

А. В. Гнатов¹
Щ. В. Аргун¹

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Описано інноваційне обладнання зовнішнього ремонту кузовних елементів автомобілів, яке розроблене в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ. Описано нову прогресивну технологію зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування пошкоджених елементів кузовних панелей. Запропоновано технологічний маршрут операції зовнішнього рихтування. Описано систему індукційного нагріву, розроблену в Лабораторії електромагнітних технологій, наведені її технічні характеристики і переваги.

Ключові слова: зовнішнє рихтування, видалення вм'ятин, кузовний ремонт, індукційний нагрів, кузовна панель, магнітно-імпульсні технології ремонту.

Вступ

З кожним роком у світі величезними темпами зростає кількість автомобілів. Україна займає 65 місце у загальносвітовому рейтингу за кількістю автомобілів на душу населення, маючи показник 98 машин на 1000 людей. Але разом зі збільшенням кількості автотранспортних засобів, зростає і кількість ДТП за їх участю, у яких, тією чи іншою мірою, пошкоджуються панелі кузовних елементів автомобілів. Крім аварійних ситуацій, поява вм'ятин на кузовних панелях автомобілів зумовлена також і низкою інших причин. Наприклад, град, невдале паркування, камені з-під коліс машин, що їдуть попереду, тощо. Тому операції, які пов'язані з ремонтом і реставрацією кузовних панелей автомобілів, є досить актуальними і користуються все більшим попитом.

Як показують статистичні дані, до 80 % пошкоджень є невеликими та середніми. Половина з них — це вм'ятини, які не потребують заміни всього елемента й усуваються рихтуванням. Більше 50 % таких пошкоджень становлять зони з ускладненим або повністю закритим зворотним доступом. У зв'язку з цим особливий інтерес викликають методи відновлення кузовів автомобілів, що дозволяють здійснювати зовнішнє рихтування без розбирання кузовних елементів і порушення наявного захисного покриття. Найбільш яскравими прикладами є безконтактні магнітно-імпульсні методи відновлення кузовних панелей автомобілів (зовнішнє безконтактне магнітно-імпульсне рихтування) [1—3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Слід звернути увагу і на наявність інших, альтернативних по відношенню до магнітно-імпульсного, методів видалення вм'ятин з листових металів. Так, фірмою Beulentechnik AG (зараз «Beta Innovation») [4] запропоновані механічні способи зовнішнього рихтування вм'ятин на автомобільних кузовах. Проте їх практичне здійснення вимагає високої кваліфікації виконавця і не є достатньо якісними з погляду збереження елемента, що відновлюється. Американськими інженерами запропоновано низку технічних способів видалення вм'ятин з металевих конструкцій. Наприклад, в патентах [5, 6] описаний спосіб видалення вм'ятин за допомогою магніту (електромагніту). Суть цього способу полягає у тому, що до місця з вм'ятиною на металі підносять магніт, а з протилежної сторони, тобто зі зворотної сторони пошкодженої ділянки листового металу, підносять металевий об'єкт, який має гарні магнітні властивості (кульку, ролик, масивну металеву підкладку). Магніт, притягуючи металевий об'єкт, видаляє вм'ятину. В патенті [7] запропоновано комплекс з видалення вм'ятин з кузовів автомобілів, в основу якого покладено поєднання гідравліки з електромагнітом. В патенті [8] описаний пневматичний спосіб і устаткування для видалення вм'ятин з кузовів автомобілів. Також є вакуумний спосіб видалення вм'ятин описаний в патенті [9]. В монографії [10] описується спосіб видалення вм'ятин за допомогою інтенсивного нагріву з подальшим різким охолодженням ділянки, де знаходиться вм'ятинка. Автори монографії [11] описують спосіб прямого пропускання струму через оброблюваний метал, принцип дії якого оснований на взає-

модії паралельних провідників зі струмами (закон Ампера). В результаті провідники з однаково направленими струмами притягуються один до одного, що і лежить в основі усунення деформацій.

Загальним недоліком перелічених методів є те, що захисне лакофарбове покриття кузовної панелі в процесі такого рихтування пошкоджується. Більшість з цих методів потребує доступу до пошкодженої ділянки кузовної панелі з протилежної сторони, тобто вимагає розбирання і демонтаж кузовних елементів.

Метою роботи є опис з практичною апробацією нових прогресивних методів зовнішнього магнітно-імпульсного ремонту кузовних елементів автомобілів, розроблених в Лабораторії електромагнітних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ).

Комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування

У лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ розроблено експериментальний варіант (прототип) комплексу зовнішньої магнітно-імпульсної рихтування кузовних панелей автомобілів, рис. 1 [12].

Технічні характеристики комплексу: енергія, що накопичується $W = 2$ кДж; напруга мережі живлення $\sim 380/220$ В; ємність конденсаторів $C = 1200$ мкФ; власна частота $f_0 = 7$ кГц; власна індуктивність $L = 440...500$ нГн; напруга заряду ємнісних накопичувачів $U_3 = 100...2100$ В; частота проходження розрядних імпульсів $f_{\text{имп}} = 1...10$ Гц.

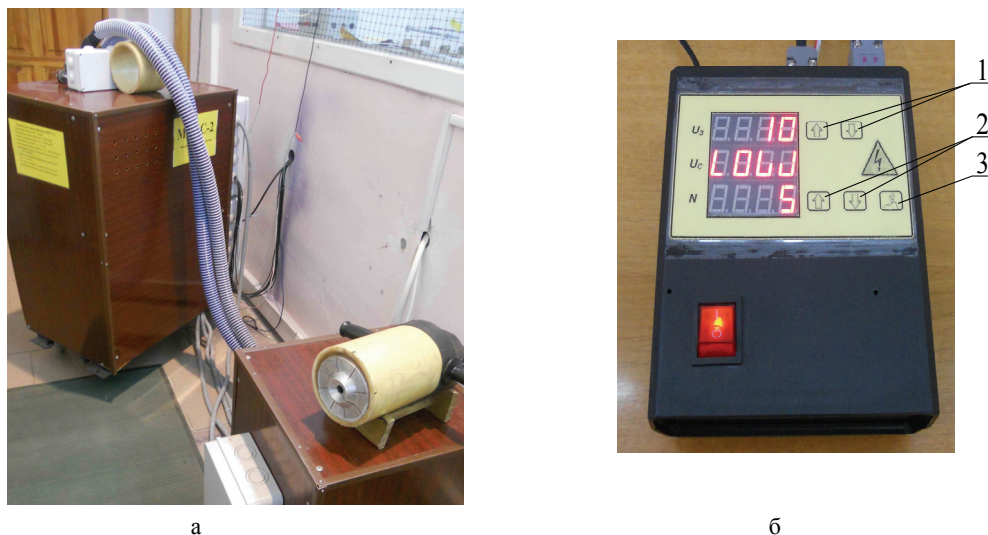


Рис. 1. Експериментальний комплекс зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування: а — МІУС-2 з кабельним приєднанням інструмента; б — пульт управління: 1 — кнопки збільшення/зменшення напруги заряду конденсаторних батарей; 2 — кнопки збільшення/зменшення кількості розрядних імпульсів; 3 — кнопка «Пуск» — заряду/розряду конденсаторних батарей

В ході теоретичних та експериментальних досліджень, щодо зовнішнього рихтування кузовних панелей автомобілів, авторським колективом Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ запропонований та відпрацьований технологічний маршрут операції зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування.

Технологічний маршрут

1. Проводиться зовнішній огляд поверхні елементів кузова автомобіля на предмет оцінки пошкоджень, як об'єктів, що підлягають усуненню (рис. 2а). Виходячи з геометричних розмірів і характеру виявлених вм'ятин визначаються рівень та інтенсивність необхідного силового впливу.

2. Визначається геометричний розмір вм'ятини, її форма та фіксується маркером, який легко стирається (рис. 2б).

3. На поверхні елемента кузовної панелі над вм'ятиною розміщується спеціальна діелектрична накладка, призначення якої — жорстка фіксація робочої зони інструменту зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування по відношенню до зовнішніх кордонів вм'ятини, що підлягає усуненню (рис. 2в).

4. Вибирається необхідний рівень енергії, який встановлюється оператором на пульті управління.

5. Вибирається необхідна кількість розрядних імпульсів силового впливу.

6. Оператор фіксує інструмент зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування над вм'ятиною на кузовній панелі автомобіля (рис. 2в).

7. Оператор приводить систему зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування кузовної панелі автомобіля в дію (рис. 2г). Сили, що виникають, притягують метал кузовної панелі в області робочої зони інструменту до стадії вирівняної поверхні.

8. Після проведення операції рихтування та корекції інструмент і діелектрична накладка забираються, стираються нанесенні маркером позначки (рис. 2д, е).

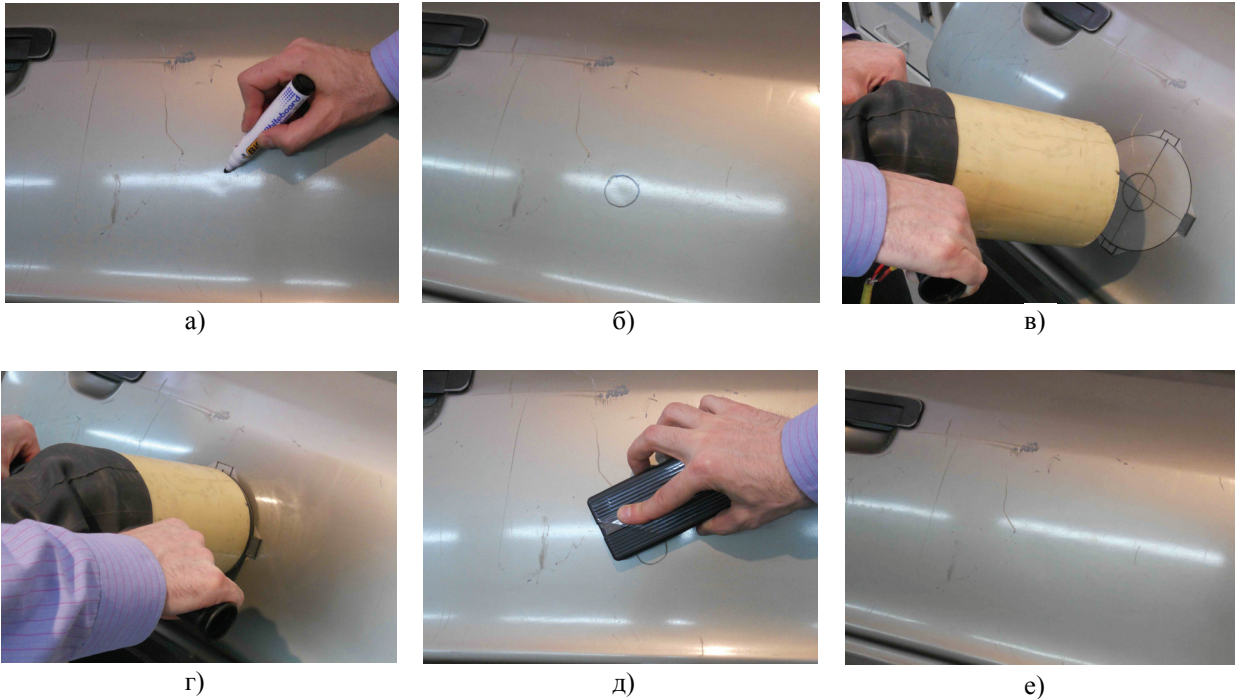


Рис. 2. Фотоілюстрації технологічного маршруту: а — визначення вм'ятини; б — позначення її граничних розмірів; в — фіксація інструменту над вм'ятиною; г — магнітно-імпульсне рихтування; д — видалення маркерних позначень; е — панель дверей автомобіля після рихтування

Індукційний нагрів в ремонтних технологіях

Індукційний нагрів (ІН) — відоме фізичне явище, яке часто застосовується у багатьох технологіях, де необхідно виконувати швидкий локальний нагрів металевих об'єктів до високих температур з метою їх подальшої обробки. Це явище базується на генерації теплоти в металі об'єкта (закон Джоуля–Ленца) за рахунок струмів Фуко, які індукуються зовнішнім змінним електромагнітним полем. З 1930 р. вперше почали застосовувати індукційний нагрів для плавки металів у великих об'ємах [13]. Швидка і своєчасна модернізація будь-яких технологічних процесів, слугує запорукою успішного розвитку та утримання на ринку тієї чи іншої галузі виробництва або сервісу. Альтернативним є використання описаного явища при виконанні технічного обслуговування та ремонту автомобіля. За допомогою установок ІН можна прискорювати демонтажні роботи, це — розігрів болтових з'єднань; складних клеєних частин; зняття лакофарбового покриття та ін., рис. 3.

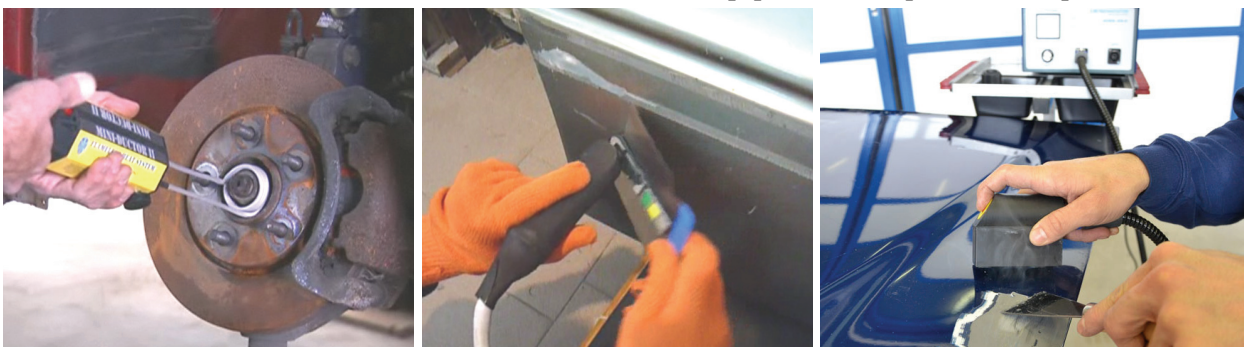


Рис. 3. Індукційний нагрів в ремонтних технологіях автотранспорту

Ще однією з можливих реалізацій ІН для ремонтних технологій на транспорті є локальний нагрів кузовної панелі автомобіля, що дає можливість виконувати усунення вм'ятин, якщо не сталося розтягнення металу, шляхом ослаблення внутрішніх напружень в металі (операції з усадки металу). Ідея використовувати попередній ІН в технологіях магнітно-імпульсної обробки металів, була запропонована ще в 1984 р. [14]. Авторами пропозиції розроблена і створена система, яка реалізує протікання струму в обмотці робочого інструмента до моменту силового впливу. Попередній індукційний нагрів дозволяв суттєво підвищити ефективність магнітно-імпульсного деформування в цілому.

Найцікавішим залишається альтернативне застосування ІН в технологіях поверхневого рихтування неглибоких вм'ятин у металевому корпусі. На рис. 4. докладно пояснена суть цього методу.

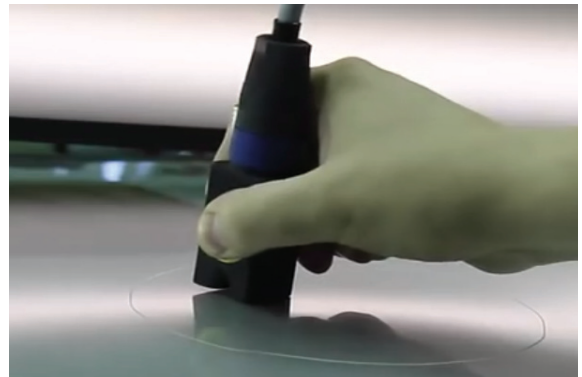
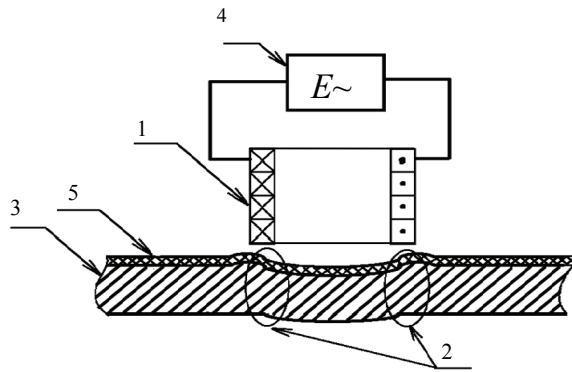


Рис. 4. Видалення вм'ятин (ліворуч — схема методу, праворуч — фізична реалізація):

1 — котушка інструмента ІН; 2 — область пошкодженої ділянки кузовної панелі; 3 — кузовна панель автомобіля; 4 — джерело енергії; 5 — шар захисного лакофарбового покриття

У випадку якщо викривлення поверхні 3 (див. рис. 4) не зумовлено розтяганням металу, то можна видалити дефект без пошкодження поверхневого шару лакофарбового покриття. Інструмент-індуктор 1 розміщується в області викривлення і виконує нагрів. За рахунок послаблення наявних напружень в металі, які власне і утворюють викривлення, відбувається усадка металу в області 2. Таким чином зберігається цілісність поверхневого захисного шару і виключається необхідність у класичному видаленні вм'ятини за допомогою спотерів або інших механічних важільних конструкцій.

На рис. 5 показано зовнішній вид системи індукційного нагріву, розробленої в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ [12].

Робочі характеристики розробки:

- мережа живлення ~ 220 В, 50 Гц;
- потужність до ~ 2 кВт;
- максимально можлива температура нагріву до ~ 1200 °С.

Базова комплектація:

- джерело потужності;
- інструмент точкового (локального) розігріву для демонтажу автомобільного скла, рихтування дрібних вм'ятин;
- інструмент широкого розігріву (областей діаметром до 100 мм) для зняття старої фарби, демонтажу декоративних накладок і молдингів;
- інструмент розігріву кутових поверхонь для демонтажу фланцевих стиків, вихлопних колекторів;
- інструмент нагріву гайок і болтів для роз'єднання різьбових з'єднань.

Переваги запропонованої розробки:

- відсутність відкритого вогню;
- рівномірність прогріву по всій поверхні;
- легкість і мобільність, відсутність витратних матеріалів;
- простота в користуванні (відсутність спеціальної підготовки).



Рис. 5. Система індукційного нагріву ХНАДУ

Висновки

1. Показана актуальність, і перспективність впровадження магнітно-імпульсних технологій, також методи та способи ремонту і відновлення кузовних елементів транспортних засобів.
2. Описані розробки Лабораторії електромагнітних технологій з практичною апробацією нової прогресивної технології зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування пошкоджених елементів кузовних панелей автомобілів без їх розбирання і демонтажу і систем індукційного нагріву для ремонтних технологій на автотранспорті.
3. Запропонований технологічний маршрут операції зовнішнього безконтактного магнітно-імпульсного рихтування.
4. Описані системи індукційного нагріву для ремонтних технологій на автотранспорті та розробка системи індукційного нагріву Лабораторії електромагнітних технологій з її технічними характеристиками і перевагами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гнатов А. В. Новая современная технология внешней бесконтактной рихтовки автомобилей / А. В. Гнатов // Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матер. VI Міжнародної наук.-практ. конф., (Вінниця, 21—23 жовтня, 2013 р.) — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 192 с. (С. 39—41).
2. Гнатов А. В. Научные основы восстановления кузовных панелей автомобилей методами внешней бесконтактной рихтовки: дис. ... доктора техн. наук : 05.22.20 / Гнатов Андрей Викторович. — Х., 2014. — 391 с.
3. Кузовные работы : [пособие по самостоятельному ремонту. Цветные фотографии]. — Днепропетровск : Монолит, 2011. — 164 с.
4. Welcome to BETAG Innovation — 2014. [Електронний ресурс] — Режим доступу : www.beulentechnik.com.
5. Пат. 7,124,617 B2 USA (США), B21J 15/24 B21D 5/00. Magnetic dent removal device, method and kit / Eric Richard Satterlee, Wayne Tanabe; заявитель и патентообладатель Eric Richard Satterlee, Wayne Tanabe, Hickory, Arlington HeightP. — № 10/341,611 ; заявл. 14.01.2003; опубл. 24.10.2006.
6. Пат. 7,143,627 B2 USA (США), B21J 15/24. Apparatus and method for removing dents from metal / James M. Akins; заявитель и патентообладатель James M. Akins, Dublin. — № 11/138,057 ; заявл. 26.05.2005; опубл. 05.12.2006.
7. Пат. 4,252,008 USA (США), B21D 26/14. Apparatus for removing dents from automobile bodies and the like / William L. Dibbens; заявитель и патентообладатель William L. DibbenP. — № 12/648 ; заявл. 16.02.1979; опубл. 24.02.1981.
8. Пат. 6,014,885 USA (США), B21D 1/06. Dent removal apparatus and method of operation / Gerald J. Griffaton; заявитель и патентообладатель Gerald J. Griffaton, Berwyn. — № 08/958,424 ; заявл. 27.10.1997; опубл. 18.01.2000.
9. Пат. 6,538,250 B1 USA (США), B21D 1/12. Apparatus and method for vacuum dent repair / Borchert Donald Paul; заявитель и патентообладатель Dent Defyer Inc. — № 09/707,562 ; заявл. 06.11.2000; опубл. 25.03.2003.
10. Гнатов А. В. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Магнитно-импульсные технологии бесконтактной рихтовки кузовных элементов автомобиля : моногр. / А. В. Гнатов, Ю. В. Батыгин, Е. А. Чаплыгин // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. — 242 с.
11. Туренко А. Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями : моногр. / А. Н. Туренко, Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов. — Х. : ХНАДУ, 2009. — 240 с.
12. Лаборатория электромагнитных технологий [Электронный ресурс] // Материалы сайта — 2015. — Режим доступа : <http://electromagnetic.comoj.com>.
13. Слухоцкий А. Е. Установки индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий. — Ленинград : Энергоиздат, 1981. — 330 с.
14. Белый И. В. Деформирование металлов импульсным электромагнитным полем с предварительным индукционным нагревом заготовок / И. В. Белый, Л. Д. Горкин, Л. Т. Хименко // Кузнечно-штамповочное производство. — М. : 1984. — № 7. — С. 6—8.

Рекомендована кафедрою опору матеріалів та прикладної механіки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.05.2015

Гнатов Андрій Вікторович — д-р техн. наук, доцент, професор кафедри автомобільної електроніки, e-mail: kalifus@yandex.ua;

Аргун Щасяна Валіковна — канд. техн. наук, старший викладач кафедри автомобільної електроніки, e-mail: shasyana@gmail.com.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

A. V. Hnatov¹
Shch. V. Argun¹

Modern technologies of external magnetic-pulse car body repair

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

The innovative equipment of car body part external repair that was developed by Electromagnetic technology laboratory KhNAHU, is described. The proposals of the new advanced technology of car body panel damaged elements of external magnetic-pulse straightening are presented. The processing route of external straightening operation is described. The induction heating system development of Electromagnetic technology laboratory is presented; its technical specifications and advantages are given.

Keywords: external straightening, dent removal, car body repair, induction heating, car body panel, magnetic-pulse repair technologies.

Hnatov Andrii V. — Dr. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Professor of the Chair of Automotive Electronics, e-mail: kalifus@yandex.ua;

Argun Shchasiana V. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Chair of Automotive Electronics, e-mail: shasyana@gmail.com.

A. B. Гнатов¹
Щ. В. Аргун¹

Современные технологии внешнего магнитно-импульсного кузовного ремонта автомобилей

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Описано инновационное оборудование внешнего ремонта кузовных элементов автомобилей, разработанное в Лаборатории электромагнитных технологий ХНАДУ. Представлена новая прогрессивная технология внешней магнитно-импульсной рихтовки поврежденных элементов кузовных панелей. Описаны технологический маршрут операции внешней рихтовки и система индукционного нагрева, разработанная в Лаборатории электромагнитных технологий, приведены ее технические характеристики и достоинства.

Ключевые слова: внешняя рихтовка, удаление вмятин, кузовной ремонт, индукционный нагрев, кузовная панель, магнитно-импульсные технологии ремонта.

Гнатов Андрей Викторович — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автомобильной электроники, e-mail: kalifus@yandex.ua;

Аргун Щасяна Валиковна — канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры автомобильной электроники, e-mail: shasyana@gmail.com