

Ю. В. Батигін¹
Т. В. Гаврилова¹
С. О. Шиндерук¹
Є. О. Чаплигін¹

РОЗПОДІЛ СТРУМУ НА ПОВЕРХНІ ЛИСТОВИХ МЕТАЛІВ У ЛІНІЙНИХ ІНСТРУМЕНТАХ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ПРИТЯГАННЯ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Актуальною проблемою в розробці конструкцій лінійних інструментів магнітно-імпульсного притягання є отримання практичних рекомендацій щодо підвищення їхньої ефективності, яка істотно мірою визначається процесами розподілу густини струмів на поверхні листових металів, схильних до деформації. Метою роботи є розрахунок характеристик і теоретичний аналіз просторового розподілу струму на поверхні металу плоскої листової заготовки в робочій зоні лінійного інструменту магнітно-імпульсного притягання за її безпосереднього підключення до електричних виводів високовольтного джерела потужності. Для досягнення поставленої задачі використовується строгий математичний підхід із застосуванням методів теорії електромагнітного поля і методів конформних перетворень в теорії функцій комплексного змінного. Запропоновані формули для визначення оцінок, що кількісно ілюструють розподіл струмів на поверхні листового провідника за контактного підключення джерела потужності. На підставі чисельного і графічного аналізу різних геометричних розмірів цієї моделі встановлено, що рівень концентрації струму, який протікає у виділеній смузі, що зв'язує контакти підключення, істотно залежить від співвідношення ширини цієї смуги і поперечних розмірів контактної підключення. Визначено саме ту частину струму, яка безпосередньо бере участь у збудженні силової взаємодії між провідниками з паралельними струмами відповідно до закону Ампера. Рівень поперечної концентрації струму, що протікає переважно у виділеній полосі, складає близько 65...80 % всієї величини струму, що підтверджено експериментально. Отримані результати дозволяють зробити висновок про необхідність проведення обов'язкового оцінювання рівня концентрації струму, що протікає в робочій зоні лінійного інструменту. Використання результатів дослідження цієї роботи дозволить реалізувати нові, ефективніші засоби в технологіях обробки тиском, а саме, створювати дієздатні лінійні інструменти магнітно-імпульсного притягання заданих ділянок листових металів за їхнього безпосереднього підключення до джерел електричної потужності.

Ключові слова: поверхневий розподіл струму, безпосереднє підключення джерела потужності, лінійний інструмент, магнітно-імпульсне притягання.

Вступ

Прогресивні технології з використанням енергії імпульсних електромагнітних полів знаходять ширше застосування в організації виробничих процесів провідних галузей промисловості Західної Європи [1]—[3]. Так магнітно-імпульсна обробка металів (в західній термінології — Electromagnetic Metal Forming) стає винятковим способом штампування виробів з нових металевих сплавів, обробка яких неможлива за допомогою традиційних механічних підходів. Ці сплави є міцними і легкими, але вони дозволяють тільки 10...20 % відносних деформацій, а далі відбувається руйнування. Короткочасний вплив силами імпульсних магнітних полів дозволяє збільшити цей показник міцності практично на порядок [4]. Так, автори [5] фундаментально досліджували процес високошвидкісного деформування листових металів магнітним полем стрижневої котушки. Як показує накопичений практичний досвід, ефективність зазначеного способу виробництва істотною мірою визначається процесами розподілу густини струмів на поверхні листових металів, що підлягають деформації [6]—[8]. Тому стає очевидною актуальність науково-дослідних робіт відповідної спря-

мованості, особливо в автомобільній і авіапромисловості.

Концентруючи увагу на інструментах магнітно-імпульсного впливу, слід виділити так звані лінійні інструменти, принцип дії яких оснований на взаємному притяганні провідників з односпрямованими струмами (закон Ампера) [9]. Інструменти цього типу є привабливими, в першу чергу, простотою технічної реалізації і досить високою ефективністю. У спеціальній літературі міститься інформація про успішну практичну апробацію лінійних інструментів магнітно-імпульсного притягання в експериментах з реставрації листових металів з вм'ятинами. Так, у статті [10] представлені результати експериментальних досліджень електродинамічної системи з прямим пропусканням струму для зовнішнього рихтування автомобільних кузовів. Показано можливість визначення напрямку підвищення дієвості сил, що розвиваються, магнітно-імпульсного притягання. Продемонстрована працездатність запропонованого інструменту зовнішньої магнітно-імпульсної рихтування. В роботі [11] представлені можливі теоретичні підходи до описання електромагнітних процесів у індукторних системах, принципове додержання яких забезпечує створення ефективних інструментів магнітно-імпульсної обробки металів. Окремо слід відмітити особливість конструктивного виконання таких інструментів силового впливу, яка передбачає безпосереднє підключення джерела потужності до ділянки листового металу, що підлягає деформації. У зв'язку з цим цікавою є робота [12], яка висвітлює експериментальні дослідження процесів в лінійних інструментах магнітно-імпульсного притягання. Авторами цитованої публікації проведені вимірювання, на підставі яких отримані просторово-часові форми розподілу струмів на ділянках листових металів за різних робочих частот і способів підключення джерел потужності. Проведені експерименти вимагають теоретичного осмислення. Необхідні відповідні обчислення і аналіз характеристик перебігу процесів для оцінки впливу останніх на можливі амплітуди збуджуваних електродинамічних зусиль. Все це, в кінцевому підсумку, дозволить сформулювати практичні рекомендації з виготовлення ефективних конструкцій лінійних інструментів магнітно-імпульсного притягання заданих ділянок листових металів.

Метою роботи є розрахунок характеристик і теоретичний аналіз просторового розподілу струму на поверхні металу плоскої листової заготовки в робочій зоні лінійного інструменту магнітно-імпульсного притягання за її безпосереднього підключення до електричних виводів високовольтного джерела потужності.

Постановка задачі. Розрахункові співвідношення

Відповідно до мети роботи необхідно виконати розрахунок поверхневого розподілу струму на поверхні листового провідника, що підлягає деформації, в робочій зоні досліджуваного лінійного інструменту магнітно-імпульсного притягання. Результати обчислень, в кінцевому підсумку, дозволять визначити ту частину струму, яка безпосередньо бере участь у збудженні силової взаємодії між провідниками з паралельними струмами відповідно до закону Ампера.

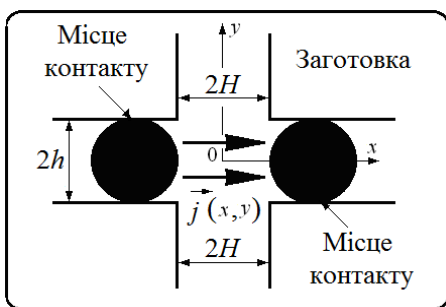


Рис. 1. Схема підключення контактів джерела потужності до заданої ділянки листового металу

На рис. 1 схематично показана листовая електропровідна заготовка, до якої електричне підключення вихідних клем джерела струму здійснюється в контактних зонах діаметром $\varnothing 2h$ (позначені колами із суцільним зафарбуванням). Тут же окреслені контури для вибору моделі, яка буде застосовуватися далі в розрахунках.

Зазначимо, що робочою зоною досліджуваної системи у відповідній декартовій прямокутній системі координат є зона між контактами підключення, де $\{|x| < H, |y| < H\}$. Прийнята

в подальшому розрахункова модель не враховує часові залежності діючих полів, їхнє проникнення крізь метал листової заготовки та індукційні ефекти, пов'язані із втратою енергії не тільки на подолання активного опору системи, але і на подолання ЕРС самоіндукції. Ця додаткова енергія йде на створення магнітного поля. Проте, запропонована ідеалізація дозволяє сконцентруватися саме на процесах поверхневого розподілу і отримати чисельні оцінки «розтікання» сторонніх струмів між контактами підключення джерела потужності.

Розрахункові моделі, які застосовуються для цієї задачі про розподіл струму за безпосереднього підключення контактів до поверхні листового металу, показані на рис. 2.

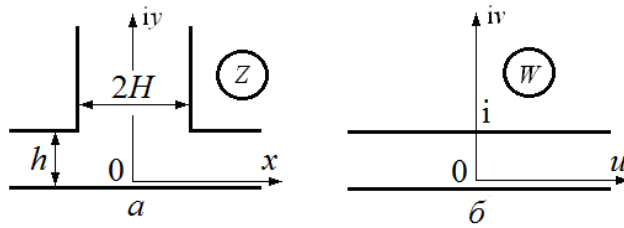


Рис. 2. Розрахункові моделі: *a* – відповідно до схеми рис. 1; *б* – зона відповідного конформного відображення

застосованого математичного апарату теорії функцій комплексного змінного. Його сутність — конформне відображення зони з прямолінійними межами (рис. 2б), де функцію стану можна отримати досить просто, на зону з межами з ламаних ліній (рис. 2а), адекватну реальній ситуації [13], [14].

Конформне відображення смуги на цю зону протікання струму здійснюється функцією комплексного змінного [14]

$$z(w) = i \left(\frac{2H}{\pi} \right) \left[\left(\frac{h}{H} \right) \operatorname{arctg} \left(\left(\frac{h}{H} \right) \frac{\operatorname{th} \left(\frac{\pi}{2} \cdot w \right)}{\sqrt{\operatorname{th}^2 \left(\frac{\pi}{2} \cdot w \right) - a^2}} \right) + \operatorname{arth} \left(\frac{\operatorname{th} \left(\frac{\pi}{2} w \right)}{\sqrt{\operatorname{th}^2 \left(\frac{\pi}{2} w \right) - a^2}} \right) \right], \quad (1)$$

$$\text{де } a^2 = 1 + \left(\frac{h}{H} \right)^2, \quad i = \sqrt{-1}.$$

Зазначимо, що вираз (1) визначає зв'язок між просторовими змінними « u, v » на площині комплексної змінної « W » і « x, y » на площині « Z ». Відповідно до формули (1) точки дійсної осі на площині комплексної змінної $z = x + iy$ (рис. 2а, нижня межа) переходять в точки дійсної площини комплексної змінної $w = u + iv$ (рис. 2б, нижня межа). А точки верхньої межі зони на площині $z = x + iy$, яка утворена ламаною лінією, переходять в точки прямої $v = 1$, що є верхньою межею в зоні $w = u + iv$.

Модуль вектора поверхневої густини струму між контактами на поверхні листового металу буде описуватися залежністю [13], [14]

$$|j(x, y)| = j_m \frac{a}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{2} w \right) - a^2}}, \quad (2)$$

де j_m — величина густини струму в центрі робочої зони, коли $u = v = 0$.

Аналіз відповідності точок на площині комплексної змінної $z = x + iy$ і точок на площині $w = u + iv$ показує, що поперечний розподіл густини струму в центрі робочої зони ($y \in [0, \infty), x = 0$) приблизно буде відповідати поперечному розподілу в центрі в зоні на рис. 2б для $v \in [0, 1], u = 0$.

Математично, ця відповідність буде описуватися залежністю між змінними y і v , отриманої з формули (1) за умови $x = u = 0$ і сформульованої в відносних одиницях

$$y_0 = \frac{y}{H} = \frac{2}{\pi} \left[\left(\frac{h}{H} \right) \operatorname{arctg} \left(\left(\frac{h}{H} \right) \frac{\operatorname{th} \left(\frac{\pi v}{2} \right)}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi v}{2} \right) + a^2}} \right) + \operatorname{arth} \left(\frac{\operatorname{tg} \left(\frac{\pi v}{2} \right)}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi v}{2} \right) + a^2}} \right) \right]. \quad (3)$$

Розподіл густини струму уздовж осі ординат площині « W » описується залежністю (y в відносних одиницях з нормувальним множником)

$$j_0(v) = \frac{j(v)}{j_m} = \frac{a}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi v}{2} \right) + a^2}}. \quad (4)$$

Нарешті, остання характеристика, яка необхідна для виконання практичного оцінювання — це відносна величина струму, що протікає в будь-якій частині робочої зони, може бути знайдена інтегруванням формули (4) на інтервалі $[0, v]$. Зазначимо, що інтегрування на площині комплексної змінної « W » (рис. 2б) у визначених межах відповідає обчисленню інтеграла за змінною y $[0, \infty)$ на площині « Z » (рис. 2а).

Вводячи відповідні нормування на абсолютну величину всього струму в заготовці — I_m , знаходимо, що

$$J_0(v) = \frac{I}{I_m} = \frac{\int_0^v \frac{a}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi\zeta}{2}\right) + a^2}} d\zeta}{\int_0^1 \frac{a}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi\zeta}{2}\right) + a^2}} d\zeta}. \quad (5)$$

Отримані залежності є формулами для числових оцінок, які кількісно ілюструють розподіл струмів на поверхні листового провідника за її безпосереднього підключення до електричних виводів високовольтного джерела потужності.

Обчислення, аналіз процесів, що протікають

Аналізування перебігу процесів виконаємо на підставі розрахунків для «граничних ситуацій», коли відстань між контактами досить велика — $(h/H) \ll 1$ і коли ця відстань досить мала — $(h/H) \gg 1$. Ілюстративним доповненням до «граничних ситуацій» є обчислення для $(h/H) = 1$, коли розміри контактів і відстань між ними однакові.

Для отримання числових оцінок скористаємося стандартними програмами з пакету «Wolfram Mathematica».

Конкретні значення геометричних характеристик візьмемо з експериментів в роботі [12]:

- 1) $h = 0,01$ м, $H = 0,1$ м, $(h/H) \ll 1$; 2) $h = 0,1$ м, $H = 0,01$ м, $(h/H) \gg 1$; 3) $h = 0,05$ м, $H = 0,05$ м, $(h/H) = 1$.

Для оформлення результатів розрахунків, графічні залежності розташовано у порядку, який дозволяє візуально визначати відповідність координат у площині « W » (рис. 2б) і площині « Z » (рис. 2а).

У випадку, коли відстань між контактами досить велика, отримуємо графічні ілюстрації процесів розподілу струму в центральній частині системи для $h/H = 0,1 \ll 1$. Так, на рис. 3а показана залежність густини струму від координати за вертикаллю на площині « W »; на рис. 3б — зв'язок координат за вертикаллю на площині « Z » і на площині « W »; на рис. 3в — струм, як функція ширини умовно виділеної смуги листового металу.

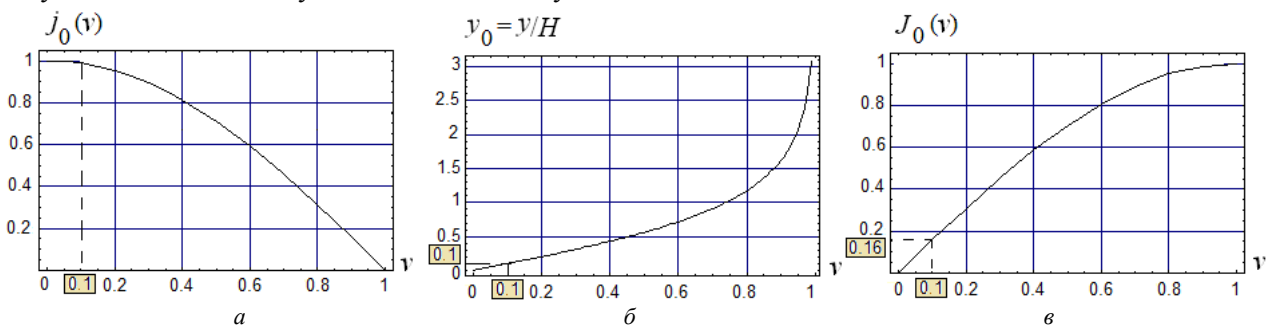


Рис. 3. Ілюстрації процесів розподілу струму в центральній частині системи для $h/H = 0,1 \ll 1$

З поданих залежностей випливає, що в разі досить великої відстані між контактами, мають місце зазначені нижче закономірності.

Поперечний розподіл густини струму, що протікає по ширині умовно виділеної смуги $v \leq 0,1$ наближається до рівномірного (рис. 3а) (ширині смуги $v \leq 0,1$ на площині « Z » відповідає смуга $y \leq 0,1$ на площині « W » (рис. 3б)).

Значна частина струму «розтікається» в поперечному напрямку, так, в умовно виділеній смугі

$y \leq 0,1$ зосереджено близько 16 % всієї величини струму, що протікає (рис. 3в).

Перейдемо до оцінювання зі збільшенням розмірів контактних приєднань, що відповідає досить малій відстані між ними, що відповідає умові $h/H = 10 \gg 1$. На рис. 4а наведена густина струму, як функція координати по вертикалі на площині «W»; на рис 4б представлений зв'язок координат по вертикалі на площині «Z» і на площині «W»; на рис 4в — струм, як функція ширини умовно виділеної смуги листового металу

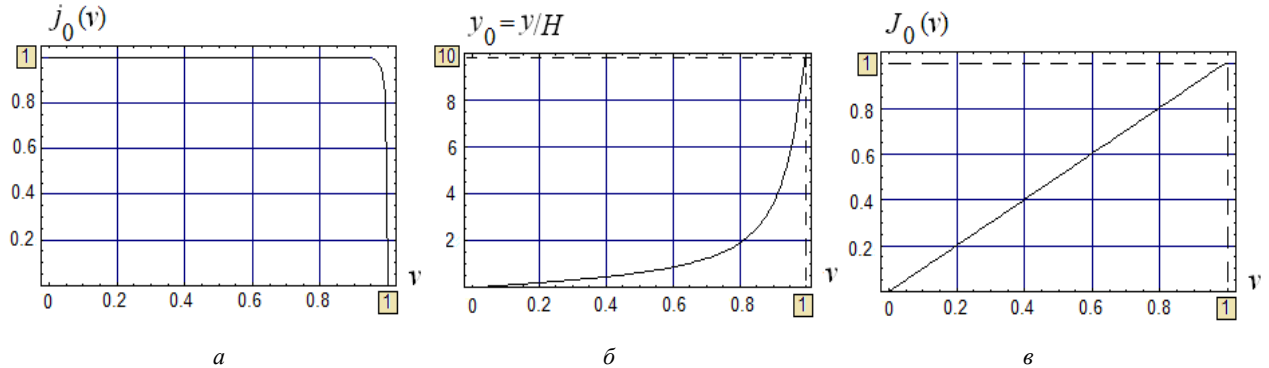


Рис. 4. Ілюстрації процесів розподілу струму в центральній частині системи для $h/H = 10 \gg 1$

Фізична інтерпретація результатів на рис. 4 показує, що за невеликої відстані між контактами можна вказати на такі закономірності.

Поперечний розподіл густини струму, що протікає, має «прямокутну» форму по всій ширині зони $v \leq 1,0$ (рис. 4а). (ширині смуги $v \leq 0,1$ на площині «Z» відповідає смуга $y \leq 1,0$ на площині «W» (рис. 4б).

«Поперечне розтікання» струму, що протікає, практично відсутнє: тобто в умовно виділеній смугі $y \leq 1,0$ зосереджено близько 100 % всієї його величини (рис. 4в).

Залежність величини струму від ширини ділянки його протікання (рис. 4в) практично прямопропорційна. Це є наслідком рівномірності поперечного розподілу густини струму на графіку рис. 4а.

На рис. 5 подані результати розрахунків для випадку, коли розміри контактів і відстань між ними однакові ($h/H = 1,0$). На рис. 5а показана функція густини струму в залежності від координати за вертикаллю на площині «W»; на рис. 5б поданий зв'язок координат по вертикалі на площині «Z» і на площині «W»; на рис 5в — струм, як функція ширини умовно виділеної смуги листового металу.

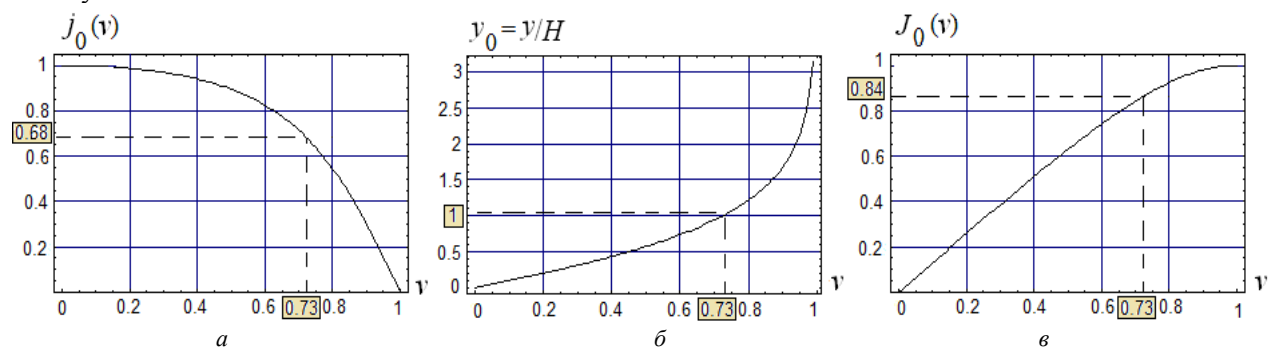


Рис. 5. Ілюстрації процесів розподілу струму в центральній частині системи для $h/H = 1,0$

З кривих на рис. 5 очевидно, що в разі, коли відстань між контактами підключення і їхня ширина однакові, впливають нижчеперелічені висновки.

Поперечний розподіл густини струму, що протікає, істотно неоднорідний за шириною умовно виділеної смуги $v \leq 0,73$, що дорівнює відстані між контактами (рис. 5а) (ширині смуги $v \leq 0,73$ на площині «Z» відповідає смуга $y \leq 1,0$ на площині «W» (рис. 5б)).

Відбувається «поперечне розтікання» струму, що протікає; в умовно виділеній смугі $y \leq 1,0$ зосереджено близько 84 % всієї його величини (рис. 5в).

Узагальнюючи результати аналізу процесів розподілу струму на поверхні плоского провідника за безпосереднього підключення контактів джерела потужності, дійшли висновків.

1. Рівень концентрації струму, який протікає в умовно виділеній смузі, що зв'язує контакти підключення, істотно залежить від співвідношення ширини цієї смуги і поперечних розмірів контактного підключення.

2. Найменший струм концентрується в смузі, ширина якої багато менше відстані між контактами ($\leq 16\%$). Найбільший струм протікає в смузі з шириною багато більшої відстані між контактами (до $\sim 100\%$). Варіація ширини умовно виділеної смуги протікання струму до значення, яке дорівнює відстані між контактами, дає результат концентрації на рівні близько 80% .

3. Для вибору конструктивного рішення, що враховує можливу ефективність притягання за допомогою лінійного інструменту магнітно-імпульсного притягання системи за безпосереднього підключення джерела потужності до оброблюваного об'єкта, необхідні обов'язкові оцінки рівня концентрації стороннього струму в робочій зоні інструмента.

Феноменологічне осмислення отриманих результатів в «граничних» фізичних ситуаціях підтверджує їхню достовірність. Дійсно, для вузької смуги між контактами підключення джерела струму повинні спостерігатися найбільше «розтікання» в поперечному напрямку і відповідно мінімальна амплітуда струму, що бере участь у формуванні сили притягання. Навпаки, в разі досить широкої смуги, весь струм, що протікає, зосереджений в межах її ширини, а сила притягання досягає максимуму.

Висновки

1. Розраховані характеристики і проведено теоретичний аналіз просторового розподілу струму на поверхні металу плоскої листової заготовки в робочій зоні лінійного інструменту магнітно-імпульсного притягання за її безпосереднього підключення до електричних виводів високовольтного джерела потужності.

2. Отримано чисельні оцінки рівня концентрації струму, що протікає і який зв'язує в умовно виділеній смузі контакти підключення. Вони ілюструють істотну залежність цього показника від співвідношення ширини цієї смуги і поперечних розмірів контактного підключення.

3. Феноменологічне осмислення результатів проведеного теоретичного аналізу узгоджується з фізичними уявленнями про розглянуті електромагнітні процеси, що реально підтверджує їхню достовірність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] V. Psyk, D. Rich, B. I. Kinsley, A. E. Tekkaya, and M. Kleiner, "Electromagnetic Forming – A Review," *Journal of Material Processing Technology*, no. 211, pp. 787-829, 2011.
- [2] E. Iriondo, M. A. Gutiérrez, B. González, J. L. Alcaraz, and G. S. Daehn, "Electromagnetic impulse calibration of high strength sheet metal structures," *Journal of Materials Processing Technology*, no. 211, pp. 909-915, 2011.
- [3] A. Jaeger, D. Risch, and A.E. Tekkaya, "Thermo-mechanical processing of aluminum profiles by integrated electromagnetic compression subsequent to hot extrusion," *Journal of Materials Processing Technology*, no. 211, pp. 936-943, 2011.
- [4] G. Inanan, B. Baranoglu, and E. Aydin, "An Application of High-Power Electromagnetic Pulse: Forming of sheet metal using electromagnetic waves," in *Proc. 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, November 2015, p. 284-288.
- [5] J.-Y. Shim, B. Y. Kang, D.-H. Park, and I. S. Kim, "A Fundamental Study on Magnetic Pulse Forming with Bar Forming Coil," *Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, vol. 20, no. 3, pp. 292-297, 2011.
- [6] G. A. Shneerson, M. I. Dolotenko, and S. I. Krivosheev, *Strong and Superstrong Pulsed Magnetic Field Generation*. Berlin: Walter de Gruyter, 2014.
- [7] Y. B. Kudasov, et al., "Metal plate deformation under magnetic field pulse of complex shape," *Journal of Applied Physics*, vol. 126, no. 8, pp. 084901, 2019.
- [8] H. Altenbach, V. Konkin, D. Lavinsky, O. Morachkovsky, and K. Naumenko, "Deformation analysis of conductive metallic components under the action of electromagnetic fields," [Verformungsanalyse elektrisch leitender metallischer Bauteile bei Magnetimpulsbearbeitung], *Engineering Research [Forschung im Ingenieurwesen]*, vol. 82, no. 4, pp. 371-377, 2018.
- [9] W. Benenson, J. W. Harris, H. Stöcker, and H. Lutz, *Handbook of Physics*, Switzerland: Springer Nature AG, 2002, 1190 p.
- [10] А. Ю. Бондаренко, В. Б. Финкельштейн, и А. А. Степанов, «Экспериментальная апробация электродинамической системы с прямым пропусканием тока для внешней рихтовки автомобильных кузовов», *Електротехніка і електромеханіка*, № 4, с. 50-52, 2014.
- [11] Ю. В. Батигін, С. О. Шиндерук, О. Ф. Єрьоміна, і Є. О. Чаплигін, «Електромагнітні процеси в плоскій прямокутній системі з індуктором між тонкими котушками біфіляра», *Технічна електродинаміка*, № 1, с. 3-9, 2021.
- [12] Ю. В. Батигін, Е. А. Чаплыгін, С. А. Шиндерук, «Экспериментальные исследования распределения тока на поверхности листовой заготовки в линейных инструментах магнитно-импульсного притяжения», *Електротехніка і електромеханіка*, № 2, с. 46-51, 2020.
- [13] H. J. W. Muller-Kirsten, *Electrodynamics*, 2nd Edition, World Scientific Publishing Company, 2011, 632 p.
- [14] L. Kantorovic, *Mathematics for Natural Scientists. Fundamentals and Basics*, New York: Springer, 2016, 526 p.

Батигін Юрій Вікторович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри фізики, e-mail: yu.v.batygin@gmail.com ;

Гаврилова Тетяна Володимирівна — канд. ф.-мат. наук, доцент, доцент кафедри фізики, e-mail: gavriloVA.tatyana@i.ua ;

Шиндерук Світлана Олександрівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики, e-mail: s.shinderuk.2016102@ukr.net ;

Чапльгін Євген Олександрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики; e-mail: chaplygin.e.a.@gmail.com .

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Yu. V. Batygin¹
T. V. Gavrylova¹
S. O. Shynderuk¹
Ye. O. Chaplygin¹

Distribution of Current on the Surface of Sheet Metals in Linear Instruments of Magnetic-Pulse Attraction

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

An urgent problem in the development of linear instruments of magnetic pulse attraction is to obtain practical recommendations for improving their efficiency, which is largely determined by the processes of current density distribution on the surface of sheet metals that are prone to deformation. The aim of the work is to calculate the characteristics and theoretical analysis of the spatial distribution of current on the metal surface of a flat sheet blank in the working area of a linear tool of magnetic pulse attraction when directly connected to the electrical terminals of a high voltage power source. To achieve this goal, a rigorous mathematical approach is used using the methods of electromagnetic field theory and methods of conformal transformations in the theory of functions of a complex variable. Formulas for numerical estimates are obtained, which quantitatively illustrate the distribution of currents on the surface of the sheet conductor at the contact connection of the power source. Based on numerical and graphical analysis of different geometric dimensions of this model, it is established that the level of current concentration flowing in the selected strip connecting the connection contacts significantly depends on the ratio of the width of this strip and the transverse dimensions of the contact connection. The part of the current that is directly involved in the excitation of force interaction between conductors with parallel currents in accordance with Ampere's law is determined. The level of transverse current concentration, which flows mainly in the selected band, is ~ 65... 80 % of the total current, which has been confirmed experimentally. The obtained results allow us to conclude that it is necessary to conduct mandatory assessments of the level of concentration of the flowing current in the working area of the linear tool. Using the conclusions of this work will implement new, more efficient tools in pressure treatment technologies, namely, to create viable linear tools for magnetic-pulse attraction of specified areas of sheet metals when directly connected to sources of electric power.

Keywords: surface current distribution, inductor system, magnetic flux, equipment for magnetic-pulse metal processing.

Batygin Yuri V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Physics, e-mail: yu.v.batygin@gmail.com ;

Gavrylova Tetiana V. — Cand. Sc. (Phys-Math.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Physics, e-mail: gavriloVA.tatyana@i.ua ;

Shynderuk Svitlana O. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Physics, e-mail: s.shinderuk.2016102@ukr.net ;

Chaplygin Yevhen O. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Physics, e-mail: chaplygin.e.a.@gmail.com