITAL–ТЕХНОЛОГІЇ В МАРКЕТИНГОВОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ ПІДПРИЄМСТВ

**Мироненко Є.В., Бурцева О.Є.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Розвиток цифрового середовища (digital) обумовив необхідність організації маркетингової діяльності на підприємствах у оновленому форматі. Перш за все це стосується формування маркетингової інформаційної системи (МІС), удосконалити яку можливо завдяки digital-технологіям спрямованим на вирішення інтерактивних задач у конкретних напрямках маркетингової діяльності підприємства (веб-аналітики) [1]. МІС являє собою основу маркетингового менеджменту підприємства та систему забезпечення маркетингових рішень, яка є взаємозв'язаним набором даних, інструментів, методик аналізу і тлумачення внутрішньої та зовнішньої інформації. Застосування digital-технологій розширює можливості і функції МІС підприємств [2]:

по-перше - Інтернет представляє широкі верстви населення, тому він може виступати одним з додаткових джерел інформації при проведенні маркетингових досліджень;

по-друге - сучасні інформаційні digital–технології забезпечують виконання таких важливих функцій, як зберігання маркетингових даних і здійснення доступу до них. Маркетингова інформація стає більш актуальною, масивною за допомогою широкого набору інструментів digital–технологій. Завдяки ним, маркетингова інформація стає доступною у будь-який час і в будь-якому місці;

по-третє - доступ до інформації можуть одержувати як споживачі, так і виробники продукції. Партнерам по бізнесу, агентам за допомогою сучасних технологій надана можливість аналізувати актуальну інформацію і ухвалювати більш ефективні рішення;

по-четверте - великий обсяг даних, що зберігається в базах даних, вимагає попередньої підготовки і аналізу для перетворення їх у форму, яка може бути використаний при ухваленні рішень.

Таким чином МІС сформована із застосуванням сучасних digital–технологій дозволить значно підвищити рівень аналізу, планування, реалізації планів і контролю, чим актуалізує маркетинговий менеджмент підприємств.

**Література: 1.** Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації: розпорядження Кабінету Міністрів України № 67-р. від 17 січня 2018 р. [Електронний ресурс]:– URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p#Text> (дата звернення 5.11.2020).

**2.** Компаниец В.В. Развитие и будущее экономики на основе цифровых технологий: критическое осмысление / В.В. Компаниец // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2018. - № 61. - С. 36-46.

# ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЗБІРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Мироненко Є.В., Гузенко В.С., Большаков Р.Ю., Муляр І.С.,  
Гончаренко О.О.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Ефективність експлуатації збірних інструментів з механічним кріпленням змінних багатограних пластин може суттєво підвищена тільки за рахунок вирішення комплексу задач, які пов'язані їх міцністю, жорсткістю, ремонтпридатністю та пристосованістю до обслуговування [1]. Для підвищення міцності та жорсткості збірної конструкції інструменту необхідно враховувати надійність базування та закріплення різальної пластини по її опорній поверхні, що має суттєве значення в умовах важких умовах експлуатації інструмента. На рисунку 1 показані вузли кріплення змінних багатограних пластин базової (а) та вдосконаленої конструкції (б) збірних різців [2].

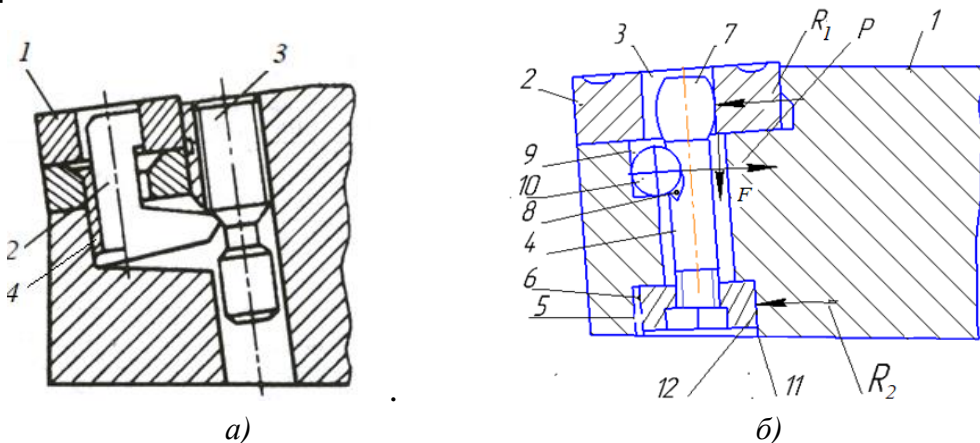


Рис.1. Вузли кріплення змінних багатограних пластин  
(а - базова конструкція, б – вдосконалена конструкція).

В конструкції базового збірного різця закріплення змінної багатогранної пластини 1 виконують L-образним елементом 2 до двох бокових стінок гнізда за допомогою гвинта 3. Закріплення по опорній поверхні різальної пластини конструкцією не виконується. Опорна пластина закріплена розрізною втулкою 4.

У вдосконаленій конструкції вузла кріплення з метою упередженого притиску різальної пластини по опорній поверхні здійснюється осьове переміщення коливного гвинта [3]. При затягуванні гайки 5 гвинт 4 виконує радіальне та осьове переміщення. За рахунок взаємодії сферичного елемента 10 з пазом 8 на гвинті 4 виникають активна сила P та реактивні сили  $R_1$  і  $R_2$ . Сила  $R_1$  притискує різальну пластину 2 до упорних поверхонь гнізда корпусу 1. При осьовому переміщенні гвинта 4 під дією сили  $R_1$  між голівкою 7 і поверхнею 3 циліндричного отвору різальної пластини 2 виникає сила тертя F, яка притискує

пластину до опорної поверхні гнізда корпусу. Сила  $R_2$  притискує бокову циліндричну поверхню 6 гайки 5 до циліндричного отвору 12.

Таким чином надійність закріплення різальної пластини забезпечується не тільки за рахунок сили тертя торцевої поверхні гайки з упорною поверхнею корпусу, але також за рахунок сили тертя бокової поверхні гайки з поверхнею допоміжного отвору в корпусі, які виконані циліндричними. Таке конструктивне рішення забезпечує експлуатаційну ефективність при роботі інструмента в умовах вібрацій технологічної системи и унеможливорює відвинчування гайки та розкріплення різальної пластини.

В таблиці 1 приведені результати випробовувань, проведених в умовах ПрАТ «НКМЗ» на токарному верстаті моделі 165 при повздовжньому чорновому точінні заготовок зі сталі 45. Різці мали геометричні параметри: висота вершини різця  $h = 50$  мм; довжина різальної крайки пластини  $l = 25$  мм; головний кут в плані  $\varphi = 45^\circ$ ; передній кут  $\gamma = 10^\circ$ ; головний задній кут  $\alpha = 5^\circ$ ; радіус при вершині  $r = 1,5$  мм. Подачу и швидкість різання вибирали в по загальномашинобудівним нормативами різання для твердого сплаву Т5К10. При дослідженнях середня глибина різання  $t = 9,6$  мм, середня швидкість різання  $V = 59,0$  м/хв

Таблиця 1 – Результати порівняльних досліджень різців

| Параметр   | Різець              |                           |
|--|---------------------|---------------------------|
|  | Базової конструкції | Вдосконаленої конструкції |
| Вид відмови, %:                                    |                     |                           |
| знос   | 33                  | 40                        |
| викрашування                                       | 25                  | 27                        |
| поломка  | 42                  | 33                        |
| Середня подача $S_c$ , мм/об                       | 0,96                | 0,96                      |
| Середній період стійкості $T_c$ , хв               | 27,0                | 31,5                      |
| Коефіцієнт варіації періоду стійкості $W$          | 0,52                | 0,47                      |
| Середнє число періодів стійкості $K$               | 2,4                 | 2,8                       |
| Повний середній період стійкості $\Sigma T_c$ , хв | 64,8                | 88,2                      |
| Середній час відновлення $T_\theta$ , хв           | 1,24                | 0,57                      |

За рахунок зменшення кількості поломок різальних пластин вдосконалена конструкція збірного різця забезпечила підвищення повного періоду стійкості в 1,35 рази, що підтверджує її високі експлуатаційні характеристики.

**Література:** 1. Клименко Г.П. Експлуатація збірних різців: монографія / Клименко Г. П., Мироненко С. В., Гузенко В. С., Васильченко Я. В., Шаповалов М. В. // Краматорськ : ДДМА, 2015. – 83 с. УДК 621.9.02 ISBN: 978-966-379-732-8. 2. Инструментальщик: энциклопедический справочник-каталог в 3-х томах. Т. 1 / Я. А. Музыкант, В. С. Гузенко, Е. В. Мироненко и др.; под общ. ред. Я. А. Музыканта. – М.: Наука и технологии, 2009. – 464 с. 3. Пат. 116976 Україна, МКП В23В 27/16. Різальний інструмент / В.С. Гузенко, В.М. Гах, С.В. Мироненко, В.І. Федоренко – № u2016013468; заявл. 27.12.2016; опубл. 12.06.2017, бюл. №11/2017.

## ЩОДО ФОРМУВАННЯ ІМІДЖУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Мироненко Є.В., Косик К.В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

На сучасному етапі формування ринкового середовища нагального вирішення потребує проблема адаптації підприємств до функціонування в умовах жорсткої конкуренції. Саме конкуренція як рушійний фактор спонукає підприємства та пов'язані з ними суб'єкти економічних відносин до вдосконалення власної діяльності, що робить їх більш успішними на ринку й витривалими у боротьбі за здобуття прихильності споживачів. Індикатором такого успіху є імідж підприємства, який фактично характеризує переваги того чи іншого товаровиробника на конкретному ринку. Світовий досвід доводить, що роль іміджу як фактору конкурентоспроможності постійно зростає, оскільки зростає сила впливу комунікативних потоків на поведінку всіх суб'єктів ринку.

Метою роботи є дослідження теоретичних основ іміджу як економічної категорії, уточненні його сутності й ролі у забезпеченні успіху ринкової діяльності підприємства.

В умовах жорсткої ринкової конкуренції між підприємствами, які пропонують ідентичні товари та послуги, загострюються питання завоювання ринку збуту й приваблення потенційного клієнта. Одним з основних інструментів поліпшення становища на ринку є позитивний імідж підприємства, який вирізняє його серед аналогічних за видом діяльності організацій, підсилює ринкові позиції, збільшує ринкову вартість компанії, розширює коло постійних споживачів.

Гарно сформований імідж забезпечує компанії стійку позицію на ринку та надає високої конкурентоспроможності. Головним та найсильнішим інструментом конкурентоспроможності є іміджева політика підприємства, це сукупність заходів, спрямованих на формування позитивного образу підприємства або організації, що включає його популяризацію задля задоволення мети й цілей даного підприємства, а також здобуття стійкої позиції на ринку [1].

Поглиблення теоретичної та практичної частин поняття «імідж підприємства» як тривалого позитивного, нейтрального чи негативного образу підприємства у свідомості економічних контрагентів та контактних аудиторій, який, маючи позитивне значення, створює для них певну систему цінностей, а також є нематеріальним фактором формування конкурентних переваг підприємства у довгостроковій перспективі та підвищення економічних показників його діяльності. Отже, імідж підприємства виступає як один з інструментів досягнення стратегічних цілей організації, що торкаються основних сторін її діяльності та орієнтовані на перспективу.

**Література:** 1. Webster's New Twentieth Century Dictionary of the English Language. Unabridged. – New-York, 2016. – 234 p

## ЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ МОР ВІД ТВЕРДИХ ЧАСТОК МЕТАЛООБРОБКИ

**Молчанов В.Ф.**

(ДДТУ, м. Кам'янське, Україна)

Стрімке впровадження високопродуктивного технологічного устаткування в сучасному машинобудівному виробництві призводить до інтенсивного збільшення обсягу металообробки. Це у свою чергу збільшує об'єми використання технологічних мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) та призводить до утворення значної кількості стружки та шламу.

Організація переробки стружки та шламу на місцях її утворення представляє значний інтерес, оскільки при такій переробці можна значно скоротити витрати на логістику, понизити втрати металевої стружки, як цінної сировини.

Метою дослідження є розробка очисних пристроїв для систем експлуатації МОР в умовах механічних дільниць.

Аналіз досліджень показує, що найбільш ефективними для очищення МОР від твердих часток являються очисні пристрої з використанням фільтрації [1]. Проведені експериментальні дослідження дозволили створити ефективне обладнання для очистки мастильно-охолоджуючих рідин металорізальних верстатів. У розроблених пристроях застосовано очищення МОР фільтрацією через шар сипких пористих матеріалів. Особливістю фільтрувальної установки є фільтруюча перегородка у виді об'ємної пористої камери, обмеженої перфорованими порожнистими циліндрами, між якими розміщений шар сипкого пористого матеріалу [2]. В якості фільтрувального матеріалу використовуються тверді частки металообробки.

На рис. 1 зображено очисний пристрій, який містить корпус 1, нагнітальну камеру 2 з підвідним патрубком 3, фільтрувальну перегородку 4, зливну камеру 5 з патрубком 6 для відведення фільтрату і розвантажувальний вузол 7 для відведення сипкого матеріалу.

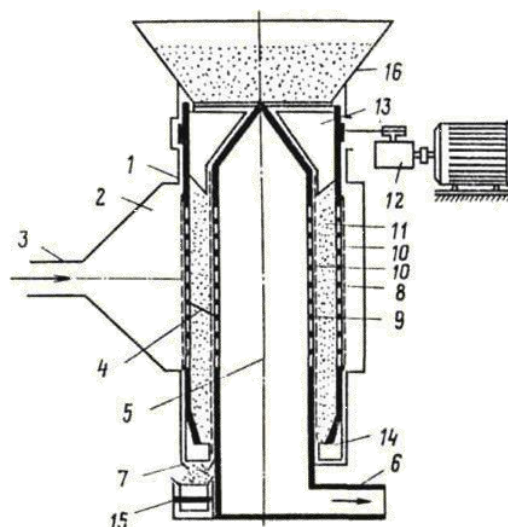


Рис. 1. Очисний пристрій

Фільтрувальна перегородка 4 виконана у виді пористої циліндричної камери, що складається із зовнішнього 8 і внутрішнього 9 перфорованих порожнистих циліндрів, із зовнішнього боку покритих металевою сіткою 10, встановлених вертикально з розміщеним між ними сипким фільтрувальним матеріалом 11. Зовнішній циліндр 8 обертається від зовнішнього електроприводу 12. Усередині зовнішнього циліндра 8 розміщені завантажувальні лопатки 13, виконані у виді гвинтової спіралі, жорстко закріплені на його внутрішній поверхні. Зовні циліндра 8 розміщені розвантажувальні лопатки 14, виконані у виді скребків, які встановлені радіально і жорстко закріплені на його зовнішній поверхні. Під розвантажувальним вузлом 7 встановлений конвеєр 15 для збору і подачі сипкого фільтрувального матеріалу в живильник 16.

При фільтрації рідини живильник 16 завантажують сипким фільтрувальним матеріалом і за допомогою електроприводу 12 здійснюють обертання зовнішнього циліндра 8. Сипкий фільтрувальний матеріал 11 з живильника 16 під дією сил тяжіння потрапляє на завантажувальні лопатки 13. Профіль лопаток 13 виконаний у виді гвинтової спіралі таким чином, що забезпечує рівномірне розподілення і ущільнення фільтрувального матеріалу 11 між зовнішнім 8 і внутрішнім 9 перфорованими циліндрами. Забруднена твердими частками рідина поступає по підвідному патрубку 3 в нагнітальну камеру 2. Рідину фільтрують через фільтрувальну перегородку 4 і із зливної камери 5 по відвідному патрубку 6 вакуумним насосом відводять з пристрою. Тверді частки, що рухаються в потоці рідини, спрямовуються на фільтрувальну перегородку 4. Проникаючи через зовнішню перфоровану поверхню обертаючого циліндра 8, тверді частки потрапляють в фільтрувальну перегородку і затримуються в ній.

Зовнішня поверхня внутрішнього циліндра 9 покрита дрібнопористою металевою сіткою 10, яка фільтрує тільки очищену рідину і повністю затримує фільтрувальний матеріал 11 із завислими в ньому твердими частками. Фільтрувальний матеріал з твердими частками переміщається до розвантажувального вузла 7. За допомогою розвантажувальних лопаток 14, жорстко прикріплених до обертаючого циліндра 8, сипкий фільтрувальний матеріал 11 вивантажують на конвеєр 15, за допомогою якого забезпечують завантаження живильника 16.

Підсумком роботи є розроблений очисний пристрій, який дозволяє автоматизувати процес очищення МОР від твердих часток. Механізм відновлення фільтрувального шару по всій площині фільтруючої перегородки дозволяє збільшити продуктивність в 3-5 рази, а ступінь очистки підвищити в 1,1-1,2 рази.

Отримані результати можуть бути використані при впровадженні систем експлуатації МОР на дільницях металорізальних верстатів машинобудівних підприємств.

**Література:** 1. Молчанов В.Ф. Постановка нестационарной задачи фильтрации жидкостей в пористой среде / В.Ф.Молчанов // Математичне моделювання. Науковий журнал №1 – 2014. – С 28-30. 2. А.с. 1510878, В01D 33/16, Устройство для очистки гидкостей / Молчанов В.Ф., Тихонцов А.М. – № 4363571/31-26, заявл. 12.01.88, опубл. 30.09.89, бюл. № 36.

## К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОДУКТОВ

<sup>1</sup>Мортеза Раджаб Заде, <sup>2</sup>Залога В.А.

(<sup>1</sup>Махаллатский институт высшего образования, г. Махаллат, Иран,

<sup>2</sup>СумГУ, г. Сумы, Украина)

Современный глобальный рынок требует непрерывного улучшения качества продукции как важнейшего фактора повышения ее конкурентоспособности. Для решения этой проблемы нужно иметь систему управления качеством, которая была бы как адаптированной к требованиям международных стандартов, так и могла бы эффективно работать в формате “разработчик-производитель-потребитель”. Такая система управления качеством в полной мере может быть востребованной как организациями (учреждениями), которые оказывают различные виды услуг в сфере нефтегазовых продуктов, так и машиностроительными и перерабатывающими предприятиями, выпускающими различную наукоемкую продукцию, сырьем для которой являются нефть и газ.

В настоящее время нефтегазовые продукты являются одними из бюджетообразующих секторов экономики многих стран, в том числе Ирана (50% – 60% доходов). Нефтегазовый комплекс этой страны характеризуется высокой социальной, экономической и политической значимостью не только в ней, но и во всем мире. Для решения проблемы повышения качества нефтегазовой продукции предприятия должны не только прослеживать процесс производства сырья для них, но и иметь свою систему управления качеством нефтегазовых продуктов на протяжении жизненных циклов укаждого из них.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время процесс создания эффективной системы управления качеством нефтегазовой продукции еще недостаточно обеспечен как формализованными принципами и подходами такой оценки, так инеобходимым нормативным обеспечением, в частности на этапах их производсва. Решение этой проблемы требует проведения значительного объема теоретических и экспериментальных исследований. Известно, что причиной неудовлетворенности заинтересованных сторон качеством нефтегазовых продуктов очень часто возникает из-за одного из важнейших показателей их качества – количества в них серы (сульфура), превышающего допустимые нормы, что существенно зависит как от качества сырья, так и применяемых технологических процессов при их производстве.

Таким образом, актуальным представляется исследование развития теоретических основ оценки качества нефтегазовых продуктов.

Целью исследования являются: развитие теории оценки качества нефтегазовых продуктов и совершенствования нормативных баз этого процесса; разработка новых принципов на базе специальных математических методов обработки информации и создание на этой основе новых систем контроля качества нефтегазовых продуктов.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ПУАНСОНА НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ І ПРОДУКТИВНІСТЬ РОБОТИ ШТАМПА ДЛЯ ХОЛОДНО ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ**

**<sup>1</sup>Панчук В. Г., <sup>1</sup>Карпик Р. Т., <sup>2</sup>Костюк Н. О.**

*(<sup>1</sup>ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна, <sup>2</sup>ХНУ, м. Хмельницький, Україна)*

У виробничому процесі холодне листове штампування (ХЛШ) один з найбільш прогресивних і розповсюджених технологічних процесів, що дозволяє виготовляти з листового матеріалу найрізноманітніші за формою та розмірами деталі в короткий термін з мінімальними витратами та відходами. Таким чином штампи ХЛШ та їх вироби потрібні усім галузям виробництва від важкого машинобудування до галузей легкої та харчової промисловості.

Пуансон – одна з основних деталей будь-якого штампу. Під час штампування пуансон безпосередньо чинить тиск на матеріал заготовки. У процесі роботи пуансон передає тиск на листову заготовку, вирубує і проштовхує готовий виріб через матрицю. Він відіграє важливу роль у процесі штампування або нанесення маркувальних даних на поверхню деталі та є одним з основних елементів технологічного оснащення будь-якого штампу. У процесі роботи пуансони піддаються впливу високих силових навантажень, тому їх виготовляють зі зносостійкої сталі з підвищеними міцністю і прогартованістю. Але як будь який інструмент з довготривалим навантаженням пуансон і матриця практично завжди супроводжується сумісною дією двох руйнівних процесів - зношуванням та втомою, а термін експлуатації обмежений кількістю ударів пуансона по поверхні деталі. За зміни умов експлуатації штампу змінюються навантаження, які за період роботи призводить до зростання залишкових напружень які знижують стійкість інструменту, а також утворюють у слабких зонах мікро тріщини, що призводить до руйнування.

Проаналізувавши основні тенденції виявлено, що листове штампування широко застосовують у багатьох галузях машинобудування. І руйнування робочих деталей штампа в серійному або в масовому виробництві суттєво впливає на продуктивність. Останні дослідження вчених були в більшості зосередженні на вдосконаленні геометричних параметрів інструменту і менш зосередженні на властивостях матеріалу.

Дослідження впливу властивостей матеріалу пуансона при зміні навантажень виконано за допомогою методу скінчено-елементного аналізу в середовищі SolidWorks, в інженерному модулі Simulation. З інженерних конструктивних міркувань було з проєктовано конструкцію пуансона для пробивки отвору дверного замка і виконано просторово-параметричну 3d модель, яка закріплюється з накладанням обмежувальних зав'язків імітуючи реальне точне розташування у просторі відповідно до штампа. Відносно



координат пуансона по осі накладаються зусилля які виникають в процесі роботи. Затребуване зусилля для пробивання отвору залежить від товщини та матеріалу смуги. В нашому випадку матеріал смуги сталь Ст3 та прийняті зусилля при товщині смуги: 1 мм  $\approx$  40 000 Н; 1,5 мм  $\approx$  60 000 Н; 2 мм  $\approx$  80 000 Н.

Щоб перевірити вплив матеріалу від зміни навантажень використовуємо різнохарактерні за механічними та хімічними властивостями матеріали: У7; У8А; У12А; ШХ15СГ; Х12МФ.

Для більш якісних результатів, дослідження проводилося п'ятнадцять разів для п'яти різних матеріалів пуансон піддавався навантаженням від зміни товщини листа де відстежувалися максимальні напруження (рис. 1, а), можливі переміщення (рис. 1, б), а також деформації (рис. 1, в).

Властивості кожного матеріалу від умов роботи визначають мету його застосування. Розрізняють не леговані сталі з максимальним вмістом вуглецю 1,7% і леговані сталі з домішками до вуглецю таких елементів, як хром, марганець, ванадій, молібден тощо, приносять в той чи інший сорт сталі свої власні якості. Хімічні елементи такі як:

- Вуглець є найважливішим елементом у складі сталі. При вмісті вуглецю починаючи з 0,4% сталь вже піддається загартуванню. При зростанні вмісту вуглецю підвищується твердість, а також збільшується карбідна місткість. Карбіди це тверді речовини, які утворюються в результаті хімічних сполук надлишків вуглецю з іншими компонентами сплаву, як, наприклад, хромом або ванадієм. Чим більше в сталі карбідів, тим краще вона тримає заточку, але заточувати її при цьому важче.

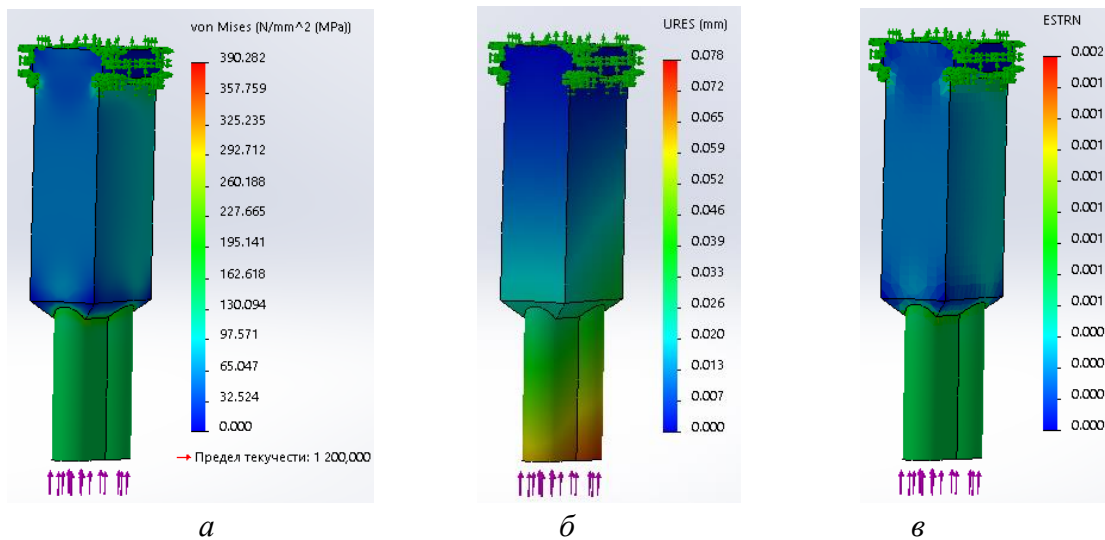
- Хром, якщо він присутній у достатній кількості, забезпечує корозійну стійкість сталі. При вмісті хрому 13,4% сталь вважається нержавіючою. Більшість сортів сталі в кращому випадку інертні по відношенню до корозії і в залежності від умов навколишнього середовища і часу, протягом якого вони піддаються зовнішнім впливам, завжди починають іржавіти. При збільшенні вмісту хрому в структурі металу також утворюються дуже тверді хром-карбіди.

- Присутність молібдену вважається в цілому тим елементом, який облагороджує сталь. Молібден підвищує корозійну стійкість і гнучкість сталі, так як забезпечує рівномірний розподіл хрому в структурі металу, а також сприяє рівномірній твердості по всій товщині сталевої деталі.

- А ванадій сприяє утворенню карбідів і дрібнозернистої структури, завдяки чому сталь стає термостійкою і дуже добре тримає заточку.

- Марганець також підвищує гнучкість сталі і покращує її механічні якості.

- Кремній підвищує міцність сталі, проте повинно бути домішків в сталі не багато, інакше метал стане крихким.



а) напруження по Мізесу max 390 МПа; б) переміщення max 0,078 мм ;  
в) деформації max 0,002.

Рис. 1. Напружено-деформований стан пуансона із сталі У8А та прикладеним зусиллям 60кН

Проведені дослідження методом скінченних елементів показали, що зі зростанням сили яка діє на пуансон зростають максимальні напруження, що зумовлюють зріст переміщення і деформацій. Під дією максимального зусилля 80 кН мінімальні напруження 498 МПа виявлено в легованій сталі марки Х12МФ, а максимальні 522 МПа в інструментально вуглецевій сталі марки У12А. Постійні навантаження та властивості матеріалу пуансона впливають на стійкість інструменту.

Отже правильний вибір матеріалу пуансона суттєво впливає на працездатність штампа та продуктивність його роботи. Описане обґрунтування впливів властивостей матеріалу пуансона може бути використане в подальшому при проектуванні штампів для холодно листового штампування.

#### Література:

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. — 6-е изд., перераб.и доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. — 520 с.
2. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. — Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс ЛТД», 2005. — 216 с.
3. Зубцов М. Е. Листовая штамповка: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением». — 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1980. — 432 с.
4. РТМ 34-65. Штампы для холодной листовой штамповки. Расчеты и конструирование. — М. : Изд-во стандартов, 1966. — 270 с.

## ВИБІР СХЕМИ ЗРІЗАННЯ ПРИПУСКУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ БУРИЛЬНИХ НАРІЗЕЙ

<sup>1</sup>Панчук В.Г., <sup>1</sup>Онисько О.Р., <sup>2</sup>Халупа В.В.

(<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, <sup>2</sup>Науково-виробниче приватне підприємство «Нафтогазобладнання», м. Івано-Франківськ Україна)

Нарізеточіння відносять до процесів різання із складними (затиснутими) умовами стружкоутворення. У випадку точіння конічних нарізей бурильних замків до означених складностей додаються проблеми із різанням заготовок із важкооброблюваних матеріалів, з яких виготовляють ніпелі та муфти замкових з'єднань, які задовольняють груп міцності  $У$  і  $T$ , тобто з межею міцності до 1241 МПа [1]. Окрім того означені нарізі є великогабаритними: їх виготовляють із діаметрами від 65 до 203 (мм) та великопрофільними: із кроком  $P$  у межах від 5 до 6,3 (мм) та висотою профілю  $h$  від 2,6 до 3,9 (мм). Ще більше технологічних питань пов'язано зі значною прецизійністю: допуск на величину кута нахилу бічної сторони профілю  $\alpha/2$  становить  $\pm 0,5^\circ$ , та з великим кутом нахилу (конусність нарізі)  $\varphi$ , який лежить у межах від  $4,75^\circ$  до понад  $7,1^\circ$  [2]. Вибір схеми зрізання припуску, з допомогою якої можна частково обійти зазначені проблемні місця нарізеточіння, на думку авторів залежить від характеру спрацювання конічної замкової нарізі та спрацювання різця для її виготовлення у процесі їхньої експлуатації.

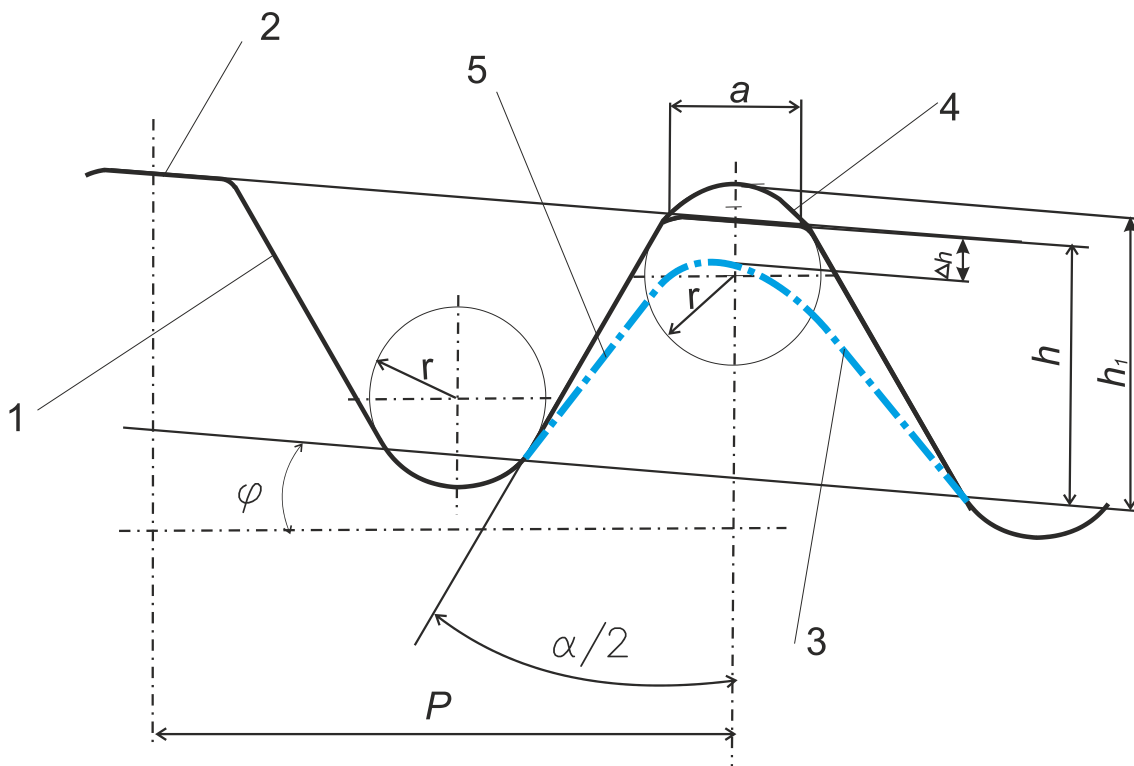


Рис.1. Схема, що графічно ілюструє форму профілю нової та спрацьованої замкової конічної нарізі.

Схема на рис.1, що графічно ілюструє форму профілю спрацьованої нарізі внаслідок контактних тисків, та тертя її поверхонь у результаті установки ніпеля у муфту та їх згвинчування і вказує на те, що її довший бік 1 після тривалої експлуатації завжди більше зношується до стану 3, а ніж її короткий бік, який спрацьовується до стану 5. При цьому спрацювання гребеню 2 є наслідком спрацювання як самого себе, так і зносу двох боків нарізі. Зменшення робочої висоти  $\Delta h$  є результатом такого спрацювання (рис.1).

Відомі схеми зрізання припуску при нарізоточінні: профільна (рис.2а), генераторна (рис 2б, 2в) та комбінована (рис. 2г) передбачають різні підходи, щодо методів подолання технологічних труднощів при нарізоточінні.

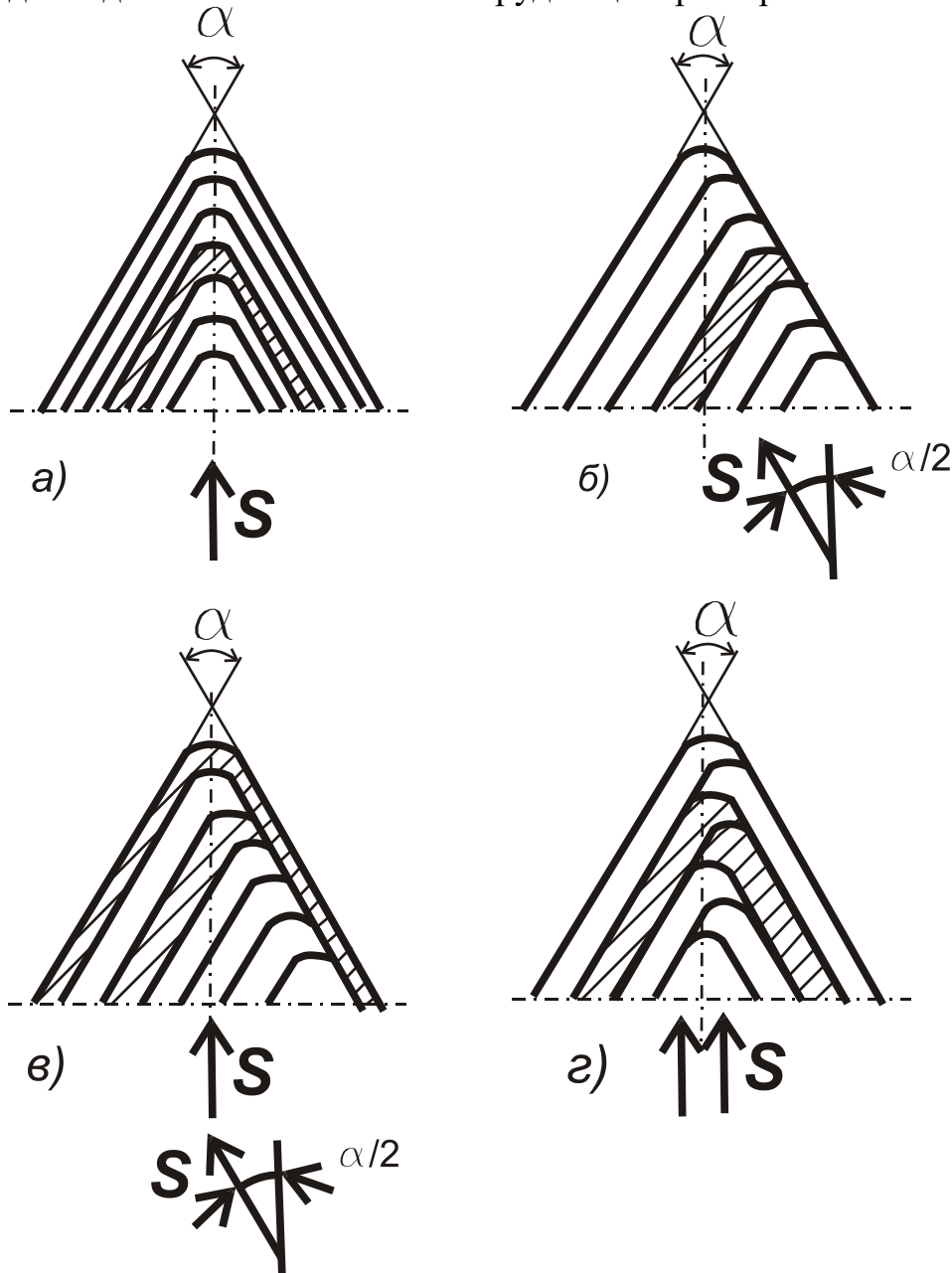
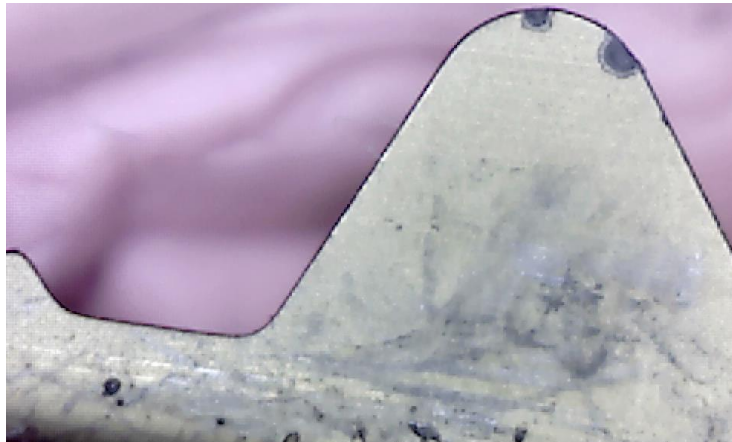
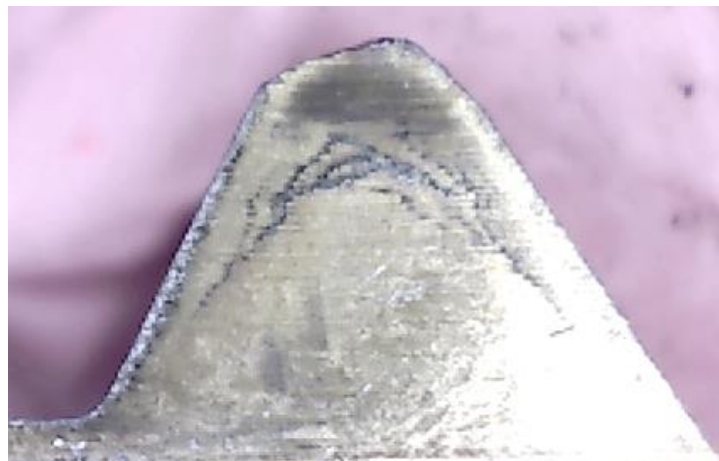


Рис. 2. Схеми зрізання припуску у процесі точіння трикутної нарізі ( $S$  — напрям подачі врізання).

Дослідження спрацювання нарізального різця вказує на його чітко виражений лівобічний характер зносу (рис.3а), що цілком відповідає застосованій на підприємстві, де проводилися дослідження, схемі 2в.



а)



б)

Рис. 3. Фото різальної крайки різця для точіння конічної замкової нарізі за формою профілю IV при 20- кратному збільшенні:  
а – нового, б– після тривалої її експлуатації.

Отже обрана на підприємстві для дослідження схема зняття припуску показала її прийнятність за такими двома параметрами:

1. Максимально усувається проблема «коробчатого» профілю стружки при нарізоточінні.

2. Найбільшої точності виготовлення упродовж усього терміну експлуатації різця досягається щодо довшого боку профілю конічної замкової нарізі.

#### Література:

1. ГОСТ Р 50278–92. Трубы бурильные с приваренными замками. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2010. 14 с.

2. ГОСТ 28487-90. Межгосударственный стандарт. Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль. Размеры. Москва: «Стандартинформ», 2010. 75 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО ВІБРОСТЕНДУ

Подлесний С.В., Єрфорт Ю.О., Стадник О.М.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Вібростенди представляють собою універсальні випробувальні установки і призначені для тестування виробів на вплив різних типів вібрацій.

Електродинамічний вібростенд створює механічні вібрації за рахунок взаємодії змінного магнітного поля, утвореного в рухомій котушці, що є виконавчим механізмом вібростенда, і постійного магнітного поля. Установку, що включає до свого складу вібростенд даного типу, називають електродинамічною.

Для раціонального конструювання та подальшого аналізу властивостей електродинамічних вібростендів інженерна практика вимагає використання коректних математичних моделей, які повинні містити диференціальні рівняння механічного руху, а також рівняння електромагнітних процесів. Для складання рівнянь електромеханічних систем вельми зручним є апарат аналітичної механіки, в якому електромагнітні і механічні величини, що характеризують систему, фігурують як формально рівноправні і рівняння руху складаються на основі рівнянь Лагранжа-Максвелла.

Метою роботи є створення на основі рівнянь Лагранжа-Максвелла математичної моделі електродинамічного вібратора і її комп'ютерна реалізація. На рис. 1 представлений один з типових електродинамічних вібраторів [1].

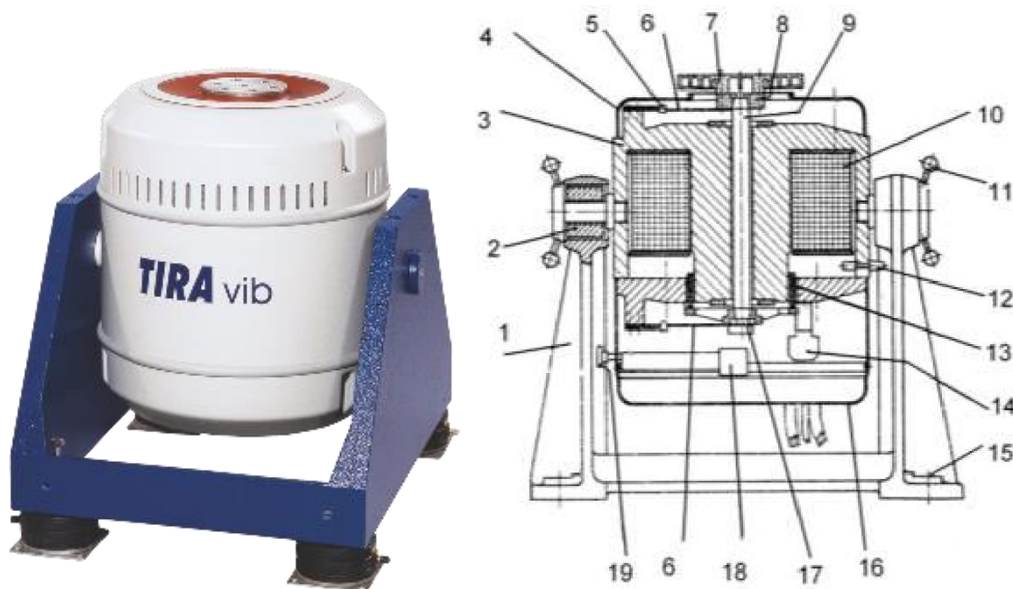


Рис. 1. Електродинамічний вібратор фірми Tira: 1 - станина, 2 - гумові втулки (амортизатори), 3 - магнітопровід, 4 - захисний ковпак верхній, 5 - амортизатор вібрації, 6 - плоска пружина, 7 - планшайба, 8 - фланець, 9 - стрижень, 10 - котушка підмагнічування, 11 - затискний важіль, 12 - штуцер повітряного охолодження, 13 - вібруюча котушка, 14 - приєднувальні затискні клеми, 15 - заземлення, 16 - ковпак нижній, 17 - датчик прискорення, 18 - осцилятор, 19 - ручка регулювання "нуля" датчика прискорення.

Динаміка моделі описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = V_1; \\ \frac{dS_2}{dt} = V_2; \\ m_1 \frac{dV_1}{dt} = -(c_1 + c_2)S_1 + c_2S_2 - \beta(V_1 - V_2) + k_i I; \\ m_2 \frac{dV_2}{dt} = c_2S_1 - c_2S_2 + \beta(V_1 - V_2)I; \\ L \frac{dI}{dt} = -a_l V_1 - RI + U, \end{cases}$$

де  $S_1$  - переміщення рухомий системи;  $S_2$  - переміщення корпусу вібратора, закріпленого на пружній основі;  $\beta$  - коефіцієнт демпфірування;  $c_1$  - коефіцієнт жорсткості підвіски;  $c_2$  - коефіцієнт жорсткості кріплення вібратора;  $k_i$  - коефіцієнт передачі вібратора;  $m_1$  - маса нерухомих частин;  $m_2$  - маса рухомих частин вібратора;  $L$  - індуктивність обмотки збудження;  $a_l$  - конструктивний коефіцієнт залежить від числа витків котушки;  $U$  - напруга, що подається на обмотку.

Промодельовано роботу вібростенда при наступних вихідних даних:  $c_1=7000000$ ;  $c_2=1000$ ;  $m_1=1.7$ ;  $m_2=80$ ;  $a_l=5$ ;  $\beta=22$ ;  $k_i=100$ ;  $R=4$ ;  $L=0.001$ ;  $U=U_0 \sin(\omega \cdot t)$ ,  $U_0=60$ ,  $\omega=10$ .

Деякі результати розрахунків представлені на рисунку 2.

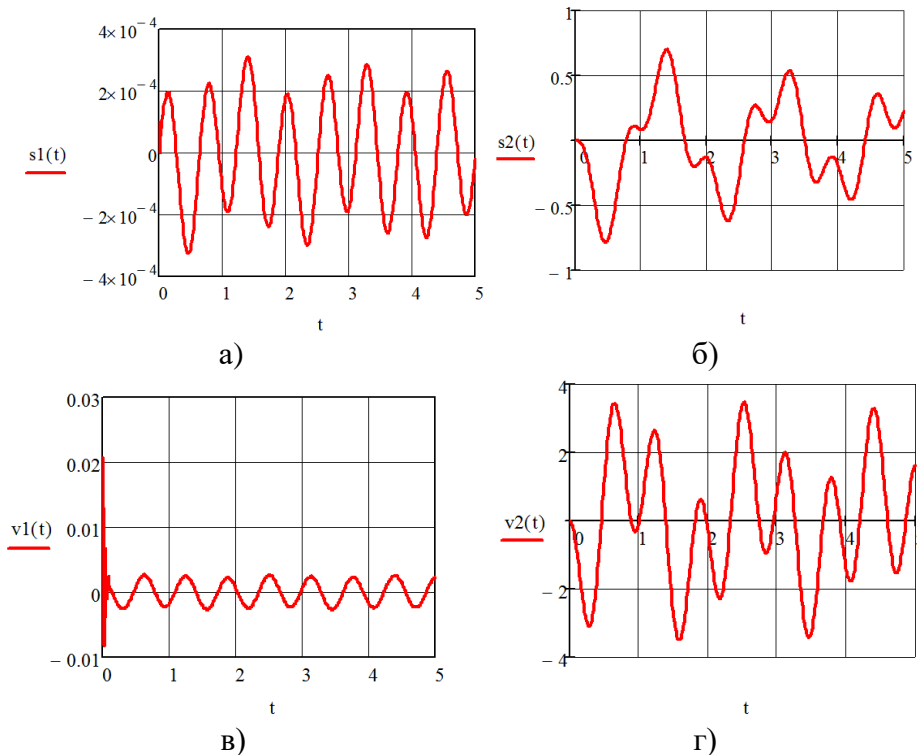


Рис. 2. Залежність переміщень  $s_1$  і  $s_2$  та швидкостей  $v_1$  і  $v_2$  від часу  $t$ .

Підсумком роботи є математична модель електродинамічного вібратора, реалізована в системах комп'ютерної алгебри Mathcad і Wolfram Mathematica. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні і визначенні раціональних механічних і електричних параметрів системи, що забезпечують потрібне функціонування пристрою.

**Література: 1.** <https://www.tira-gmbh.de/schwingprueftechnik/schwingpruefanlagen/modal-schwingpruefanlagen/>

## ПРЕДПОСЫЛКИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

<sup>1</sup>Равская Н.С., <sup>2</sup>Клочко А.А., <sup>2</sup>Заковоротный А.Ю., <sup>1</sup>Корбут Е.В.,  
<sup>1</sup>Родин Р.П.

(<sup>1</sup>КПИ им. И. Сикорского, г. Киев, Украина, <sup>2</sup>НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина)

Процесс резания как один из технологических процессов представляет собой по структуре сложную систему, сопровождаемую множеством различных физических явлений. К ним относятся такие как пластические деформации, трение, вибрации, тепловые, химические и др., которые, определяются, в основном станком, инструментом, обрабатываемым материалом.

В большой степени эффективность процесса резания зависит от управления этим процессом. В последнее время для управления технологическими процессами используются искусственные нейронные сети (ИНС). ИНС представляет собой математическую модель с её программным или аппаратным воплощением [1].

Эти модели не что иное как зависимости между исследуемыми входными факторами и выходными параметрами [2]. Они пригодны только для управления процессами в рассматриваемом диапазоне переменных. Процесс резания относится к сложным технологическим процессам с большой обучающей выборкой во входном слое, постоянно меняющейся в процессе резания. Поэтому управление этим процессом с использованием ИНС становится не эффективным. Этим и объясняется сдерживание ИНС при управлении процессами резания.

Следует отметить, что построение моделей ИНС базируется на теории эвристической самоорганизации. В тот же время на основных положениях теории эвристической самоорганизации разработаны алгоритмы, обеспечивающие получение моделей, которые описывают физические явления, сопровождающие исследуемый процесс [2].

В этой связи возникает возможность сокращения числа переменных. Это достигается заменой определенного числа во входном слое моделью процесса. Таким образом, создание нейронных сетей на основе явлений, сопровождающих рассматриваемый технологический процесс открывает широкие возможности оптимального управления его параметрами с дальнейшей коррекцией системы. Такой подход значительно повысит точность управления, сократит затраты на обучение и реализацию управления.

Создание таких ИНС на примере процесса резания является актуальной проблемой и её решение имеет большое практическое значение. Целью работы является увеличения скорости обучения, точности управления и снижение затрат на обучение за счет создания ИНС, раскрывающих физические явления, сопровождающие процесс резания.

**Литература:** 1. Джимми У.Ки. (2016), «Искусственные нейронные сети управления технологическими процессами. Часть 1», Control Engineering, №3(63), июль, 2016, с. 62-66.

2. Равская Н.С., Ковалева Л.И. (2002), «Применение методов самоорганизации для идентификации процессов и объектов», Lucrarile stiintifice all simpozion lui international, Universitario Ropet 2002, Inginerie Mecanica, Petrosani, Focus.



## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЗОРОГО БРОНЮВАННЯ ТЕХНІКИ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

**<sup>1</sup>Родічев Ю.М., <sup>1</sup>Сорока О.Б., <sup>1</sup>Шабетя О.А., <sup>2</sup>Ковалев В.Д.,  
<sup>2</sup>Васильченко Я.В., <sup>3</sup>Шевченко О.С., <sup>3</sup>Кузенков В.С., <sup>3</sup>Немерцева Н.В.**  
(<sup>1</sup>ІПМіц імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна,  
<sup>2</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна,  
<sup>3</sup>ТОВ «Спецтехскло А», м. Костянтинівка, Дон. обл., Україна)

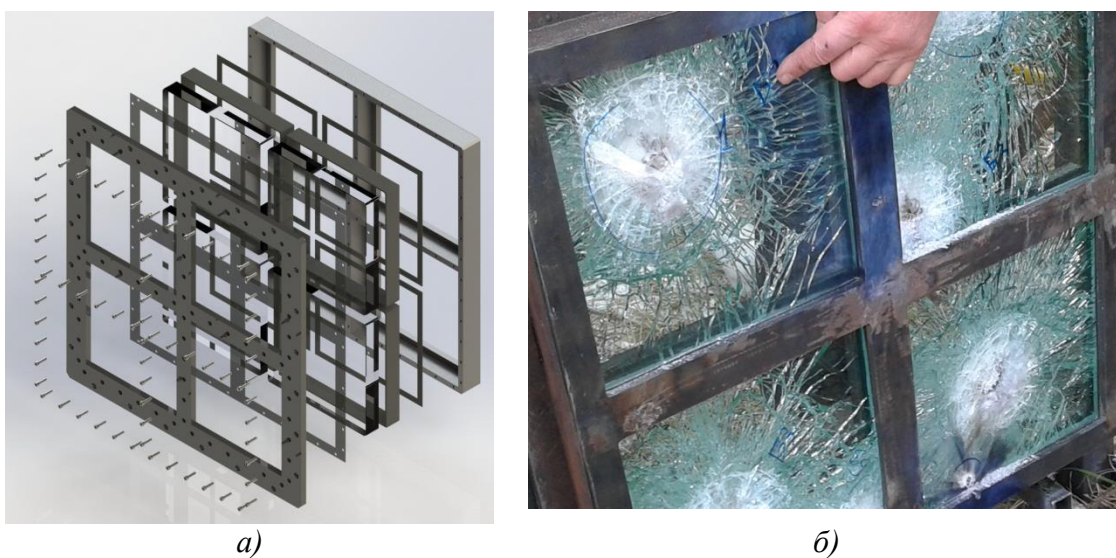
Розробка і впровадження у промислове виробництво перспективних елементів і конструкції прозорого бронювання військової техніки та стаціонарних і швидко монтованих інженерних укріплень, призначених для захисту персоналу і об'єктів від ураження кулями та осколками у екстремальних умовах снайперського обстрілу і раптових нападів з застосуванням стрілецької зброї та малої артилерії, є актуальною проблемою сучасних військових конфліктів. Для підвищення технічних характеристик і ефективності «прозорої броні» необхідним є розвиток інноваційних технологій на основі потужностей вітчизняних підприємств скляної промисловості, оборонного комплексу та важкого машинобудування у співпраці з науковцями наукових центрів НАНУ та Міністерства освіти України.

У роботі на основі узагальнення результатів науково-технічного співробітництва ІПМіц імені Г.С. Писаренка НАН України, ДДМА, заводу авіаційного і технічного скла ТОВ «Спецтехскло А» з підприємствами ДК «Укроборонпром», НКМЗ та іншими підприємствами важкого машинобудування по створенню комплексу технологій виробництва композитних багатошарових кулестійких блоків з зміцненого, надміцного флоат скла і металеві броні визначено напрямки впровадження конструкцій і технологій оброблення скла та металевих сплавів для елементів і систем захисту військової техніки, літальних апаратів та інженерних укріплень [1-3].

Показано принципові переваги перед існуючими аналогами кулестійких скляних блоків застосування і розвитку технологій авіаційного скління, модифікації поверхонь структурних силових і функціональних шарів якісного прозорого скла належної товщини від 3мм до 15мм, у тому числі, прецизійного механічного оброблення - різання, шліфування, полірування, спеціальних технологій контрольованого термічного зміцнення [1]. Принципове підвищення міцності склоелементів до 300...800МПа в залежності від режимів короткочасного, довготривалого статичного та циклічного навантаження і різного роду ударних впливів було отримано за рахунок модернізації обладнання і розвитку технологій хімічного травлення та іонного обміну[2]. Для триплексування плоских та гнутих броньованих блоків складної форми для літальних апаратів на ТОВ «Спецтехскло А» модернізовано обладнання і технологію молірування структурних шарів скла. Для забезпечення міцності та ударної стійкості багатошарових склополімерних структур у широкому інтервалі експлуатаційних температур використано високоякісну і прозору

авіаційну плівку. Функціональні шари скла, наприклад, електрообігрівних захисних блоків для експлуатації при критично низьких температурах, мають прозорі токопровідні покриття, що потребує врахування при відпрацюванні належних технологій зміцнення таких структурних елементів.

Елементи кулестійкого скління мають бути інтегровані в обрамлення та системи непрозорого бронювання об'єктів захисту на основі металевої броні, композитних і гібридних структур, дослідно-промислові конструкції і технології виробництва яких було створено з ДДМА на унікальних потужностях НКМЗ. На рис. 1 показано схему гібридної конструкції прозорого захисту укріплень на основі типових кулестійких склоблоків за класом СК5 ДСТУ 4546:2006 та ступінь її пошкодження кулями БЗ калібру 7,62 мм.



а) схема гібридного скління; б) стан скління з типових блоків з СК5

Рис.1. Структура та пошкодження гібридного кулестійкого скління на основі типових блоків у реальних умовах польових випробувань кулями БЗ

Розроблені інноваційні технології при впровадженні у виробництво потребують вдосконалення з урахуванням вимог до бронювання об'єктів захисту та умов їх експлуатації.

**Підсумок:** Розроблені дослідно-промислові технології кулестійкого скла і виробництва гібридних скло-металевих конструкцій «прозорої броні» можуть бути використані для захисту військової техніки та інженерних укріплень від ураження зі стрілецької зброї та осколками мін і снарядів артилерії малого калібру згідно технічних умов до рівня захисту і сфери застосування.

**Література:** 1. Родічев Ю.М., Веср Ф.А., Сорока О.Б., Шабетя О.А. Конструкційна міцність термічно зміцненого скла // Проблеми міцності. – 2018. – №4. – С. 85-100.  
2. Міцність скла, модифікованого методами на основі іонного обміну та травлення / О. А. Шабетя // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2019. – №1. – С. 109-114.  
3. Вплив швидкості ударного навантаження на стійкість та пошкоджуваність захисного скла / Ю. М. Родічев, О. А. Шабетя, О. Б. Сорока, В. Д. Ковальов, Я. В. Васильченко // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2018. – № 2. – С. 160-164.

## МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ ТА ПОШКОДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БАГАТОШАРОВИХ СКЛОПОЛІМЕРНИХ БЛОКІВ БАЛІСТИЧНОГО ЗАХИСТУ

<sup>1</sup>Сорока О.Б., <sup>1</sup>Родічев Ю.М., <sup>1</sup>Шабетя О.А., <sup>1</sup>Бодунов В.Є., <sup>2</sup>Кузенков В.С.,  
<sup>2</sup>Немерцева Н.В.

*(<sup>1</sup>ІПМіц імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна,*

*<sup>2</sup>ТОВ «Спецтехскло А», м. Костянтинівка, Дон. обл., Україна)*

Проблема створення вітчизняних іноваційних технологій «прозорої броні» та перспективних конструкцій елементів і систем балістичного захисту літальних апаратів, військової техніки та інженерних споруд є актуальною для сучасних умов гібридних військових дій в Україні. Основою прозорого бронювання є ударостійкі композитні і гібридні багатошарові блоки, що мають склополімерну структуру з силовими і функціональними структурними елементами із зміцненого та надміцного флоат скла, адгезійними прошарками та металевими обрамленнями і вузлами кріплень до інших частин конструкцій захисту об'єктів і персоналу від ударних впливів куль, снарядів та осколків засобів ураження. Підвищення вимог щодо зменшення товщини, ваги та забезпечення гарантованого рівня кулестійкості скління потребує вдосконалення комплексу сучасних методів модифікації склоелементів таких блоків, а саме, технологій зменшення дефектності поверхні скла механічною обробкою, травленням, термічного зміцнення, іонного обміну. При цьому мають бути забезпечені вимоги надійності і ресурсу при дії інших статичних та ударних експлуатаційних навантажень, у тому числі, при роботі системи обігріву та ударах лобових стекол кабін літальних апаратів птахом. Для вирішення цих задач необхідним є розвиток методів дослідження і виробничого контролю параметрів дефектності поверхні, характеристик механічного стану виробів та ефективності режимів модифікації скла [1-4].

**Мета роботи** - розробка комплексного підходу щодо експериментальної оцінки дефектності, міцності, пошкодження і ефективності зміцнення світлопрозорих елементів захисту літальних апаратів та рекомендацій по методам виробничого контролю і вдосконаленню технологій «прозорої броні».

Цей підхід забезпечив створення комплексу експериментально-розрахункових методів дослідження механічного стану і ефективності модифікації структурних елементів та прозорих броньованих блоків у цілому з урахуванням особливостей застосованих технологій зміцнення скла, руйнування та пошкодження їх багатошарових структур при багатократному ураженні зі стрілецької зброї. Контрольовані за цими методами параметри механічного стану блоків сприяють визначенню характеристик міцності структурних склоелементів на різних стадіях промислового виробництва, їх відповідності заданому рівню міцності за технічними вимогами на броньовані вироби певного призначення. При цьому кількісно визначаються балістична стійкість, неоднорідність руйнування скляних шарів і адгезивів по площі та

товщині елементів, ступінь раптового критичного зменшення несучої здатності і жорсткості скління після кожного удару залежно від швидкості, енергії, конструкцій ударників та місць влучень, а також вплив конкретних режимів модифікації скла з застосуванням комплексу технологій механічної, термічної, хімічної та іонно-обмінної обробки скла та якісних авіаційних плівок (ПВБ).

На рис. 1 показано характер неоднорідності локального пошкодження кулестійкого блоку товщиною 18мм при балістичних випробуваннях за класом СКЗ ДСТУ 4546:2006 кулями 5,45мм. Визначено структуру блоку, методи і режими модифікації скла, що забезпечують гарантоване збереження прозорості, ударної стійкості та мінімальну вагу системи бронювання літальних апаратів.

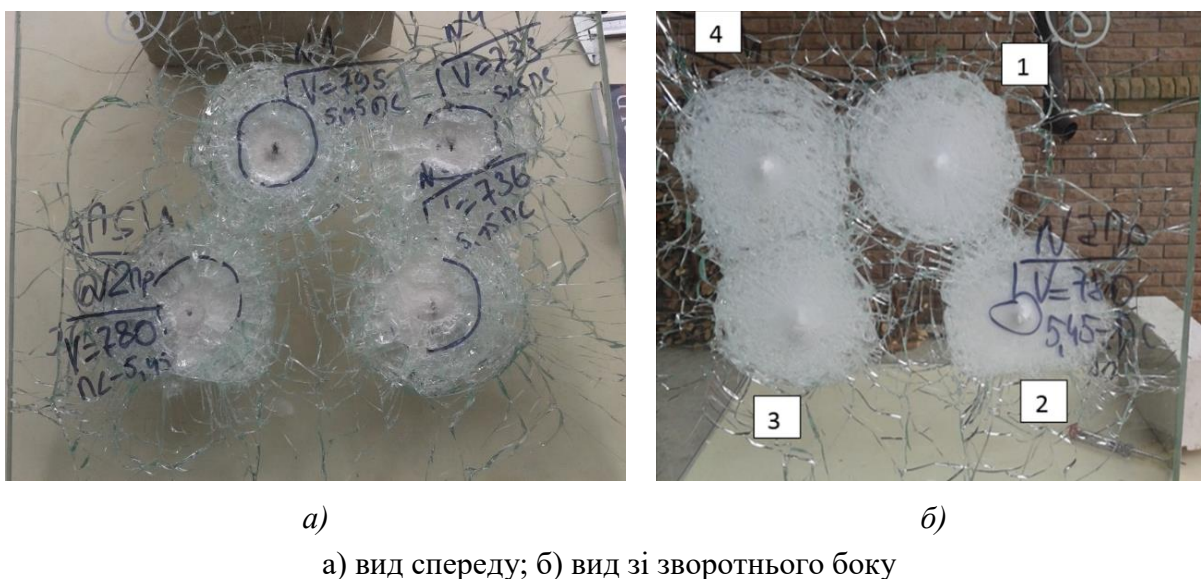


Рис.1. Неоднорідність пошкодження «прозорої броні» при ударних впливах

**Заклучення:** Розроблений комплекс методів контролю ударної стійкості та пошкодження структурних елементів «прозорої броні» сприяє вдосконаленню іноватійних технологій їх виробництва і може бути використаний на підприємствах авіаційної промисловості та машинобудування.

**Література:** 1. Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Бодунов В.Є. та ін. Методики експериментального визначення характеристик міцності і пошкоджуваності багатшарових склополімерних структур при повторному ударному навантаженні // Створення та модернізація озброєння військової техніки в сучасних умовах. Збірник тез доповідей 16 Науково-технічної конференції 8-9 вересня 2016р. / ДНВЦ ЗС України. – Чернігів. – 2016. – С. 206-207. 2. Mognato E., Schiavonato M., Barbieri A., Pittoni V., Process influences on mechanical strength of chemical strengthened glass // Glass Structure and Engineering, 2016, 1, PP 247-260. 3. Деградація жорсткості склополімерних структур захисного скла в умовах багатократного локального ударного навантаження / О. Б. Сорока, Ю. М. Родічев, О. А. Шабетя // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. - Краматорськ-Київ 2017. – Вип.40. – С. 234-241. 4. Structural Strength of Laminated Glass / Y. Rodichev, F. Veer, V. Strizhalo, E. Soroka, A. Shabetia // Proc. of Challenging glass 6.- Conference on Architectural and Structural Applications of Glass - 2018.-TU Delft, Netherlands, 2018. – P. 453-462.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КРАНУ ТИПУ КМЕЛ 125+45

**Суботін О.В., Скрипниченко В.С.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Ливарні крани призначені для металургійних підприємств і розраховані на важкий і досить важкий режим роботи, який включає високі, пов'язані з технологією виробництва, статичні, динамічні і ударні навантаження. Тому вдосконалення їх систем автоматичного керування є важливим етапом проектування, а дослідження та вдосконалення системи головного приводу підйому для підвищення енергоефективності є актуальною задачею.

Метою роботи є підвищення енергоефективності мостового крану типу КМЕЛ шляхом дослідження та розробки системи управління головним приводом. Дослідження полягає в розробці електроприводу з меншим динамічним навантаженням на головний привід, що дозволить збільшити термін експлуатації як механізму, так і крану в цілому, а розроблена система приводу дозволить знизити залежність характеру динамічних процесів від існуючих та змінюваних параметрів електромеханічної частини [1].

Для модернізації вибраний тиристорний перетворювач типу Sinamics S120, який являє собою гнучку модульну систему приводів для вимогливих завдань. Діагностичні датчики двигуна, редуктора, частотного приводу SMC30 утворюють замкнений канал, що дозволяє здійснювати оцінку ступеня зносу елементів головного приводу. Зворотній зв'язок по швидкості здійснюється за допомогою датчиків імпульсів типу HOG10DN 1024I, встановлених на швидкохідних валах редукторів. Живлення гальм головного підйому здійснюється від індивідуальних джерел живлення. Механізм головного підйому оснащений двома командо-апаратами, що забезпечують уповільнення і точну зупинку механізму. Також обрано програмований контролер SIMATIC S7/WinAC як систему керування та центральний процесор CPU 315-2 PN/DP, який для надійності системи дублюється. Для побудови системи вводу-виводу використовується станція ET 200S. Для виводу параметрів системи, а також для управління системами обрано панельний комп'ютер PPC-4151W-P5AE, який встановлюється на місці оператора разом з панеллю оператора SIMATIC KTP1000. Зв'язок компонентів забезпечується за допомогою точки доступу бездротового зв'язку FT WLAN 5100 за допомогою неї можливо віддалити центральний процесор та деякі компоненти на відстані від крану для підвищення надійності системи. Взаємодія елементів системи автоматизації з контролером здійснюється за допомогою промислової мережі PROFINET.

Таким чином, спроектована система здатна забезпечити підвищення енергоефективності мостового ливарного крану в цілому, а модернізація його системи керування електроприводом головного підйому є доцільною.

**Література:** 1. Дементьев Ю.Н., Однокопылов Г.И., Однокопылов И.Г. Асинхронный электропривод кранового механизма с микроконтроллерным управлением // Изв. Вузов. Электромеханика, №3, 2006, 49-53с.

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КРАНОМ КМЕЛ 450+100/20

**Суботін О.В., Степаньянць А.В.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Дослідження та вдосконалення системи синхронізації приводів переміщення мостових кранів для підвищення їх надійності є актуальною задачею. Розробка сучасного електроприводу механізму переміщення з меншим динамічним навантаженням за рахунок використання дводвигунної системи дозволить збільшити термін експлуатації як механізму, так і крану в цілому [1].

Метою роботи є підвищення енергоефективності мостового ливарного крану КМЕЛ 450+100/20 шляхом розробки комп'ютерної системи синхронізації електроприводів переміщення.

Для реалізації програмного керування рухом крана використовується комп'ютерне керування частотним перетворювачем. Таке керування дає змогу розганяти та гальмувати кран за певними законами з врахуванням усіх змінних: довжини переміщення крана, довжини гнучкого підвісу, маси транспортованого вантажу, номінальної швидкості крана, допустимого прискорення крана та часу перехідних процесів руху. Суть комп'ютерного керування полягає в наступному: з бортового комп'ютера на частотний перетворювач надходять дискретні значення вихідної частоти напруги живлення двигуна крана. Відповідно до цих сигналів частотний перетворювач змінює вихідну частоту і електродвигун крана змінює швидкість обертання вала, що, в результаті, розганяє або гальмує кран за певними законами руху. Протягом усталеного руху частотний перетворювач підтримує постійну частоту, яка відповідає номінальній швидкості руху. Технічна реалізація зв'язку частотного перетворювача та бортового комп'ютера крана здійснюється за допомогою промислових інтерфейсів зв'язку (RS485, Ethernet, USB тощо). Пакети даних для різних типів команд (запис параметра, установка вихідної частоти, команда "пуск" та "стоп") представляються у вигляді послідовностей символів у кодуванні ASCII.

Основним елементом системи є програмований контролер Simatic S7-315-2 PN/DP, який дублюється. Модуль IE-SW-VL08MT-8TX відправляє данні з центрального процесору за допомогою мережі Profinet до модуля CU-320-2PN, який встановлений у шафі частотного інвертору Sinamics S120. За допомогою інтерфейсу DRIVE-CLIQ відбувається керування частотою обертання двигунів, для заміру параметрів двигуна застосовується модуль SMC30, також використовуються датчики інформаційної системи крана.

Розроблена система синхронізації дозволить знизити навантаження електроприводу та залежність характеру динамічних процесів від існуючих та змінюваних параметрів електромеханічної частини.

**Література:** 1. Дементьев Ю.Н., Однокопылов Г.И., Однокопылов И.Г. Асинхронный электропривод кранового механизма с микроконтроллерным управлением // Изв. Вузов. Электромеханика, №3, 2006, 49-53с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КРУПНИХ ПОКОВОК НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НОВОГО СПОСОБУ ОСАДЖЕННЯ

Таган Л. В., Іванова Ю. О., Коваленко В. Е.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Конкурування на міжнародних ринках вимагає підвищення якості та зниження собівартості виробленої продукції. Крупногабаритні деталі у важкому машинобудуванні виготовляються куванням злитків. Метал злитка має низькі механічні властивості, які є наслідком дендритної структури і вадами усадочного походження. Усунути дендритну структуру і заварити внутрішні порожнечі злитка можна, якщо виготовляти поковки з високим уковом. Для цього в технологічному циклі кування використовується ковальське осадження заготовки. Вдосконалення операції осадження можна здійснити за рахунок зміни форми заготовки, що осаджуються. Це дозволить змінити деформований і напружений стан заготовки, що підвищить проробку литої структури і якість поковок в цілому.

Метою роботи є удосконалення технології кування поковок відповідального призначення на основі вдосконалення операції осадження чотирипроменевих злитків.

Моделювання процесу осадження профільованих на чотирипроменевий переріз заготовок проводилось методом скінчених елементів (МСЕ).

Моделі для скінчено-елементного моделювання мали такі розміри (рис. 1): зовнішній діаметр заготовки  $D = 1,5$  м, висота заготовки  $H = 3,75$  м, діаметр отвору дефекту приймався 10 % від зовнішнього діаметру заготовки (0,15 м), кут граней заготовки становив  $150^\circ$ . Глибина увігнутих граней ( $d/D$ ) досліджувалась у діапазоні 15 %, 20 % та 25 % від діаметру заготовки. Матеріал – сталь 70Х3ГНМФ, температура нагрівання заготовки  $1150^\circ\text{C}$ , температура інструменту –  $20^\circ\text{C}$ , коефіцієнт тертя 0,45, сітка містить 75 000 елементів, швидкість деформування 35 мм / с.

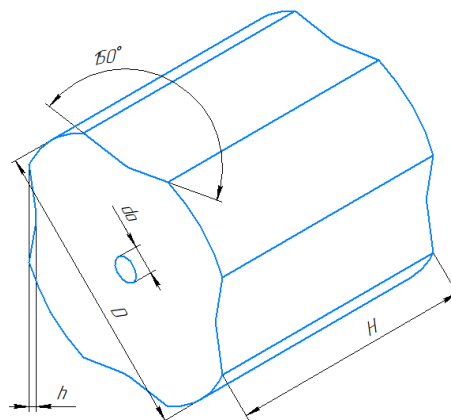


Рис. 1. 3D-модель профільованої заготовки на чотирипроменевий переріз

У дослідженні використовувалися грані з кутом  $150^\circ$  і відносна їх глибина  $d/D$  становила 25%; 20% та 15%. Ступінь заковування отвору після осадження профільованих чотирипроменевих заготовок на 50 % показано на рис. 2.

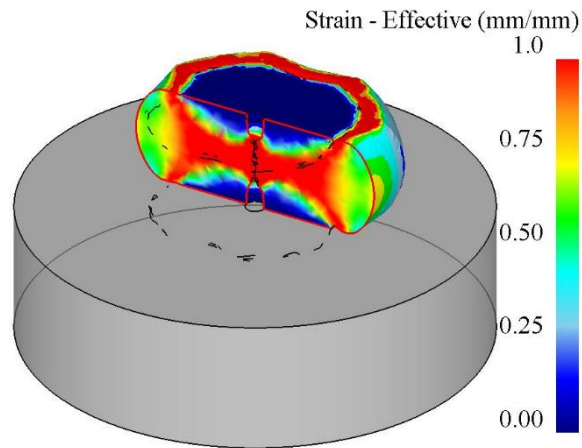


Рис. 2. Заковування отвору після осадження профільованих чотирипроменевих заготовок на 50 %: *a* –  $d/D=25\%$ ; *b* –  $d/D=20\%$ ; *в* –  $d/D=15\%$

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити, що відносна глибина граней більше за 15 % не призводить до збільшення ступеня заковування дефекту. Після осадження чотирипроменевих заготовок з  $d/D=15\%$  на 50 % відбувається заковування середнього відносного діаметру ( $d_1/d_0$ ) дефекту на 50 %. Профілювання заготовки на чотирипроменевий переріз опуклим деформуючим інструментом з кутом  $150^\circ$  і глибиною граней 20% від діаметру заготовки та подальше осадження сприяють заковуванню отвору дефекту. Однак після осадження на 65% відносний діаметр дефекту зменшується всього лише на 50%. Заковування отвору починає відбуватися при деформації 10 %. Максимальне заковування отвору відбувається після осадження на 65% для відносної глибини граней 15... 20 % від діаметра заготовки. Увігнуті грані величиною 15 % від діаметра заготовки призводять до виникнення у тілі заготовки стискаючих напружень після осадження на 55%, що підтверджується показником напруженого стану на рівні – 10...– 11.

**Висновки:** У дослідженні було розроблено методику досліджень операцій профілювання і осадження чотирипроменевих заготовок, яка дозволила встановити ступінь заварювання внутрішніх дефектів. Встановлено вплив кута граней чотирипроменевих заготовок  $150^\circ$  на розподіл деформацій, температур, напружень і заварювання внутрішніх пустот після осадження. Заковування отвору починає відбуватися при деформації 10%. Максимальна заковування отвору відбувається після осадження на 65% при відносній глибині граней 15...20% від діаметра заготовки. Увігнуті грані глибиною 15% від діаметра заготовки після осадження на 55% призводять до виникнення у тілі заготовки стискаючих напружень на рівні –10...–11.



# ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО ВИГЛАДЖУВАННЯ З МОДИФІКУВАННЯМ ПОВЕРХНІ

Тулупов В.І., Онищук С.Г.  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Одним з перспективних методів зміцнення поверхонь деталей машин, що працюють в умовах знакозмінних навантажень є фрикційне електроімпульсне модифікування (ФЕМ), сутність якого є в нанесенні покриття у вигляді твердої змазки з наступним вигладжуванням з одночасним використанням імпульсного струму [1]. Дискретна структура, що утворюється внаслідок фрикційного електроімпульсного модифікування залежить від умов здійснення процесу, а саме складу модифікатора та режимів здійснення процесу вигладжування [2].

Метою роботи є дослідження зносостійкості металевих зразків після фрикційного електроімпульсного вигладжування поверхні деталі з модифікуванням дисульфідом молібдену.

Для дослідження зносостійкості запропоновано використати метод штучних баз [3], що дозволяє визначити лінійне зношення поверхні деталей. Сутність методу штучних баз полягає в нанесенні на поверхню тертя поглиблень правильної форми по осі, розташованої по нормалі до поверхні тертя. Це поглиблення називається лункою, а його глибина – базою  $h$ . База  $h$  розраховується за функцією від вхідного параметру – геометричного розміру лунки  $d$  на поверхні тертя.

Визначення величини  $h_i$  виконується за формулою (1)

$$h_i = \frac{d_i}{2} \operatorname{ctg}\left(\frac{\varphi}{2}\right), \quad (1)$$

де  $\varphi$  – робочий кут інструмента (для свердла –  $\varphi = 118^\circ$ , тоді  $h_i = 0,3 d$ ).

Випробування на устаткуванні за методикою випробувань на машині тертя виконувалось за схемою «диск-колодка». Об'єкт дослідження – чотири лунки, що попередньо нарізувались на свердлильному верстаті по окружності на поверхні зразка. На підставі експериментальних досліджень впливу режимів електроімпульсного модифікування на зносостійкість поверхні зразків зі сталі 40ХН встановлено, що при шпаруватості 2 та частоті імпульсного струму 200 Гц зносостійкість поверхні найбільша.

**Література:** 1. Эдигаров В.Р. Влияние режимов поверхностного фрикционно-электрического модифицирования на структуру, механические и эксплуатационные свойства стали осей балансиров: автореф. дис. канд.техн.наук / В.Р. Эдигаров. – Тюмень, 2006. – 20 с. 2. Тулупов В.І., Онищук С.Г. Дослідження зносостійкості деталей після фрикційного електроімпульсного вигладжування з модифікуванням дисульфідом молібдену // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2019): матеріали тез доповідей ІХ міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 14-16 травня 2019 р.): у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]: відп. за вип. Єрошенко А.М. – Чернігів: ЧДТУ, 2019. – Т.1. – С.87. 3. Ефремов Л. В., Тикалов А. В., Бреки А. Д. Ускоренные испытания стальных образцов на износостойкость методом искусственных баз // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. – Т. 59. – № 8. – С. 671-676.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВНУТРІШНЬОФОРМОВОГО МОДИФІКУВАННЯ НА СТРУКТУРУ ЧАВУНА В ВИЛИВКАХ

<sup>1</sup>Фесенко А. М., <sup>2</sup>Фесенко М. А., <sup>1</sup>Корсун В. А., <sup>1</sup>Махмудов Р. Р.  
(<sup>1</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна, <sup>2</sup>ДНДІ МВС України, м. Київ, Україна)

Перспективним напрямком покращення структури та підвищення експлуатаційних властивостей (характеристик) чавунних виливків є модифікувальна обробка розплаву. Серед запропонованих методів такої обробки при виготовленні невеликих чавунних виливків одним з найбільш ефективних, економічних і екологічних є внутрішньоформове модифікування базового розплаву зернистими добавками, розміщеними в протоковій реакційній камері ливникової системи (так званий INMOLD-процес).

Не зважаючи на значні переваги цього методу модифікування розплаву перед іншими, INMOLD-технологія є достатньо чутливою до багатьох факторів процесу лиття і модифікувальної обробки, що потребує ретельного відпрацювання параметрів технології для кожного виливка і для конкретних умов його виготовлення. Серед факторів, які в значній мірі впливають на структуру і властивості модифікованого сплаву поряд з іншими є зернистість модифікувальної добавки, тип і конструкція протокової реакційної камери ливникової системи, а також характер підведення і відведення розплаву в реакційну камеру. Саме дослідженню впливу вказаних факторів і присвячена представлена робота.

З використанням спеціалізованого пакета прикладних програм LVM Flow проведено комп'ютерне моделювання гідродинамічних і теплофізичних процесів формування модельних виливків, на основі результатів якого встановлені основні закономірності руху розплаву, захвату потоком і наступного розподілу в об'ємі виливка твердих часток різної зернистості і щільності при внутрішньоформовому модифікуванні в реакційних камерах різного конструктивного виконання. Отримані результати й їх обробка дали змогу розробити технологічні рекомендації щодо оптимальних конструкцій реакційних камер для максимального засвоєння модифікувальних добавок певної зернистості.

Експериментальними дослідженнями на виливках типу «Клин» з розмірами 100×100 мм і товщиною біля основи 20 мм встановлені залежності мікроструктури чавуну від типу реакційної камери при внутрішньоформовому модифікуванні базових розплавів чавунів різного хімічного складу (схильного до кристалізації з виділенням часток вільного графіту або схильного до кристалізації з вибіленням) сфероїдизувальним модифікатором ФСМг9. Установлені значення коефіцієнтів засвоєння основних елементів Mg і Si металом виливків із вказаного модифікатора при розміщенні його в реакційних камерах різної конструкції. Це дозволило розробити практичні рекомендації щодо оптимальних конструкцій протокових реакційних камер ливникової системи і витрати модифікувальної добавки для забезпечення мінімально допустимої концентрації залишкового Mg в металі виливків, який гарантує отримання в структурі графіту правильної кулястої або вермікулярної форми.

## ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ВИРОБНИЦТВА ЛИТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ

<sup>1</sup>Фесенко М.А., <sup>2</sup>Фесенко А.М., <sup>1</sup>Смерницький Д.В., <sup>1</sup>Гуляєв А.В.  
(<sup>1</sup>ДНДІ МВС України, м. Київ, Україна, <sup>2</sup>ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Важливою проблемою сучасної промисловості України є збільшення міжремонтного терміну експлуатації механізмів, машин і спеціальної техніки, які призначені для подрібнення, змішування, добування, транспортування, інших господарських робіт, а також виконання службових завдань, направлених на охорону та захист населення.

Однією з основних причин виходу з ладу такої техніки є абразивне зношування окремих її деталей.

У більшості випадків інтенсивному зношуванню піддається не вся деталь, а тільки її локальна частина (поверхня), яка безпосередньо контактує з абразивом. До властивостей цієї частини (поверхні) деталі висувають вимоги високої твердості та зносостійкості. У той же час до іншої частини деталі (опорної або монтажної) висувають протилежні вимоги підвищеної в'язкості та пластичності. Тобто за конструктивними особливостями такі деталі можна віднести до композиційних із різними вимогами до властивостей їх локальних частин (поверхонь) або окремих елементів.

У промисловості виготовлення композиційних деталей здійснюється різними методами, наприклад: прокатуванням, пресуванням, термічним обробленням, зварюванням та литтям. Можливості виготовлення композиційних деталей розширюються та спрощуються із застосуванням ливарних технологій.

У зв'язку з цим у роботі запропоновано принципово новий метод лиття композиційних деталей із різними вимогами до структури та властивостей їх локальних частин (поверхонь). Сутність методу полягає в тому, що розплав заданого хімічного складу виплавляється в одному плавильному агрегаті та заливається до ливарної форми, в каналах ливникової системи якої він розділяється на два потоки та проходить внутрішньформове оброблення в реакційних камерах різними за функціональним призначенням реагентами (добавками).

За оптимальним сполученням температури, швидкості заливання розплаву й інших технологічних умов лиття, принципово можливо отримати литу деталь, яка формується із зносостійкої та в'язкої (пластичної) частин одночасно.

Результатами багаточисельних досліджень підтверджена можливість реалізації запропонованого методу, розроблені рекомендації та відповідні інструкції, які дозволяють впровадити його на підприємствах.

Запропонований метод, захищений патентами України, дозволяє скоротити витрату дефіцитних і дорогих легувальних елементів, спростити процес виготовлення композиційних литих деталей та знизити їх собівартість.

## ЩОДО ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Фоміченко І.П., Дикань А.І.**  
(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Найважливіша проблема будь-якого промислового підприємства, це забезпечення безупинного стратегічного розвитку. Гарантією гармонійного та цілеспрямованого розвитку підприємства є множина впорядкованих ідей та розробок, які цілковито зможуть визначити орієнтири діяльності підприємства та його потенційні можливості розвитку. Відсутність або неналежна обґрунтованість таких ідей спричиняють втрати підприємства щодо здатності швидкого і стабільного розвитку. Саме тому суттєвої уваги потребує удосконалення механізму формування та впровадження стратегії розвитку на промисловому підприємстві.

Метою роботи є удосконалення методичного підходу до вибору стратегії розвитку на підставі комплексного оцінювання рівня розвитку промислового підприємства.

Основними атрибутами стратегії є її результативність, адекватність, надійність, здатність створити і підтримувати конкурентні переваги підприємства на ринку. На все це слід зважати на концептуальному та організаційному рівні дослідження.

Стратегію розвитку підприємства потрібно формувати у певній послідовності. Етапи впровадження стратегії розвитку на підприємстві розглянуто, зокрема, у таких працях [1, 2]

Загалом у формуванні стратегії розвитку підприємства можна виділити два основні етапи: етап розроблення (базовий); апробаційний етап.

Досліджено розбіжності у підходах науковців щодо кількості етапів формування стратегії розвитку, їх змістовного наповнення, послідовності здійснення. Стратегію розвитку підприємства розпочинають формувати зі встановлення місії або з аналізування стану підприємства. Проміжні етапи передбачають: уточнення цілей стратегії, аналіз середовища діяльності підприємства, розроблення декількох варіантів стратегії, деталізацію стратегічних завдань, розрахунок фінансово-економічних показників тощо. Завершальним етапом стратегії розвитку є вибір стратегії, її впровадження, контроль за реалізацією стратегії, оцінювання результатів стратегії розвитку. Уточнено кількість та змістове наповнення етапів формування стратегії розвитку. Запропоновано розглядати два етапи формування стратегії – етап розроблення та апробаційний.

**Література:** 1. Власенко В.А. Розробка та реалізація стратегії розвитку підприємства в умовах трансформації ринкових відносин: принципові підходи та інструменти / В.А. Власенко // Економіка. Менеджмент. Підприємництво. 2014. № 26 (1). С. 32–41.

2. Суслов О.П. Моделювання стратегії розвитку підприємства/ О.П. Суслов // Моделювання та інформаційні системи в економіці. 2012. Вип. 87. С. 265–275.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

**Цыганаш В.Е.**

(ДГМА, м. Краматорск, Украина)

Исследовано поведение мощного энергопотребителя как целостного образа с использованием методов декомпозиции и агрегирования его отдельных подсистем с целью изучения и анализа их составных частей. Поэтому в процессе разработки системы управления энергопотребителя приоритет отдан не отдельному математическому методу, а непосредственно решаемой задаче. При этом задача представлялась в форме общей задачи принятия решения с дальнейшей ее трансформацией в задачу выбора предпочтительной альтернативы, а затем, с последующим переходом к оптимизационной задаче, сформулированной в точных математических терминах.

Подчеркнем, что реализация такой методики системного подхода применительно к выбранным объектам связана не только со сложностью ее решения во временной области, но и с отсутствием теоретических разработок, позволяющих это сделать.

Для решения задачи привлекались вариационные методы, метод динамического программирования, принцип максимума Понтрягина, спектральный, кластерный и вейвлетный анализ. Из вариационных методов ключевая роль отводилась принципу взаимности (ПВ) и принципу наименьшего действия (ПНД).

Впервые формализовано для фазочастотной и временной области на основе ПВ критерий оптимального управления мощным энергопотребителем. Достоинствами разработанного критерия  $K_n(t)$  являются [1]:

- возможность представления сигналов как в фазочастотной, так и во временной области;
- реализация перемещения изображающей точки, характеризующей течение процесса энергопотребления непосредственно по границе возможного, т.е. по экстремали;
- определение через переменные доступные для точного измерения;
- благодаря тому, что максимум функционала обеспечивается при максимуме подинтегральной функции, он может характеризовать мгновенную мощность и поэтому хорошо подходит для решения задач динамики;
- $K_n(t)$  позволяет отказаться от параметрической оптимизации и реализовать решение задачи непосредственно через функционал;
- обеспечивает инвариантность к системе координат, в которой рассматривается моделируемая система;
- предоставляет значения  $K_n(t)$  в нормированной форме и сочетает достоинства аддитивного и мультипликативного представления критерия;

- позволяет применять мощный арсенал поисковых методов определения равновесных состояний;

- входит в единую группу функционалов, допускающих их унификацию как по структуре, так и по параметрам;

- при технической реализации позволяет произвести сочетание двух регуляторов в системе: оптимального и обычного, синтезированного исходя из заданных показателей качества системы регулирования.

**Литература:** 1. Цыганаш В.Е. Системный анализ энергетических преобразований в технологической системе/ Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук.пр. – Краматорськ: ДДМА.2000. – с.49-53.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

**Цыганаш В.Е.**

*(ДГМА, г. Краматорск, Украина)*

Энергетический режим при выплавке стали, например, в дуговой сталеплавильной печи, в период расплавления характеризуется крайней неустойчивостью, поэтому очень важным в этих условиях для достижения наименьшей продолжительности плавления наименьшей продолжительности плавки или наибольшей производительности печи, при соблюдении заданного качества выплавляемой стали, является обеспечение режима максимального быстрогодействия процесса.

Для решения этой задачи в настоящее время имеются в наличии трудноформализуемые методы оптимального управления, требующие представления информации во временной области, больших объемов вычислительной работы, учета трудноизмеряемых переменных. Такое положение еще более усугубляется отсутствием теоретических основ для методов оптимального управления, позволяющих вести обработку информации в режиме реального времени, допускающих полный охват уравнений в единой системе при точном определении наложенных условий и представляющих возможность проведения упрощенного синтеза и декомпозиции исследуемых объектов.

Добиться положительных результатов при решении этой задачи можно используя частотный метод оптимального управления. Он основан на применении в качестве критерия оптимального управления коэффициента использования мощности источника питания  $K_n(t)$ , характеризующего отклонение от оптимального режима значения мощности, потребляемой от источника питания [1]

$$K_n(t) = \frac{P_n(t) - P_{nom}(I) - \Delta P_p(t)}{P_n(t)} = \\ = \frac{P_n(t) - P_{nom}(I) - (I\Delta U + U\Delta I)}{P_n(t)},$$

где  $P_n(t) = UI$  заданное значение мощности источника питания,

$\Delta P_p(t)$  - недоиспользованная мощность источника питания, возникающая в результате отклонения от оптимального режима по току на  $\Delta I$  и по напряжению на  $\Delta U$ ;

$P_{пот}(I)$  – мощность потерь, зависящая от тока  $I$  силовой цепи;  $U$  – напряжение на нагрузке;  $t$  – время.

Полученные результаты использованы при внедрении частотного метода оптимального управления на дуговых печах ДСП-12, ДСП-100.

**Литература:** 1. Цыганаш В.Е. Особенности реализации частотного метода оптимального управления/ *Металлургическая и горнорудная промышленность.*- 2015-№3.- с.117-120

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ**

**Цыганаш В.Е.**

*(ДГМА, м. Краматорск, Украина)*

Начало промышленным испытаниям и внедрению разработок было положено в условиях завода «Сибэлектросталь» на индукционной плавильной печи ИСТ-1М – энергопотребителе с последовательной структурой процессов энергопреобразования. В результате разработок длительность плавки на ИСТ-1М удалось сократить с двух часов пятидесяти минут до двух часов.

Дальнейшие разработки и внедрение нового метода оптимального управления были реализованы на дуговой сталеплавильной печи ДСП-12 (НКМЗ).

В результате внедрения метода удалось полностью устранить перерасход электроэнергии печью при плавлении металлолома. При этом в несколько раз сократилось и количество поломок электродов.

Такая система управления имеет значительные преимущества перед традиционными системами, заключающиеся в следующем:

1. Пультщик может принимать более обоснованные и своевременные решения по ходу плавки, так как в информационном потоке, поступающем на пульт управления в период расплавления шихты, значительно ослабляется влияние помех. Особенно заметно это проявляется, если в качестве шихты используется металлолом.

2. Реализованная система предоставляет возможность выбора и поддержания оптимального положения рабочей точки в таком сложном трехфазном агрегате без нулевого провода, каким является ДСП,

3. Эффективность от внедрения модернизированной системы управления проявилась в том, что после внедрения системы удалось сократить расход электроэнергии на 10...15 тыс. кВт–час в месяц.

Эффективность от внедрения новой системы управления появилась при внедрении ее на дуговой сталеплавильной печи ДСП-100 (Энергомашспецсталь). Плавки протекали быстрее и сопровождалась меньшим расходом электроэнергии на 7-10 кВт–час/т.

## ФОРМОЗМІНА ПОРОЖНИСТОЇ ДЕТАЛІ З ФЛАНЦЕМ В ПРОЦЕСІ ДВОСТОРОННЬОГО ЗВОРОТНО-РАДІАЛЬНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ

Чучин О. В., Моїсєєва А. М, Чепеленко О. Ю.

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

Дослідження можливого отримання порожнистої деталі складної форми з двома порожнинами та фланцем на боковій поверхні в процесі двостороннього зворотно-радіального видавлювання. Для реалізації цього процесу потрібно використовувати два пуансони, які рухаються назустріч один одному, та дві роз'ємні півматриці з горизонтальною площиною роз'єму. Моделювання процесу було виконано в програмі QForm 3D з такими значеннями параметрів:  $R_0$  – радіус заготовки ( $R_0=16$  мм),  $h$  – висота порожнини для фланця ( $h=4$  мм),  $r$  – радіус заокруглення кромки півматриць та пуансонів ( $r=1$  мм). В процесі деформації метал тече відразу у трьох напрямках в зворотному напрямку по відношенню до двох зворотних пуансонів (формуванням двох порожнин), та в поперечному напрямку (формуванням зовнішнього фланцю).

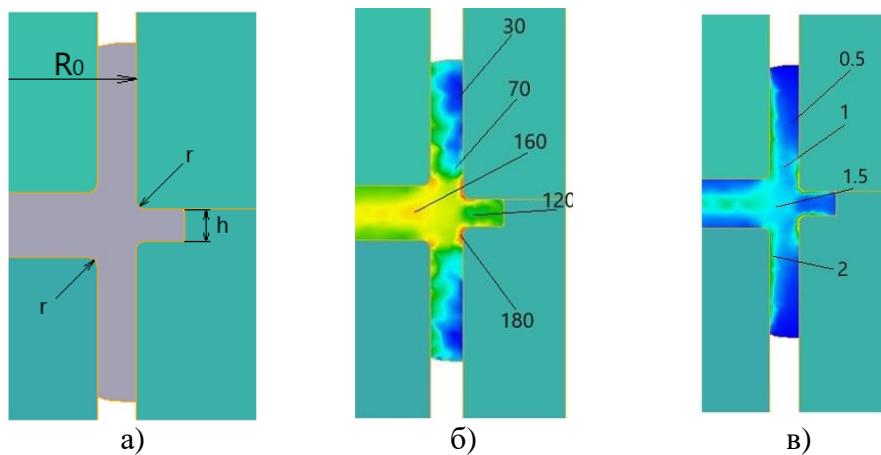


Рис. 1. Схема процесу двостороннього зворотно-радіального видавлювання порожнистої деталі з перемичкою і фланцем в середній частині (а) з розподілом по вертикальному перетину напруження (б), та інтенсивності деформацій (в).

**ВИСНОВОК:** Найбільші значення напруження в перетині спостерігається у кромки півматриць та пуансонів (180 МПа), а найменші значення – поблизу зовнішньої поверхні отриманих двох порожнин деталі і найбільші значення інтенсивності деформації спостерігається поблизу внутрішньої поверхні порожнин деталі, а найменші поблизу зовнішньої поверхні порожнин та в середині перетину.



## ЩОДО ОСОБЛИВОСТЕЙ В2В ТА ПРОМИСЛОВОГО МАРКЕТИНГУ

**Шашко В.О.**

(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)

В останні два десятиліття, як в практиці бізнесу, так і в теорії маркетингу відзначена чітка тенденція посилення ролі промислового маркетингу. Така тенденція простежується і в розвинених західних країнах, і в Україні.

Метою роботи є актуалізація питання важливості розвитку промислового маркетингу.

У літературі терміни «промисловий маркетинг» і «В2Вмаркетинг» використовуються паралельно і часто сплутані. Промисловий маркетинг в старому поданні асоціювався з обмеженою кількістю галузей - з галузями «димних труб» (целюлозно-паперова, хімічна, сталеливарна і подібні промисловості) [1]. «Бізнес для бізнесу» («В2В») (англ. «Business-to-business») - термін, що визначає вид інформаційної та економічної взаємодії, класифікованої за типом взаємодіючих суб'єктів. Також зараз у всіх на слуху термін В2С. В2С (Business-to-consumer,) - термін, що позначає комерційні взаємини між організацією (Business) і приватними особами, так званими «кінцевими» споживачами (consumer) [2].

Аудиторії ринків В2В і В2С - дві різні «держави», з неоднаковими законами, різними мотиваціями, між В2В і В2С лежить «подвійна суцільна» [3]. Технологія побудови портрета аудиторії у В2В і В2С абсолютно різна, абсолютно несхожі відповіді на питання «Навіщо?» і «Чому?» (табл. 1). А «навіщо» (роль) і «чому» (мотив) - дві головні базові характеристики, на які гравці ринку повинні спиратися у своїй роботі.

Таблиця 1 – Відмінності маркетингу В2В і В2С

|                          | В2С                               | В2В                                 |
|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Продукт                  | Кінцевий                          | Проміжний                           |
| Ціна                     | Спеціальна пропозиція, корисність | Економічна вигода                   |
| Стимул розвитку продукту | Мода                              | Технологія                          |
| Мотивація/рішення        | Індивідуальні                     | Колективні                          |
| Рішення                  | Емоції                            | Логіка                              |
| Тон розвитку задає       | Мистецтво                         | Наука                               |
| Збут                     | Масовий                           | Точечний                            |
| Просування               | Реклама                           | Особисті продажі + public relations |

Маркетинг в промисловій компанії на сучасному етапі переходить в категорію стратегічну і є, по суті, стратегічним промисловим маркетингом.

**Література:** 1. Куц С.П. Отношенческие аспекты современной теории промышленного маркетинга. Вестник Поморского университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2006. № 2. С. 71-78. 2. D.Chaffey, «E-Business and E-Commerce Management», 2007. 3. Имшинецкая Ия. Между В2В и В2С - сплошная двойная. БИТ. Бизнес & Информационные технологии. 2019. № 4 (87). С. 54-55.

## МОДЕЛЮВАННЯ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ РОЗТОЧУВАННІ КРУПНОГАБАРИТНИХ ОТВОРІВ В ЖАРОМІЦНОМУ СПЛАВІ INCONEL 718

**Шихалєєв М.М., Медведєв В.В.**

*(НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна)*

Розточування отворів в корпусних деталях супроводжується механічними самовиникаючими вібраціями (автоколиваннями) [5]. Такі вібрації знижують якість і продуктивність розточувальних операцій на верстатах з ЧПУ, знижують ресурс роботи інструменту. Для визначення вібраційних процесів, що відбуваються в технічній обробляючій системі, запропоновано використати комп'ютерне моделювання.

При механічному обробленні різанням деталей з жароміцних сплавів нікелю Inconel 718 самовиникаючі автоколивання залишають сліди на поверхні готової деталі, що впливає на її експлуатаційні характеристики.

Метою роботи є комп'ютерне моделювання процесу розточування глибокого отвору в корпусній деталі зі значним діаметром і співвідношенням діаметра  $D$  заготовки до довжини заготовки  $l$   $D/l=2..5$  для дослідження сил різання і температурних характеристик процесу взаємодії заготовки і інструмента при обробленні жароміцного конструкційного матеріалу Inconel 718. Матеріал інструмента – інструментальна сталь.

Самовиникаючі регенеративні вібрації при обробленні виникають через взаємодію інструмента і заготовки. Фазовий зсув між поточним і попереднім прорізом різальної пластини спричинює вібрації інструмента з частотою самовиникаючих коливань  $\omega_s$ , що є близькими до переважаючих природніх структурних коливань системи [5].

Заготовку можна вважати жорстко закріпленою в затискному пристрої, а вібрації інструменту є визначальними для генерації похибок на обробленій поверхні. Для моделювання сил різання використано вирішувач LS-Dyna [2].

Модель матеріалу заготовки Johnson-Cook, а матеріалу інструмента – Rigid.

На рис.1 представлено геометрію моделі для розточування. Швидкість обертання заготовки – 300 рад/с, а припуск на сторону змінний.

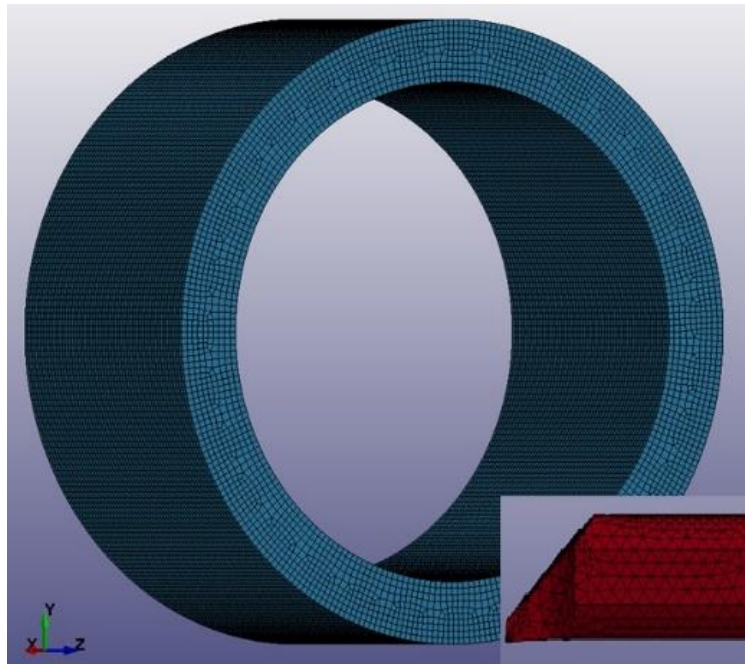


Рис.1. Геометрія комп'ютерної моделі

Графіки сил різання при розточуванні наведені на рис.2-3

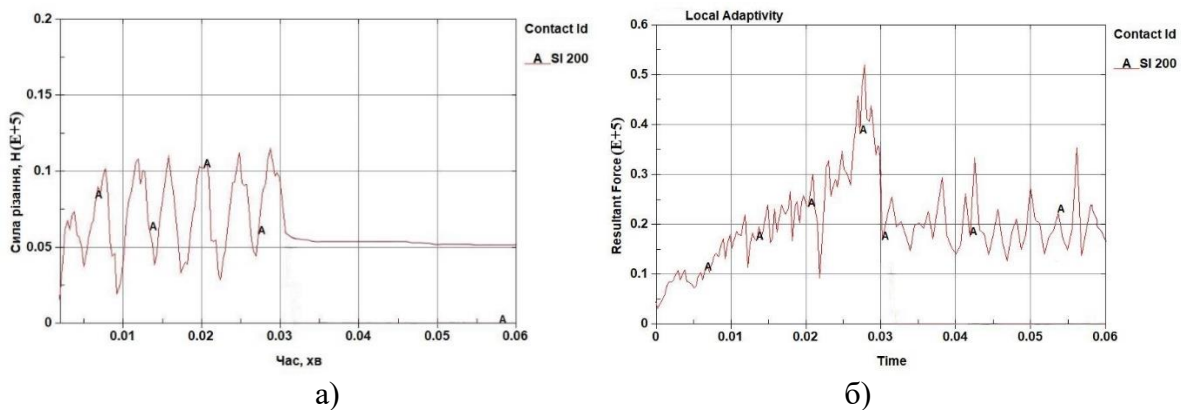


Рис.2. Сили різання при розточуванні. а) припуск 1 мм, б) припуск 3 мм.

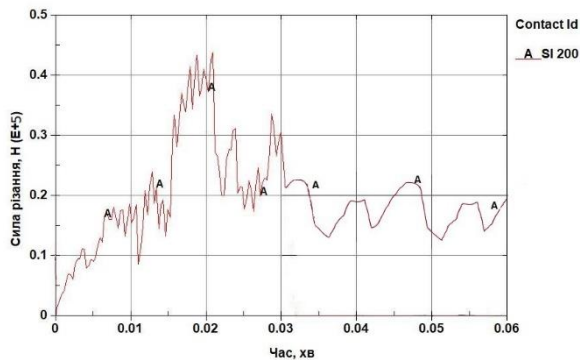


Рис.3. Сили різання при розточуванні 5 мм на сторону.

Графіки сил різання при розточуванні наведені на рис.2-3. Так, сила різання має виражені гармонічні коливання на низьких частотах. Так, найвище значення сили різання при глибині різання 1 мм складає приблизно 12 кН, і

досягається на початку різання, при врзанні. Далі, при стабілізації різання, сила різання плавно спадає, і набуває сталого значення. А для більших глибин різання пік коливань досягається при врзанні інструменту, а далі відбуваються зменшені гармонічні коливання сил різання. Високочастотні коливання, які були незначними у розрізі кожної складової сил різання, за рахунок підсумовування та коливань державки відіграють вирішальну роль у коливаннях моменту. Амплітуда коливань сил різання та моменту різання при моделюванні залежить від глибини різання. А амплітуди коливань та їх форма значно різняться.

**Висновок:** Комп'ютерне моделювання дає можливість оцінки сил різання при механічному обробленні. В результаті математичного моделювання було отримано графіки сил різання при розточуванні заготовки, виготовленої з жароміцного сплаву Inconel 718. Як видно з графіка, при недостатній жорсткості технологічної обробляючої системи по трьом осям, при збільшені глибини різання можуть виникати самовиникаючі вібрації, що є небажаними для оброблення. Рекомендується через режими різання проводити плавне наростання сил різання. Амплітуда коливань сил різання залежить від глибини різання. Також, на величину сил різання, а отже і генерацію регенеративних коливань [5] при розточуванні не жорсткими борштангами мають вплив такі параметри режиму різання, як оберти шпинделя, довжина виставу борштанги, матеріал заготовки тощо. Також рекомендується збільшувати жорсткість обробляючої системи та підбирати режими різання (подачу, оберти заготовки) для усунення регенеративних коливань.

#### **Література:**

1. Шлык С. В. Моделирование процесса снятия фаски резкой в штампах / С. В. Шлык, В. Л. Хорольский, М. И. Наумова. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №7. – С. 42–47.
2. Li H. Simulation of rock fragmentation induced by a tunnel boring machine disk cutter / H. Li, E. Du. // Advances in Mechanical Engineering. – 2016. – №8. – С. 1–11.
3. Numerical Simulation of Rock Cutting with a Diamond Sawblade Based on LS-DYNA / [Z. Wang, Q. Zeng, Z. Lu та ін.]. // Mathematical Problems in Engineering. – 2019. – С. 1–15.
4. Atabey F. Mechanics of boring processes—Part I / F. Atabey, I. Lazoglu, Y. Altintas. // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2003. – №43. – С. 463–476. 10.1016/S0890-6955(02)00276-6.
5. Кореньков В.М., Чорний І.І. Сікайло М. Визначення динамічних характеристик технологічної обробної системи / Матеріали XVI Міжнародна научна практична конференція нашої історії дослідження і розвитку – 2020 (15 - 22 януари 2020, г. Софія). - «Бял ГРАД-БГ ОДД». С.19-22 <http://www.rusnauka.com/books/2020-01-13-A4-tom-10.pdf>

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИХОДУ НА НОВІ ЦІЛЬОВІ РИНКИ**

**Шубна О.В.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Матеріально-технічним базисом забезпечення економічної безпеки країни є стабільне функціонування машинобудівного комплексу. Слабка диверсифікація ринків збуту українських машинобудівних підприємств в сучасних умовах може спровокувати загрози для економіки України. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання виходу машинобудівних підприємств України на нові цільові ринки.

Метою роботи є аналіз стану експорту продукції машинобудівної галузі України, оцінка перспектив його розвитку і виходу на нові цільові ринки.

Машинобудування основну частину виробленої продукції експортує, і експортна орієнтація вітчизняного машинобудування постійно зростає. Через домінування експорту машинобудівна галузь критично залежить від зовнішньої кон'юнктури. Найбільша сума експорту продукції машинобудування припадає на країни Євразійського економічного союзу – Російську Федерацію, Казахстан, Білорусь, а також країни Європейського Союзу – Німеччину, Угорщину, Польщу.

В даний час спостерігається значне погіршення показників ефективності функціонування вітчизняних машинобудівних підприємств. Перш за все, це пов'язано з високим ступенем залежності машинобудівного сектора України від російського ринку збуту з точки зору відсотка випущеної продукції, що експортується в Росію. Обмеження доступу українських експортерів на ринки Росії негативно впливає на більшу частину українського сектора машинобудування. У такій ситуації на перший план виходить необхідність перенаправлення і диверсифікації експорту машинобудівної продукції, що вимагає розробки та впровадження стратегії модернізації, спрямованої на підвищення якості виробничих процесів в машинобудівній галузі, а також її інфраструктурних та інституційних компонентів.

### **Література:**

1. Особливості адаптації вітчизняного законодавства до умов та вимог функціонування європейських суб'єктів господарювання (інноваційно-правові колізії розвитку економіки): колективна монографія / Б.М. Андрушків та ін. Тернопіль, 2015. 344 с.
2. Сектор машинобудування в Україні: стратегічні альтернативи і короткострокові заходи з огляду на припинення торгівлі з Росією. Серія консультативних робіт / Д. Шаха, Р. Джуччі, Д. Науменко, А. Ковальчук. Київ, 2014. 21 с.

## АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

**Щербакова А.Ю.**

*(ДДМА, м. Краматорськ, Україна)*

Застосування нових технологій - головний тренд останніх років у будь-якій сфері цифрового виробництва. Кожне підприємство в Україні та світі прагне створювати більш дешеву, надійну та якісну продукцію, використовує найсучасніші вдосконалені методи та матеріали.

Використання адитивних технологій - один із яскравих прикладів того, як нові розробки та обладнання можуть істотно покращити традиційне виробництво, перетворення їх у цифрові. Такий процес створення об'єкта також називають «виращуванням» через поступовість виготовлення.

Перші адитивні системи виробництва працювали, головним чином, з полімерними матеріалами. Сьогодні 3D-принтери, які уособлюють адитивне виробництво, здатні працювати не тільки з ними, але і з інженерними пластиками, композитними порошками, різними типами металів, керамікою, піском. Адитивні технології активно використовуються в машинобудуванні, промисловості, науці, освіті, проектуванні, медицині, ливарному виробництві та багатьох інших сферах. Наочні приклади того, як адитивні технології застосовуються в промисловості - досвід BMW і General Electric.

Переваги адитивних технологій

- Покращені властивості готової продукції. Завдяки пошаровій побудові, вироби володіють унікальним набором властивостей. Наприклад, деталі, створені на металевому 3D-принтері за своїми механічною поведінкою, щільністю, залишковій напрузі та іншим властивостям перевершують аналоги, отримані за допомогою лиття або механічної обробки.

- Велика економія сировини. Адитивні технології використовують практично ту кількість матеріалу, яке потрібно для виробництва вашого виробу. Тоді як при традиційних способах виготовлення втрати сировини можуть становити до 80-85%.

- Можливість виготовлення виробів зі складною геометрією. Устаткування для адитивних технологій дозволяє виробляти предмети, які неможливо отримати іншим способом. Наприклад, деталь всередині деталі. Або дуже складні системи охолодження на основі сітчастих конструкцій (цього не отримати ні литтям, ні штампуванням).

- Мобільність виробництва і прискорення обміну даними. Більше ніяких креслень, вимірів і громіздких зразків. В основі адитивних технологій лежить комп'ютерна 3D модель майбутнього виробу, яку можна передати в лічені хвилини на інший кінець світу - і відразу почати виробництво.

**Література:** 1. [https://journal.yuzhnoye.com/files/issue/2019\\_1/PDF/26.pdf](https://journal.yuzhnoye.com/files/issue/2019_1/PDF/26.pdf)  
2. [https://3d.globatek.ru/world3d/additive\\_tech/](https://3d.globatek.ru/world3d/additive_tech/)

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОВЕРХНІ ЗУБЧАТОЇ РЕЙКИ ПРИ ОПИСІ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ І СТАНУ БАЗОВИХ ПОВЕРХОНЬ

<sup>1</sup>Юрчишин О.Я., <sup>1</sup>Семінська Н.В., <sup>1</sup>Охрименко О.А.,

<sup>2</sup>Пермяков О.А., <sup>2</sup>Клочко О.О.

(<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, <sup>2</sup>НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна)

Задача побудови математичної моделі поверхні зубчатої рейки виникає при описі процесів формоутворення деталей за даними контролю на вимірювальній машині, при описі поверхневого шару і стану базових поверхонь. Не дивлячись на значні успіхи при розв'язанні цієї задачі, на практиці побудова якісних поверхонь зубчатих рейок, які повинні задовольняти ряду технологічних обмежень, ще далека від оптимальної [1]. Одним з найскладніших факторів при побудові таких математичних моделей є відповідність технологічним обмеженням диференціального типу (неперервність похідних заданих порядків). Тому актуальною є задача побудови і дослідження математичних моделей поверхонь у неявній формі, які точно задовольняють заданим технологічним обмеженням.

Для опису поверхні тіла використовуються:

- явна форма задання поверхні у вигляді

$$z = f(x, y), (x, y) \in D_{xy} \text{ або } y = f(x, z), (x, z) \in D_{xz} \text{ або } x = f(y, z), (y, z) \in D_{yz};$$

де  $z$  - комплексний параметр в умовах тертя і зношування;  $y$  - комплексний параметр в умовах циклічного навантаження;  $x$  - комплексний параметр при підвищеній шорсткості зубів рейок;  $D_{yz}$ ,  $D_{xy}$ ,  $D_{xz}$  - межа міцності при розтягуванні, стисненні, вигині;

- неявна форма задання поверхні у вигляді  $F(x, y, z) = 0, (x, y, z) \in D_{xyz}$ ;

- задання поверхні у вигляді точкового каркасу  $M_k(x_k, t_k, z_k), k = \overline{1, N}$ ;

де  $x_k$  - середнє арифметичне відхилення профілю;  $t_k$  - середній крок нерівностей по вершинах локальних виступів;  $z_k$  - висота нерівностей профілю по десяти точках;  $k$  - коефіцієнт формування поверхневого шару при рейкофрезеруванні;  $I$  - інтенсивність зносу зубчатих рейок;  $N$  - поверхнева мікротвердість.

- параметричне задання поверхні у вигляді

$$x = x(u, v), \quad y = y(u, v), \quad z = z(u, v), \quad (u, v) \in D_{uv}$$

де  $u$  - швидкість різання;  $v$  - хвилинна подача.

Найчастіше для розв'язання цієї задачі використовуються

- циліндрична система координат

$$x = x(r, \varphi) = r \cos \varphi, \quad y = y(r, \varphi) = r \sin \varphi, \quad z = z \quad 0 \leq r < \infty, 0 \leq \varphi < 2\pi, -\infty < z < \infty$$

в даних залежностях прийнято, що на поверхні тіла  $r = r(\varphi)$ ;

- сферична система координат

$$x = x(r, \varphi, \theta) = r \cos \theta \cos \varphi, \quad y = y(r, \varphi, \theta) = r \cos \theta \sin \varphi, \quad z = z(r, \varphi, \theta) = r \sin \theta$$

$$0 \leq r < \infty, 0 \leq \varphi < 2\pi, -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

де  $r$  – радіус скруглення різальної крайки фрези;  $\varphi$  – кут профілю зуба фрези в нормальному перерізі;  $\theta$  – найбільший кут контакту зуба фрези при зубофрезеруванні.

В даних залежностях приймається, що на поверхні тіла  $r = r(\varphi, \theta)$ .

Найбільш розповсюдженими засобами цифрового представлення поверхневого шару є растрове представлення та особлива модель просторових даних (DEM), яка апроксимує поверхневий шар багатогранною поверхнею з відліками висот (хвилястості та шорсткості) у вузлах трикутної сітки [1]. Система DEM є загальноприйнятною при описі поверхневого шару на основі даних замірів. Її недолік: на кожній грані багатогранної поверхні аналітична форма поверхні визначається площиною, що проходить через три точки грані.

При механічній обробці зубчастих рейок, як і при зовнішньому терті, в залежності від умов обробки можуть відбуватися різні явища, що впливають на формування поверхневого шару. Відповідно до теорії контактної взаємодії деталей при формоутворенні поверхонь механічним способом, в зоні контакту інструмента із заготовкою в загальному випадку мають місце пружні, пружно-пластичні, і пластичні деформації шарів металу і відносний зсув пластично деформованого поверхневого шару щодо оброблюваної поверхні заготовки.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють визначити оптимальні кути ковзання  $\Psi_{ск}$ , при яких встановлюється стабільність процесу зубофрезерування, необхідні умови по стійкості інструменту і якості оброблюваної поверхні по відношенню до найбільшого кута контакту зуба фрези  $\Psi_{max}$  із зубчастим виробом, що обробляється. Співвідношення між кутом ковзання  $\Psi_{ск}$  і найбільшим кутом контакту зуба фрези  $\Psi_{max}$  із зубчастим виробом, що обробляється дозволяє встановити ефективність процесу формоутворення через коефіцієнт  $K_{фр}$  без застосування МОР та із МОР:

$$K_{фр} = \frac{\sin \Psi_{max} - \sin \Psi_{ск}}{\sin \Psi_{max}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Підставляючи в формулу (1) технологічні параметри обробки, отримаємо зручний для теоретичних і експериментальних досліджень вираз коефіцієнта ефективності формоутворення (4):

$$K_{фр} = \left( 1 - \frac{a \sin \left( K_{мор} \cdot \frac{\rho_i \cdot Z \cdot 10^3 \cdot V}{S_{mi} \cdot \pi \cdot D \cdot \sin \phi} \right)}{a \sin \frac{2 \cdot \sqrt{H \cdot (D - H)}}{D}} \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

де  $S_{mi}$  – хвилинна подача фрези;  $D$  – діаметр фрези;  $\phi$  – кут вихідного профілю зуба рейки;  $\rho$  – радіус скруглення ріжучої кромки фрези;  $Z$  – число зубів фрези;  $V$  – швидкість різання;  $H$  – висота профіля зуба.

**Література: 1.** Пермяков О.А. Синтез технологічних параметрів високопродуктивної обробки зубчастих рейок спареними фрезами / О.А. Пермяков, О.О. Клочко, Ю.О. Сеница // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 17 (1239). – С. 71–77. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-004X



## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| <i>Абхари П. Б., Малий К. В., Панибратченко Ю.А.</i> Моделирование процесса обратного выдавливания на основе метода конечных элементов ...                           | 5  |
| <i>Баркова С.О., Ткаченко В.О.</i> Сучасні тенденції цифрової трансформації промислових підприємств .....  | 7  |
| <i>Бившева Л.О., Волошина О.О.</i> Аналіз конкурентоспроможності вітчизняної машинобудівної галузі .....   | 8  |
| <i>Васильченко Я.В., Малигін М.О., Приходько О.В., Бережна О.В.</i> Виготовлення зразків для натурних випробувань .....  | 9  |
| <i>Власов А.Ф., Кошевий А.Д., Голуб Д.М., Бальоха Д.А., Асимов В.В., Нейскаш В.В.</i> Повышение производительности электрошлакового переплава .....                  | 10 |
| <i>Володченко В.В.</i> Вплив інформаційних технологій на логістичну діяльність .....   | 13 |
| <i>Воронцов Б.С., Бочарова І.А.</i> Нові інформаційні технології в моделюванні логістики технологічних процесів .....  | 15 |
| <i>Гавриш П.А., Бахтін І.Д.</i> Удосконалення зварного вузла металоконструкції верхнього поясу перевантажувача «Takraf» .....  | 16 |
| <i>Гаврушкевич Н.В., Кочнев С.В., Майборода В.С.</i> Застосування магнітно-абразивного оброблення дрібнорозмірного кінцевого різального інструменту .....            | 18 |
| <i>Грибков Е.П., Малигін С.О., Стрижевський О.О.</i> Математичне моделювання напружено-деформованого стану при волочінні порошкового дроту з металевим осердяем..... | 22 |
| <i>Гринь О.Г., Трембач І.О.</i> Перспективні матеріали для підвищення стійкості деталей, що зазнають ударно-абразивний вплив.....                                    | 23 |
| <i>Гузенко В.С., Мироненко Є.В., Муляр І.С., Гончаренко О.О.</i> Підвищення вібростійкості процесу чорнового торцевого фрезерування....                              | 24 |
| <i>Донченко Е.И.</i> Новый подход к разработке систем управления оборудованием на базе микроконтроллеров .....   | 26 |
| <i>Дорохов М.Ю., Єрмакова С.О., Анісимов А.І.</i> Розробка обладнання для дослідження навантажень на опорний контур баштового крана .....                            | 27 |
| <i>Єнікєєв О.Ф., Захаренков Д.Ю., Абрамська І.Б.</i> Інформаційна технологія моніторингу робочих циклів дизель-електричних станцій .....                             | 28 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Жаріков С.В., Гринь О.Г., Водолазький А.О., Бакарас М.Ю., Водолазький А.О., Кравченко Д.Ю.</b> Дослідження самозахисних порошкових дротів для відновлення інструменту .....  | 30 |
| <b>Залога О. О., Залога В. О., Івченко О. В.</b> До питання створення систем оцінювання якості лез різальних інструментів при їх закупівлі .....  | 32 |
| <b>Калафатова Л.П., Медведчук В.В.</b> Принципи моделювання структури роботизованих верстатних комплексів для механічної обробки деталей .....  | 33 |
| <b>Калініченко В. В.</b> Сучасний стан та шляхи вирішення проблеми енергоефективності процесів механічної обробки .....   | 35 |
| <b>Камчатная-Степанова Е.В.</b> Перспективные схемы зубофрезерования крупномодульных закаленных шевронных колес с раздельной схемой формообразования .....  | 36 |
| <b>Камчатна-Степанова К.В., Скидан Є.П., Хорошайло В. В., Хорошайло В. П.</b> Кореляційний зв'язок між висотою гребінців хвилястості, подачею фрези, профільним кутом зубів інструменту і радіусом обертання даної точки зуба фрези ..... | 37 |
| <b>Камчатная-Степанова Е.В., Старченко Е.П., Заковоротный А.Ю.</b> Перспективные направления чистового нарезания закаленных шевронных колес .....   | 38 |
| <b>Кассов В.Д., Кабацький О.В., Бережная Е.В., Малигіна С.В.</b> Вдосконалення пристрою для нагріву деталей обертання при зварюванні та наплавленні .....   | 39 |
| <b>Квашин В.В.</b> Засоби діагностики електромеханічної системи на основі асинхронного електропривода .....   | 40 |
| <b>Клименко Г.П.</b> Задачі підвищення рівня експлуатації різального інструмента .....  | 41 |
| <b>Клименко Г.П., Мороз К.О.</b> Технологічна підготовка автоматизованого виробництва .....   | 42 |
| <b>Клименко Г.П., Квашин В.В.</b> Забезпечення надійності конструкції збірного інструмента при його проектуванні із умов жорсткості.....  | 43 |
| <b>Клименко Г.П., Суботін О.В., Санжаревський В.В.</b> Питання надійності в автоматизованому виробництві .....  | 44 |
| <b>Клочко О.О., Анциферова О.А., Камчатна-Степанова К.В., Антоненко Я.С.</b> Чистове нарізання загартованих шевронних коліс обкатувальними різцями .....  | 45 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Ковалев В.Д., Гасанов М.И., Мироненко Е.В., Скоркин А.О., Перминов Е.В.</b> Глобальный метод повышения эффективности эксплуатации цилиндрических и конических зубчатых передач.....   | 46 |
| <b>Ковалев В.Д., Гасанов М.И., Пермяков А.А., Мироненко Е.В., Клочко Ю.А.</b> Разработка научных основ прогнозирования кинематики геометрических, кинематических и динамических параметров зацепления зубьев тяжело нагруженных зубчатых передач .....   | 48 |
| <b>Ковальов В. Д. , Васильченко Я. В., Міранцов С. Л., Калініченко В. В., Коваленко А. В., Левковська А. О.</b> Прогресивна конструкція токарного різця з кріпленням різальної пластини за допомогою двоплечого важеля ....                              | 49 |
| <b>Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Анциферова О.О.</b> Методика вибору, призначення технологічного забезпечення системи параметрів поверхневого шару циліндричних зубчастих коліс .....   | 50 |
| <b>Ковальов В.Д., Гасанов М.И., Клочко О.О., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В.</b> Критерії формування структур і параметрів систем обробки, що забезпечують задані експлуатаційні властивості зубчастих коліс, які зношуються і відновлюватимуться ..... | 51 |
| <b>Ковальов В.Д., Коваленко А.В., Нестеренко В.М.</b> Підвищення ефективності глибокорозточувальних верстатів, шляхом адаптивного управління процесом обробки .....  | 53 |
| <b>Ковальов В.Д., Саєнко М.О.</b> Модульний принцип проектування верстатів з ЧПК.....  | 54 |
| <b>Кондратенко О.О.</b> Стратегічне управління персоналом промислового підприємства .....  | 55 |
| <b>Корж М.В., Фоміченко О.В.</b> Маркетинг інновацій як інструмент успішного бізнесу.....  | 56 |
| <b>Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Тимошенко Н. М., Петречко І. Р.</b> Про імовірнісний характер шорсткості циліндричної поверхні сформованої точінням різцем з радіусною вершиною.....   | 57 |
| <b>Кривий П.Д., Лось І.Г., Дубина С.Я.</b> Імовірнісно-статистичний метод оцінювання стабільності точності кінематичних ланцюгів подач фрезерних верстатів на прикладі верстата моделі 676 .....   | 59 |
| <b>Лещук Р.Я., Кобельник В.Р.</b> Моделювання процесу очищення поверхонь деталей вільним абразивом у віброємкостях.....  | 61 |
| <b>Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М.</b> Векторний баланс точності формоутворення при обробці на двосупортних токарних верстатах ....  | 62 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Маслак О.І., Орлова Т.О.</i> Економічний зміст антикризового управління на підприємствах .....  | 63 |
| <i>Мельник О.Б., Веркалець А.А., Лукань Т.В., Онисько О.Р.</i> Автоматична рухома платформа TLF .....  | 64 |
| <i>Мироненко Є.В., Бурцева О.Є.</i> Digital–технології в маркетинговому менеджменті підприємств .....  | 65 |
| <i>Мироненко Є.В., Гузенко В.С., Большаков Р.Ю., Муляр І.С., Гончаренко О.О.</i> Вдосконалення конструкцій збірних інструментів з метою підвищення їх експлуатаційних характеристик .....  | 66 |
| <i>Мироненко Є.В., Косик К.В.</i> Щодо формування іміджу промислового підприємства .....   | 68 |
| <i>Молчанов В.Ф.</i> Ефективне обладнання для очищення МОР від твердих часток металообробки .....  | 69 |
| <i>Мортеза Раджаб Заде, Залого В.А.</i> К вопросу о разработке систем управления качеством нефтегазовых продуктов .....  | 71 |
| <i>Панчук В. Г., Карник Р. Т., Костюк Н. О.</i> Обґрунтування впливу властивостей матеріалу пуансона на працездатність і продуктивність роботи штампа для холодно листового штампування .....  | 72 |
| <i>Панчук В.Г., Онисько О.Р., Халуна В.В.</i> Вибір схеми зрізання припуску для процесу точіння бурильних нарізей .....  | 75 |
| <i>Подлєсний С.В., Єрфорт Ю.О., Стадник О.М.</i> Моделювання роботи електродинамічного вібростенду .....   | 78 |
| <i>Равская Н.С., Клочко А.А., Заковоротный А.Ю., Корбут Е.В., Родин Р.П.</i> Предпосылки управления технологическими процессами с использованием искусственных нейронных сетей .....   | 80 |
| <i>Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Шабетя О.А., Ковалев В.Д., Васильченко Я.В., Шевченко О.С., Кузенков В.С., Немерцева Н.В.</i> Інноваційні технології прозорого бронювання техніки та інженерних споруд                                       | 81 |
| <i>Сорока О.Б., Родічев Ю.М., Шабетя О.А., Бодунов В.Є., Кузенков В.С., Немерцева Н.В.</i> Методи експериментального контролю міцності та пошкодження структурних елементів багатошарових склополімерних блоків балістичного захисту ..... | 83 |
| <i>Суботін О.В., Скрипниченко В.С.</i> Підвищення енергоефективності крану типу КМЕЛ 125+45 .....  | 85 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Суботін О.В., Степаньянць А.В.</b> Комп'ютерна система керування краном КМЕЛ 450+100/20 .....   | 86  |
| <b>Таган Л. В., Іванова Ю. О., Коваленко В. Е.</b> Удосконалення технології виготовлення крупних поковок на основі використання нового способу осадження.....  | 87  |
| <b>Тулупов В.І., Онишук С.Г.</b> Дослідження зносостійкості металевих зразків після електроімпульсного вигладжування з модифікуванням поверхні .....   | 89  |
| <b>Фесенко А. М., Фесенко М. А., Корсун В. А., Махмудов Р. Р.</b> Дослідження впливу технологічних параметрів внутрішньоформового модифікування на структуру чавуна в виливках .....                         | 90  |
| <b>Фесенко М.А., Фесенко А.М., Смерницький Д.В., Гуляєв А.В.</b> Перспективний метод виробництва литих композиційних деталей.....  | 91  |
| <b>Фоміченко І.П., Дикань А.І.</b> Щодо формування стратегії розвитку промислового підприємства .....  | 92  |
| <b>Цыганаш В.Е.</b> Информационные предпосылки для разработки новой системы управления дуговой сталеплавильной печи .....  | 93  |
| <b>Цыганаш В.Е.</b> Теоретические предпосылки для разработки новой системы управления дуговой сталеплавильной печи .....   | 94  |
| <b>Цыганаш В.Е.</b> Практические предпосылки для разработки новой системы управления дуговой сталеплавильной печи .....  | 95  |
| <b>Чучин О. В., Моїсєєва А. М., Чепеленко О. Ю.</b> Формозміна порожнистої деталі з фланцем в процесі двостороннього зворотно-радіального видавлювання .....   | 96  |
| <b>Шашко В.О.</b> Щодо особливостей В2В та промислового маркетингу .....   | 97  |
| <b>Шихалєєв М.М., Медведєв В.В.</b> Моделювання сил різання при розточуванні крупногабаритних отворів в жароміцному сплаві Inconel 718 .....   | 98  |
| <b>Шубна О.В.</b> Особливості експортної діяльності машинобудівних підприємств України і перспективи їх виходу на нові цільові ринки .....   | 101 |
| <b>Щербакова А.Ю.</b> Адитивні технології в машинобудуванні .....  | 102 |
| <b>Юрчишин О.Я. Семінська Н.В., Охрименко О.А., Пермяков О.А., Клочко О.О.</b> Математична модель поверхні зубчатої рейки при описі процесів формоутворення поверхневого шару і стану базових поверхонь .... | 103 |

---

**ДЛЯ ПОДАТК**

Scientific publication

**HEAVY ENGINEERING  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

**MATERIALS**  
of the XVIII International  
scientific and technical conference

Recommended for publication by the Scientific Council of DSEA,  
minutes № 5 dated November 26, 2020

Signed print 26.11.2020  
Conv.-printed sheets 5,81.  
Circulation of 100 copies

Paper size 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Accont.-publ. sheets 5,42.  
Order № 46

---

Publisher and manufacturer  
Donbas state engineering academy  
Ukraine, 84313, Kramatorsk, Academichna Str., 72  
Certificate of registration of the subject of publishing activities in the State Register  
ДК №1633 dated 24.12.2003

Наукове видання

**ВАЖКЕ МАШИНОБУДУВАННЯ  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**МАТЕРІАЛИ  
XVIII Міжнародної  
науково-технічної конференції**

Рекомендовано до друку вченою радою ДДМА,  
протокол № 5 від 26.11.2020

Підп. до друку 26.11.2020  
Ум. друк. арк. 5,81.  
Тираж 100 пр.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Обл.-вид. арк. 5,42.  
Зам. № 46

---

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК №1633 від 24.12.2003