

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Врублевський Р. Є., к.т.н, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, e-mail: amor-vr@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8686-3488

Складність управління процесом МІО полягає у тому, що необхідно одночасно здійснювати управління декількома параметрами (напруженістю магнітного поля, числом імпульсів у серії, часом імпульсу в серії, інтервалами між імпульсами в серії, числом серій імпульсів). На даний момент фактично відсутні чіткі формальні моделі, що описують процес дії імпульсного магнітного поля на виріб. Метою роботи є підвищення ефективності процесу МІО металевих виробів завдяки розробці інформаційної системи управління. У статті викладено метод побудови бази нечітких правил на основі чисельних даних для інтелектуальної системи управління вибором режимів магнітно-імпульсної обробки на основі мережі ANFIS. Даний метод дозволить знизити час побудови бази правил модуля управління процесом. Розроблено програмне й апаратне забезпечення інформаційної системи управління МІО, що дозволяє здійснити практичну реалізацію створеної інформаційної технології управління процесом обробки металевих виробів.

Визначено основні критерії оцінки ефективності застосування запропонованої інформаційної технології, яка дозволяє реалізувати варіанти управління процесом МІО, що забезпечують поліпшення економічних і часових показників такої обробки порівняно з існуючими підходами на 25–30 %.

***Ключові слова:** база нечітких правил, інтелектуальна система управління, магнітно-імпульсна обробка.*

DOI: 10.33815/2313-4763.2019.1.20.079-086

Вступ. На сьогодні спостерігається інтенсивний розвиток методів і засобів магнітно-імпульсної обробки (МІО) [1, 2], у зв'язку з чим особливий інтерес викликає проблема математичного моделювання МІО з метою оптимального управління її основними параметрами. Складність управління процесом МІО полягає у тому, що необхідно одночасно здійснювати управління декількома параметрами (напруженістю магнітного поля, числом імпульсів у серії, часом імпульсу в серії, інтервалами між імпульсами в серії, числом серій імпульсів). На даний момент фактично відсутні чіткі формальні моделі, що описують процес дії імпульсного магнітного поля на виріб. Управління МІО доводиться здійснювати на підставі емпіричних залежностей і дослідних даних, на які істотно впливають матеріал і форма виробу [3–10]. У ситуації, що склалася, виникає нагальна необхідність створення інформаційної технології управління МІО, що дозволяє оптимізувати режими обробки для конкретних типів і матеріалів оброблюваних виробів.

Об'єктом дослідження є процес управління МІО виробів в умовах адаптації до параметрів обробки.

Предметом дослідження є моделі і методи управління МІО металевих виробів, що забезпечують підвищення ефективності та якості цього процесу.

В основу досліджень покладено: методи теорії систем та функціонального моделювання для проектування інформаційної технології управління магнітно-імпульсною обробкою металевих виробів; методи штучного інтелекту, а саме: генетичні алгоритми та нечіткі нейронні мережі для завдань оптимізації режимів обробки та завдань прогнозування результатів обробки [11–12].

Метою роботи є підвищення ефективності процесу МІО металевих виробів за вдяки розробці інформаційної системи управління.

Основна частина. Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно сформулювати та вирішити наступні завдання:

– зробити порівняльний аналіз наявних моделей і методів, які використовуються для створення інформаційних систем управління в машинобудуванні;

- здійснити вибір математичного апарату для побудови моделі управління процесом МІО;
- розробити інформаційну технологію управління МІО металевих виробів, що забезпечує адаптивне управління процесом їх обробки та враховує фізико-хімічні особливості і геометричну форму конкретного виробу;
- розробити методи й алгоритми розв'язання оптимізаційної задачі управління МІО з використанням нечітких нейромережових моделей і еволюційних алгоритмів;
- розробити програмне та апаратне забезпечення інформаційної системи управління МІО металевих виробів;
- визначити основні критерії оцінки ефективності застосування запропонованої інформаційної технології.

Враховуючи сутність процесу МІО, можна сформулювати ряд особливостей, що характеризують процес функціонування цієї системи управління:

1. Наявність невизначеностей початкових даних про структуру, фізико-хімічні властивості матеріалу конкретної деталі.
2. Необхідність обробки складнопрофільних деталей.
3. Необхідність швидкого переналаштування на обробку різних за видом і матеріалом деталей.
4. Необхідність обробки деталі за мінімальний час і з максимальною якістю.
5. Необхідність здійснювати обробку з мінімальними витратами електроенергії.
6. Необхідність дотримання мінімальних витрат на трудомісткість обробки деталі.

Враховуючи функціональні особливості роботи системи управління, що розробляється, можна представити ряд основних і додаткових вимог до неї:

До основних вимог можна віднести наступні:

1. Налаштування параметрів режимів МІО під конкретну оброблювану деталь. Параметри режимів обробки повинні уточнюватися і корегуватися системою у процесі обробки залежно від матеріалу та геометрії оброблюваного виробу. Також система управління повинна використовувати базу даних про режими з попередніх обробок різних деталей.

2. При заданих показниках якості оброблюваного виробу необхідно забезпечити максимум ефективності роботи. Система повинна швидко і точно визначити параметри режимів МІО для забезпечення необхідної міцності і зносостійкості оброблюваного виробу.

3. Зміна параметрів елементів СУ. Під час МІО умови протікання процесу постійно змінюються. Наприклад, неоднорідність матеріалу, забруднення поверхні оброблюваної деталі. Необхідно оцінювати ці умови для постійного контролю максимально можливої для них продуктивності.

До додаткових вимог відносяться:

1. Реалізація апаратної частини ІСУ на базі мікроконтролерів.
2. Ефективність ІСУ МІО.
3. Забезпечення стійкості ІСУ МІО.

Враховуючи функціональні особливості роботи системи управління, що розробляється, можна зробити висновок, що найбільш доцільне застосування спеціального програмованого мікроконтролера. Цей мікроконтролер управлятиме виконавчими елементами (соленоїдами) установки МІО. У мікроконтролер заносяться режими МІО, заздалегідь визначені у спеціалізованому комп'ютері, сполученим з ним інтерфейсом.

Ефективність системи управління МІО визначається за сукупністю критеріїв:

- час на обробку (оцінка системою поставлених перед нею цілей, досягнення необхідної твердості та зносостійкості оброблюваної деталі за максимально короткий час);
- витрати на електроенергію (оцінка використання (економії) системою необхідних ресурсів (електроенергії));
- трудомісткість обробки деталі (співвідношення між рівнями продуктивності та витратами для їх досягнення).

Стійкість системи – здатність системи протистояти процесу руйнування та підтримувати впродовж певного часу вибраний режим функціонування. Стійкість системи управління МІО в загальному вигляді можна розкрити через наступні характеристики: висока життєздатність, гнучкість, адаптивність до умов обробки. Розроблена система повинна швидко реагувати на випадкові зміни вхідних змінних та не повинна виходити за межі робочих режимів її роботи. Наприклад, коли на обмотку облаштування МІО буде подано дуже високу напругу, це призведе до аварії. Якщо різко змінити параметри режимів, це призведе до виникнення потужних імпульсів магнітного поля, здатних зруйнувати виріб та елементи облаштування МІО. Якщо система буде враховувати випадковість вимірюваних величин, це підвищить її стійкість та ефективність.

Враховуючи функціональні вимоги та порівняльний аналіз методів управління МІО, можна зробити висновок, що управління процесом МІО повинно здійснюватися за допомогою інформаційної системи управління, що базується на основі математичного апарату: генетичних алгоритмах і нечітких нейронних мереж. Генетичні алгоритми використовуються для оптимізації режимів МІО, а нечіткі нейронні мережі – для прогнозування результатів МІО.

Система повинна містити базу знань відносно проведених раніше обробок виробів, на підставі яких можливе здійснення прогнозів результатів обробки деталей, що мають схожу конструкцію.

Також, у базі знань повинні міститися діапазони параметрів режимів МІО, які були напрацьовані дослідним шляхом. З огляду на це, у системі потрібно передбачити вибір оптимальних значень із діапазону параметрів режимів МІО. Оскільки процес МІО досить трудомісткий (і для отримання результату потрібна велика кількість часу і ресурсів) система повинна прогнозувати результат обробки і налаштовувати режими за необхідності, якщо результат МІО не відповідатиме вимогам. У той же час необхідно враховувати, що матеріал оброблюваних деталей може мати відхилення за фізико-хімічним складом і це вимагає індивідуального підбору режимів у процесі обробки.

Управління МІО є багатокритеріальною задачею, яка повинна вирішуватися з позиції оптимізації за двома основними контурами управління процесом. Перший контур здійснює управління згідно з критеріями ефективності: часом, витраченим на обробку, витратами на електроенергію, трудомісткістю обробки деталі. Другий контур здійснює управління згідно з критеріями якості обробки: стійкістю, ресурсом, надійністю.

Враховуючи вимоги до системи управління і контурів управління, ми можемо визначити їх узагальнену структуру (рис. 1).

Залежно від отриманого результату порівняння початкових даних система може працювати по одному з двох контурів:

1) Якщо система за вихідними даними у базі даних знаходить ідентичні початкові дані, як і в оброблюваній деталі, то отримані параметри режимів обробки подаються через «модуль прогнозування результатів МІО» і «модуль прийняття рішення щодо вибору режимів МІО» на «модуль МІО». У «модулі МІО» відбувається МІО даної деталі.

2) Якщо у базі даних ідентичні початкові дані не знаходяться, система вибирає параметри режиму МІО, схожі за видом і матеріалом деталей, що оброблювалися раніше. Відібраний діапазон параметрів режимів подається на «модуль оптимізації параметрів режимів МІО». У «модулі оптимізації параметрів режимів МІО» визначаються оптимальні режими за допомогою генетичного алгоритму, який розв'язує цю задачу шляхом випадкового підбору, комбінування і варіації знайдених параметрів режимів з використанням механізмів природної еволюції, таких, як спадкоємність, мутація, відбір, кросингвер. Згенеровані в «модулі оптимізації параметрів режимів МІО» оптимальні параметри режимів подаються через «модуль прогнозування результатів МІО» і «модуль ухвалення рішення по вибору режимів МІО» на «модуль МІО». У «модулі МІО» відбувається МІО цієї деталі.

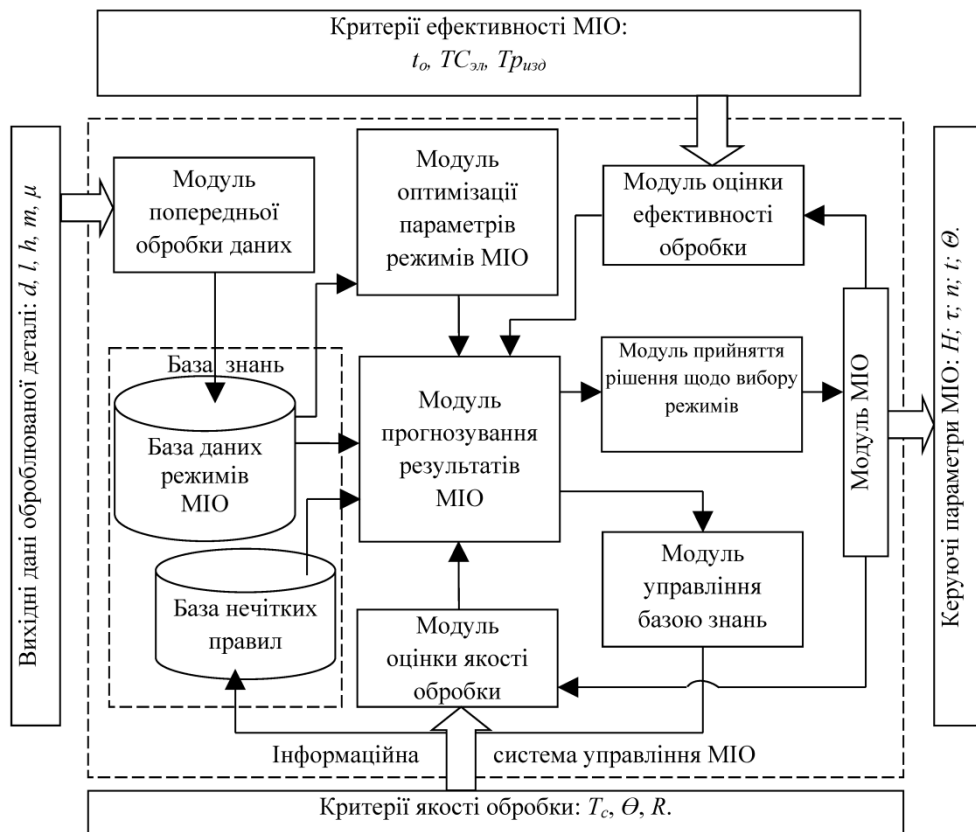


Рисунок 1 – Структура інформаційної системи управління МІО

Після МІО деталі за режимами, отриманими по одному з двох контурів роботи системи, результат обробки (стійкість деталі) оцінюється у двох основних модулях оцінки:

- у «модулі оцінки якості обробки» згідно з критеріями якості обробки: стійкістю, ресурсом, надійністю;

- у «модулі оцінки ефективності обробки» за критеріями ефективності: часом, витраченим на обробку, витратами на електроенергію, трудомісткістю обробки деталі.

Після оцінювання системою результату обробки вносяться корективи в параметри режимів МІО, в «модулі прогнозування результатів МІО» за допомогою алгоритму зворотного поширення помилки, який налаштовує параметри антецедентів правил, тобто функцій приналежності. Кожна ітерація процедури налаштування виконується у два етапи. На першому етапі на входи подається навчальна вибірка, і по нев'язці між бажаною і дійсною поведінкою мережі ітераційним методом найменших квадратів знаходяться оптимальні параметри вузлів четвертого шару. На другому етапі залишкова нев'язка передається з виходу мережі на входи, і методом зворотного поширення помилки модифікуються параметри вузлів першого шару. При цьому, знайдені на першому етапі коефіцієнти висновків правил не змінюються. Під час прямого проходу визначаються параметри виводу методом найменших квадратів. Під час зворотного проходу оновлюються параметри передумов за допомогою методу зниження градієнта. Ітераційна процедура налаштування триває, доки нев'язка перевищує заздалегідь встановлене значення стійкості деталі.

Аналіз сучасних програмних засобів показав, що найбільш оптимальним програмним рішенням для реалізації ІСУ МІО є використання пакета MATLAB [11–13].

Для вирішення поставленого завдання реалізації ІСУ МІО нами були використані (рис. 2):

1. Комп'ютер з програмою MATLAB. Використовувалися блоки:

- блок генетичних алгоритмів для оптимізації режимів МІО, що реалізується за допомогою пакета Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox;

– блок прогнозування результату на основі нечітких нейронних мереж управління МІО реалізовуємо за допомогою пакета Fuzzy Logic Toolbox.

2. Розроблено модуль управління соленоїдом на базі мікропроцесора STM32L-DISCOVERY, який переводить дані режимів обробки з комп'ютера на елементи установки МІО, які нею керують.

3. Установка МІО.

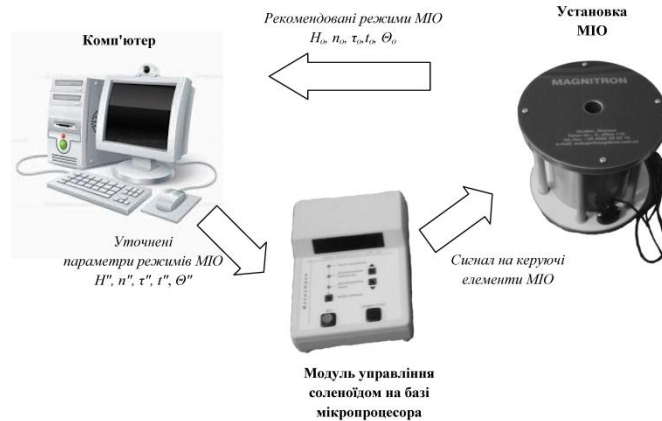


Рисунок 2 – Схема реалізації інформаційної системи управління МІО

У роботі був проведений експеримент дослідження впливу МІО на знос різального інструменту. Експеримент проведений на апараті «Магнітрон» в ході якого було оброблено 250 свердел (сталь Р6М5, діаметр – 4 мм) різними наборами параметрів режимів МІО.

Випробування на знос оброблених МІО свердел були проведені на свердлувальному верстаті 2М112. Виконувалося свердління сталевієї плити зі сталі 40Х, завтовшки 15 мм. Стійкість визначається за кількістю просвердлених отворів випробовуванням свердлом. Оцінювалася стійкість у відсотках, за 100 відсотків бралася стійкість необробленого МІО свердла. Отримані в наслідок експерименту дані – 250 наборів параметрів режимів МІО і отриманої стійкості свердел для кожного набору параметрів, були узяті для повчальної вибірки та записані у блок прогнозування результату на основі нечіткої нейронної мережі.

За результатом експерименту встановлені залежності впливу параметрів режимів МІО на стійкість оброблюваного інструменту до зносу. За допомогою пакета застосованих програм для вирішення завдань технічних обчислень MATLAB були проаналізовані результати досліджень і побудовані відповідні графіки залежності режимів обробки МІО від отриманої стійкості оброблюваного інструменту.

У ході експерименту було встановлено, що для забезпечення зворотного зв'язку в системі управління МІО вихідною величиною стійкість оброблюваного інструменту прийняти неможливо, оскільки для вимірювання стійкості після МІО треба витратити дуже багато часу і технічних засобів, що не забезпечує зворотний зв'язок у системі управління. У ході досліджень було виявлено, що стійкість деталі, яка пройшла магнітну обробку, залежить від величини залишкової намагніченості (сприйнятливості матеріалу). Намагніченість (магнітна сприйнятливість) деталі досить точно визначається за допомогою магнітометрів, тесламетрів або інших приладів, що використовують датчики Хола. У нашому експерименті залишкову намагніченість 250 досліджуваних свердел було виміряно тесламетром НТ20 та побудований графік залежності стійкості від залишкової намагніченості обробленого інструменту.

Тому прогнозування очікуваної стійкості конкретної деталі велося з урахуванням величини залишкового намагнічування. Це дозволило враховувати розсіювання (диспергування) магнітної енергії у виробі конкретної маси і габаритів, а також вносити корективи на перенапруги у зв'язку з перемагнічуванням.

За результатами проведеного експерименту була отримана найбільша стійкість оброблювального свердла при залишковій намагніченості рівній 61,0175 мТл та режимах обробки:

- 1) напруженість магнітного поля – 160 Н;
- 2) час імпульсу в серії – 1,2 с;
- 3) число імпульсів у серії – 1;
- 4) інтервал між імпульсами в серії – 1,6 с;
- 5) число серій імпульсів – 4;

Висновки. У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання підвищення ефективності управління процесом магнітно-імпульсної обробки металевих виробів в умовах застосування інформаційних технологій, що базуються на принципах функціонування нечітких нейронних мереж і генетичних алгоритмів.

Виконано аналіз застосування існуючих інформаційних технологій для вирішення завдань управління процесами магнітно-імпульсної обробки металевих виробів. Визначено необхідність розробки нового і вдосконалення існуючого математичного і програмного забезпечення інформаційних систем управління процесами МІО металевих виробів.

Запропоновано концепцію побудови інформаційної системи управління процесом МІО металевих виробів, що забезпечує адаптивне управління таким процесом в умовах неповноти початкових даних відносно фізико-механічних властивостей конкретного виробу, що дозволяє істотно спростити процес вибору параметрів МІО для схожих за геометричною формою виробів.

Розроблено інформаційну технологію управління МІО металевих виробів, що дозволяє управляти процесами їх обробки з урахуванням властивостей матеріалу і форми виробу і забезпечує швидке переналагодження технологічного устаткування на обробку виробів різного типу.

Розроблено програмне і апаратне забезпечення інформаційної системи управління МІО, що дозволяє здійснити практичну реалізацію створеної інформаційної технології управління процесом обробки металевих виробів.

Визначено основні критерії оцінки ефективності застосування запропонованої інформаційної технології, що дозволяє реалізувати варіанти управління процесом МІО, що забезпечують поліпшення економічних і часових показників такої обробки порівняно з існуючими підходами на 25–30 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малыгин Б. В. Бень А. П. Магнитное упрочнение изделий. (Теория и практика) : монография. Херсон : Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. 352 с.
2. Козлюк А. Ю., Овчаренко А. Г. Конкурентоспособность магнитно-импульсной обра-ботки в машиностроении. *Управление качеством образования, продукции и окружающей среды : матер. Всероссийской науч.-практ. конф.* Бийск: АлтГТУ, 2006. С. 208–211.
3. Бабак В. Ф., Рыженко И. Н. Аспекты проектирования информационных систем. *Тезисы конференции посвященной 200-ю со дня рождения Пушкина.* Бишкек-КРСУ, 1999.
4. Барков М. Б. Системы искусственного интеллекта в машиностроении : учеб. пособие. Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. 119 с.
5. Казаков П. В. Оптимизация многоэкстремальных функций на основе кластерной модификации генетического алгоритма. *Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту КИИ-08 : труды конференции.* Т. 3. М. : Ленанд, 2008. С. 26–32.
6. Минаев Ю. Н., Филимонова О. Ю., Бенамеур Лиес. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе. М. : Горячая линия – Телеком, 2003. 205 с.

7. Атанов С. К. Алгоритмы нечеткой логики в системах с микроконтроллерным управлением. *Dspace software copyright*. 2012.
8. Галушкин А. И. Нейронные сети. Основы теории. М. : Горячая линия – Телеком, 2010.
9. Гончарова С. Г. Интеллектуальная система управления процессом механообработки с оперативным использованием нечеткой нейросетевой модели знаний. *Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat*, 2001. 207 с.
10. Зориктуев В. Ц., Шангареев Р. Р. Система автоматического управления режимами резания на основе нечеткой логики. Уфа : УГАТУ, 2010. Т. 14. № 2 (37). С. 163–169.
11. Кочура А. В. Генетические алгоритмы в MathLab : методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Современные научные проблемы проектирования и технологии электронных средств». Курск, 2010. 19 с.
12. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб : БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

REFERENCES

1. Malihgin, B. V. & Benj, A. P. (2009). *Magnitnoe uprochnenie izdeliy. (Teoriya i praktika)* : monograf. Kherson : Izdatel'stvo Khersonskogo gosudarstvennogo morskogo instituta.
2. Kozlyuk, A. Yu. & Ovcharenko, A. G. (2006). Konkurentosposobnostj magnitno-impul'snoy obra-botki v mashinostroenii. *Upravlenie kachestvom obrazovaniya, proizvodki i okruzhayuthey sredih : mater. vsrossiyjskoy nauch.-prakt. konf.* Biyjsk: AltGTU, 208–211.
3. Babak, V. F. & Rihzhenko, I. N. (1999). Aspektih proektirovaniya informacionnihk sistem. *Tezish konferencii posvyathennoy 200-yu so dnya rozhdeniya Pushkina.* Bishkek-KRSU.
4. Barkov, M. B. (2004). *Sistemih iskusstvennogo intellekta v mashinostroenii* : ucheb. posobie. Saratov : Sarat. gos. tekhn. un-t.
5. Kazakov, P. V. (2008). Optimizaciya mnogoehkstremaljnihih funkciy na osnove klasternoy modifikacii geneticheskogo algoritma. *Odinnadcataya nacionaljnaya konferenciya po iskusstvennomu intellektu KII-08 : trudih konferencii.* Т. 3. Moskva : Lenand, 26–32.
6. Minaev, Yu. N., Filimonova, O. Yu., Benameur Lies. (2003). *Metodih i algoritmih resheniya zadach identifikacii i prognozirovaniya v usloviyakh neopredelennosti v neyrosetevom logicheskom bazise.* Moskva : Goryachaya liniya – Telekom.
7. Atanov, S. K. (2012). Algoritmih nechetkoj logiki v sistemakh s mikrokontrollernim upravleniem. *Dspace software copyright*.
8. Galushkin, A. I. (2010). Neyjronnihe seti. Osnovih teorii. Moskva : Goryachaya liniya – Telekom.
9. Goncharova, S. G. (2001). *Intellektualjnaya sistema upravleniya processom mekhanoobrabotki s operativnim ispoljzovaniem nechetkoj neyrosetevoy modeli znaniy.* *Nauchnaya biblioteka dissertacij i avtoreferatov disserCat*.
10. Zoriktuev, V. C., & Shangareev, R. R. (2010). Sistema avtomaticheskogo upravleniya rezhimami rezaniya na osnove nechetkoj logiki. Ufa : UGATU. Т. 14. № 2 (37), 163–169.
11. Kochura, A. V. (2010). *Geneticheskie algoritmih v MathLab* : metodicheskie ukazaniya po vihpolneniyu laboratornoy rabotih po discipline «Sovremennihe nauchnihe problemih proektirovaniya i tekhnologii ehlektronnihk sredstv». Kursk.
12. Leonenkov, A. V. (2005). *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH.* Sanct-Peterburg : BKhV-Peterburg.

Врублевский Р. Е. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
Сложность управления процессом МИО заключается в том, что необходимо одновременно осуществлять управление несколькими параметрами (напряженностью магнитного поля, числом импульсов в серии, тем импульса в серии, интервалами между импульсами в серии, числом серий импульсов). На данный момент времени фактически отсутствуют четкие формальные модели.

описывающие процесс действия импульсного магнитного поля на изделие. Целью работы является повышение эффективности процесса МИО металлических изделий по время благодаря разработке информационной системы управления. В статье изложен метод построения базы нечетких правил на основе многочисленных данных для интеллектуальной системы управления выбором режимов магнитно-импульсной обработки на основе сети ANFIS. Данный метод позволит снизить время построения базы правил модуля управления процессом. Разработано программное и аппаратное обеспечение информационной системы управления МИО, что позволяет осуществить практическую реализацию созданной информационной технологии управления процессом обработки металлических изделий.

Определены основные критерии оценки эффективности применения предлагаемой информационной технологии, позволяющей реализовать варианты управления процессом МИО, обеспечивающих улучшение экономических и временных показателей такой обработки по сравнению с существующими подходами на 25-30%.

Ключевые слова: база нечетких правил, интеллектуальная система управления, магнитно-импульсная обработка.

Vryblevskiy R. Ye. INFORMATION SYSTEM FOR CONTROL OF MAGNETIC-PULSE PROCESSING OF DETAILS OF SHIP POWER PLANTS

The complexity of controlling the M&E process is that it is necessary to simultaneously control several parameters (magnetic field strength, number of pulses in series, pulse time in series, intervals between pulses in series, number of pulse series). At this point in time, there are in fact no clear formal models describing the process of action of a pulsed magnetic field on a product. The purpose of the work is to increase the efficiency of the M&E process of metal products by developing an information management system. The article describes the method of constructing a fuzzy rule base based on numerical data for an intelligent control system for the selection of magnetic pulse processing modes based on the ANFIS network. This method will reduce the time to build a rule base of the process control module. The important scientific-applied problem of increasing the efficiency of control of the process of magnetic-pulse processing of metal products in the conditions of application of information technologies based on the principles of functioning of fuzzy neural networks and genetic algorithms is solved in the work.

The analysis of the use of existing information technologies for solving the problems of control of the processes of magnetic-pulse processing of metal products is performed. The necessity of development of new and improvement of existing mathematical and software of information systems of process control of MIO of metal products is determined.

The concept of construction of an information system for process control of MIO of metal products is offered, which provides adaptive control of such process in the conditions of incompleteness of the initial data with respect to the physical and mechanical properties of a specific product, which allows to simplify significantly the process of choosing the parameters of MIO for similar geometric products.

The information technology of control of M&E of metal products is developed, which allows to control the processes of their processing taking into account the properties of the material and the shape of the product and provides a quick adjustment of technological equipment for processing of products of different type.

The software and hardware of the MIO control information system have been developed, which enables the practical implementation of the created information technology of metalworking process control.

The main criteria for evaluating the efficiency of the application of the proposed information technology, which allows to implement options for managing the process of M&E, which provide an improvement in the economic and temporal indicators of such processing, compared with existing approaches by 25-30%.

Keywords: fuzzy rule base, intelligent control system, magnetic pulse processing.

© Врублевський Р. Є.

Статтю прийнято
до редакції 3.05.19