

Тернопільського нац. техн. у-ту ім. І. Пулюя, 5-6 грудня 2012 р. : тези доп. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – Т. II. – С. 5.

3. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.

4. Аванесов Ю.Б. Свеклоуборочные машины / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов. – М., 1979. – 351 с.

5. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.

6. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин / В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Зб. наук. праць міжн. наук.-практ. конф. “Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин”. – Тернопіль : ТДТУ, 2004. – С. 192–198.

7. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.

8. Татьяна Н.В. О вероятностном методе оптимизации систем сельскохозяйственного производства / Н.В. Татьяна // Тр. ВИСХОМ, УкрНИИСХОМ. – М., 1986. – С. 11–20.

Наведено метод разработки детерминированных математических моделей, которые описывают интенсификацию процесса отделения примесей от вороха корнеплодов комбинированными рабочими органами транспортно-технологических систем адаптированной корнеуборочной машины.

Ворох корнеплодов, технологический процесс, поток, входная масса, компоненты вороха, дифференциальное уравнение.

The method of development of determined mathematical models which describe intensification of process of separation of admixtures from lots of root crops combined workings organs of transport-technological systems of the adapted root-harvesting machine is pointed.

Beet-root tops, technological process, stream, entrance mass, components of lots, differential equalization.

УДК 614.8:631.3

МЕТОДИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПОШКОДЖЕННЯ У ДЕТАЛЯХ І ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

О.В. Войналович, кандидат технічних наук

© О.В. Войналович, 2014

Для виявлення дефектів у деталях машин і елементів конструкцій широке застосування знайшли ультразвукові і вихорострумові методи дефектоскопії. Найбільш важливими параметрами, що визначають ефективність того чи іншого методу дефектоскопії, є чутливість та достовірність методу, можливість виявляти дефекти без підготовки контрольованої поверхні, трудомісткість і вартість контролю, його продуктивність.

Неруйнівний контроль, методи дефектоскопії, вихорострумовий метод, сільськогосподарська техніка.

Поставлення проблеми. Неруйнівний контроль деталей і елементів конструкцій дає змогу оцінити їх технічний стан, визначити можливість подальшої експлуатації вузла чи системи машини без замінення або відбракування пошкоджених елементів (деталей). З огляду на те, що для багатьох деталей вузлів сільськогосподарських машин через незадовільну дефектоскопічну технологічність (складність доступу до поверхні деталі) виявлення дефектів докритичного розміру ускладнено, необхідно визначитися, які методи дефектоскопії можна використати для контролю деталей та елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки з найбільшою ефективністю.

Потрібно розуміти, що ефективність контролю часто визначає не мінімальність параметрів (розмірів) виявлених дефектів, а тривалість проведення контролю, надійність та достовірність виявлення тріщин, повторюваність результатів за однакових умов дослідження, витрати на підготовку контрольованої поверхні та ін.

Аналіз останніх досліджень. Нині регламенти дефектування вузлів і деталей мобільної сільськогосподарської техніки (тракторів, комбайнів та ін.) передбачають здебільшого їх візуальний контроль (виявлення видимих пошкоджень, забоїв і тріщин), визначення змін конфігурації та розмірів деталей (вимірювання лінійкою чи штангенциркулем величини спрацювання, вигнутості, скрученості, биття, короблення, неперпендикулярності та інших порушень взаємного розміщення осей і поверхонь деталей) [1].

Разом з тим важливо у практику технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки впроваджувати сучасні дефектоскопічні пристрої, що дозволяють знаходити приховані дефекти (тріщини, раковини, непроварені місця тощо), які можуть зумовити раптові відмови техніки та аварійні ситуації, що призводять до нещасних випадків [2-4].

Мета досліджень. Проаналізувати можливості сучасних методів дефектоскопії для виявлення експлуатаційного

пошкодження деталей та елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки.

Результати досліджень. Сучасні методи дефектоскопії на основі неруйнівного контролю поділяють на такі основні види – оптичний, капілярний, акустичний, магнітний, вихорострумовий, електричний, радіохвильовий, тепловий, радіаційний [5]. Більшість із зазначених методів мають різновиди, призначені для виконання спеціальних досліджень та контролю. Так, до капілярних методів виявлення дефектів належать: колірний, яскравості, люмінесцентний, люмінесцентно-колірний, капілярно-електростатичний, капілярно-електроіндуктивний, капілярно-магнітопорошковий, капілярно-радіаційний.

Серед видів акустичного методу в лабораторіях і на практиці широко використовують такі різновиди: тіньовий, дзеркально-тіньовий, велосиметричний, луна-метод, дельта-метод та ін. До електричних методів дефектоскопії також належать методи: електричного потенціалу, реєстрації спотворення електромагнітного поля, електростатичний порошковий, електроіскровий, електричного опору. Вибираючи найбільш прийнятний та ефективний метод дефектоскопії, необхідно орієнтуватися на вид дефектів, які необхідно виявити у деталях та елементах конструкції. У таблиці вказано, яким методам дефектоскопії надають перевагу для знаходження тріщин, що утворилися внаслідок різних технологічних процесів виготовлення деталей та важких умов їх експлуатації.

З переліку методів дефектоскопії видно, що універсального методу виявлення тріщин не існує, кожен з них має певні апаратурні та метрологічні переваги, а також обмеження як щодо розташування дефектів, так і щодо форми та матеріалу деталі.

Для знаходження дефектів використовують як достатньо прості методи, так і досить складні у застосуванні (наприклад, томографії чи проникнення радіоактивних газів – як у радіаційних методах), що потребують дорогого обладнання і захисту фахівців, які проводять контроль, від шкідливих чинників довкілля.

Для візуального, радіографічного, капілярного, магнітопорошкового, вихорострумового та деяких інших методів дефектоскопії впроваджено національні стандарти неруйнівного контролю [2-4], яких потрібно неухильно дотримуватися.

Велика частина відомих методів дефектоскопії дозволяє лише за лабораторних умов виявити дефекти, розміри яких набагато менші критичних, що призводять до зруйнування деталей машин і конструкцій. Але їх застосування за виробничих умов зумовлює суттєві труднощі щодо розміщення дефектоскопічної апаратури, достовірності отримання даних про місце розташування та розміри

дефектів. Значення має також і можливість проведення дефектоскопічного контролю для масиву деталей протягом короткого часу з мінімальним перелаштуванням апаратури.

Рекомендації щодо застосування методів дефектоскопії для виявлення тріщин, які виникли під час певних технологічних процесів [5].

№ п/п	Назва технологічного процесу	Вид тріщин	Методи дефектоскопії
1.	Плавлення і лиття		Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), вихорострумний, сцинтиляційний, електричний
2.	Оброблення тиском	Внутрішні	Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), ферозондовий, індукційний
		Зовнішні	Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), вихорострумний, магніто-порошковий, ферозондовий, індукційний
3.	Термічне оброблення	Термічні	Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), вихорострумний, магніто-порошковий, ферозондовий
		Водневі	Вихорострумний, магнітографічний, ферозондовий
4.	Механічне оброблення	Від верстатного оброблення	Вихорострумний, магніто-порошковий
		Від шліфування	Вихорострумний, магніто-порошковий
5.	З'єднання металів	Тріщини наклепу	Акустичне відбивне випромінювання
6.	Експлуатаційний вплив	Втомні	Акустичне відбивне випромінювання, акустико-емісійний, магніто-порошковий, вихорострумний, ферозондів, голографічний, електричний
		Корозійні	Акустичне відбивне випромінювання, вихорострумний, голографічний

У деталях і елементах конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки експлуатаційні тріщини здебільшого виникають внаслідок втоми [6]. Їхніми осередками найчастіше є візуально невидимі дефекти мікроструктури, зони різної зернистості, ділянки з підвищеною концентрацією та градієнтом залишкових механічних напружень, зумовлені технологією виробництва деталей. Зони повільного і прискореного розвитку тріщин також можуть бути пов'язані з корозійними втомними процесами протягом експлуатації сільськогосподарських агрегатів. Для прогнозування їх залишкового

ресурсу і продовження терміну експлуатації важливо виявити дефекти на ранніх стадіях виникнення та поширення тріщини [7].

В елементах конструкцій тракторів і мобільних сільськогосподарських машин втомні тріщини також зароджуються від отворів, заклепок та інших концентраторів напружень. Ширина розкриття тріщин на поверхні деталі істотно більша, ніж на глибині [8]. Методами дефектоскопії найважче виявляти дефекти, розташовані паралельно поверхні деталі. Корозійні дефекти локалізуються на окремих ділянках, а далі можуть поширитися на всю поверхню деталі [9].

Щодо розташування у деталях і елементах конструкцій розрізняють поверхневі та внутрішні дефекти (тріщини). До поверхневих експлуатаційних дефектів належать риси, забоїни, тріщини малоциклової та багатоциклової втоми, тріщини повзучості та корозії тощо. Близько 90% всіх забоїв, що утворюються внаслідок ударів сторонніми предметами, мають глибину до 0,5 мм. Разом з тим такі неглибокі дефекти створюють концентрацію місцевих напружень і знижують границю витривалості деталі [5].

Вибір методу дефектоскопії залежить від місця розташування дефектів, їх довжини та глибини залягання під поверхнею металу. Важливим є також наявність чи відсутність захисного покриття (фарби, мастила, окалини, іржі тощо) на поверхні контрольованої деталі. Далі проаналізовано апаратні можливості методів дефектоскопії щодо виявлення тріщин у деталях і елементах конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки.

Акустична дефектоскопія дозволяє контролювати наявність тріщин у деталях порівняно простої форми. Виявляють плоскі, об'ємні, лінійні та цяткові дефекти, а також ті, що виникли внаслідок корозії [10].

Найбільш поширеним методом виявлення дефектів в акустичній дефектоскопії є імпульсний луна-метод, принцип дії якого полягає у посиленні коротких ультразвукових імпульсів і відбиванні їх від поверхні дефекту, а також зворотного боку деталі чи елемента конструкції [6]. За допомогою дефектоскопів, в яких реалізовано луна-метод, можна виявити дефекти площею понад 1 мм² (раковини, розшарування та ін.), які розташовані на досить великій глибині під поверхнею металу.

Основними недоліками луна-методу і методу звукової тіні у разі дефектоскопічного контролю деталей мобільної сільськогосподарської техніки є: неможливість виявлення тріщин у деталях складної форми; висока чутливість до шорсткості поверхні деталі, а тому існує необхідність ретельної (трудомісткої) підготовки

поверхні, що обмежує масовість контролю; складність визначення параметрів поверхневих та наскрізних дефектів.

Для виявлення розшарування в елементах конструкцій (корозійного чи між шарами різнорідних матеріалів) використовують резонансний, велосиметричний та імпедансний методи, а також метод вільних коливань [11]. Але ці методи складно застосувати на виробництві (у ремонтних підприємствах сільськогосподарської галузі), враховуючи велику номенклатуру деталей тракторів і мобільних сільськогосподарських машин, які підлягають дефектоскопічному контролю, та необхідність частого перелаштування дефектоскопічної апаратури.

В електромагнітно-акустичному методі ультразвукові коливання виникають внаслідок взаємодії змінного і постійного магнітних полів з металом контрольованого об'єкту [12]. Цей метод також мало прийнятний для загального контролю деталей тракторів і мобільних сільськогосподарських машин, для виготовлення яких використовують сталі і сплави різної магнітної проникності.

Люмінесцентний і колірний методи дефектоскопії [13] використовують явище капілярного проникнення рідини з високими змочувальними характеристиками у тріщини, пори та інші поверхневі неоднорідності. Ці методи неефективні для контролю деталей із грубою шорсткою поверхнею і незастосовні для перевірки пористих матеріалів. Недоліками їх є необхідність видалення захисних покривів і тривалість процесу контролю (кілька годин), низька ймовірність виявлення дефектів у матеріалах зі значними залишковими напруженнями стиску. Все це накладає суттєві обмеження щодо застосування капілярних методів у ремонтних підрозділах сільськогосподарських підприємств.

Принцип дії магнітних методів дефектоскопії базується на реєстрації магнітних полів розсіювання, що виникають навколо дефектів. Застосовують магніто-порошковий, магнітографічний, ферозондів та індукційний методи, гальваномагнітні та інші способи індикації полів розсіювання.

Електромагнітний метод застосовують для визначення фізичних і механічних властивостей деталей з магнітних матеріалів, а також реєстрації втомних тріщин [14]. Магнітні методи дефектоскопії знайшли переважне застосування у лабораторних та стаціонарних заводських умовах [15, 16].

За допомогою магнітно-порошкової дефектоскопії виявляють поверхневі дефекти, а також дефекти на глибині до 2 мм під поверхнею. Чутливість методу суттєво залежить від якості застосовуваного порошку, спрямованості магнітного поля, конфігурації контрольованого виробу, тож його складно

використовувати за умов ремонтних підрозділів сільськогосподарських підприємств.

За допомогою індукційних дефектоскопів виявляють тріщини і непровари у зварних з'єднаннях, прутках і канатах, які застосовують у підіймальних пристроях [17]. Разом з тим основною галуззю застосування цих приладів є стаціонарні заводські та лабораторні умови. У тепловому методі (інфрачервоного випромінювання) використовують хвилі довжиною 0,8-10 мкм. Тепловізори реагують на невелику різницю температур на поверхні деталі (кілька десятих градуса) [18]. Щодо контролю деталей мобільної сільськогосподарської техніки використання теплових методів без належної підготовки поверхонь і зняття покривів на них (знежирення, зачищення від іржі, фарби) малоефективне.

Метод електричного потенціалу є одним з найпростіших і нетрудомістких методів дефектоскопії, що дозволяє вимірювати глибину поверхневих криволінійних тріщин, тобто досліджувати кінетику розвитку форми тріщини. Його недолік – відносно невисока чутливість.

Перевагою радіаційних методів є можливість визначення координат і форми дефектів (із застосуванням томографії), недолік – громіздкість і складність використовуваної апаратури, що неприйнятно щодо потреб оперативного контролю деталей сільськогосподарської техніки. Використання рентгенівської апаратури дефектоскопічного контролю у ремонтних сільськогосподарських підприємствах вимагає підготовки відповідних фахівців, їх відповідної реєстрації чи укладання договорів на проведення обстеження з підприємствами, що мають ліцензії на проведення такого виду неруйнівного контролю.

Отже, узагальнюючи висновки виконано аналізу методів дефектоскопії, які можна було б використати для виявлення дефектів у деталях і елементах конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки, насамперед потрібно зазначити, що оптичні та капілярні методи, які широко застосовують у машинобудуванні, не дозволяють виявляти внутрішні дефекти. Найбільш поширений нині у практиці ремонтних підрозділів сільськогосподарських підприємств візуально-оптичний метод контролю деталей порівняно з іншими характеризується низькою чутливістю, малою надійністю та достовірністю виявлення дефектів.

Взагалі можливості знайти дефекти всередині матеріалу або на недоступному для датчику боці деталі для більшості методів дефектоскопії обмежені, тут застосовують здебільшого акустичні, вихорострумові та радіаційні методи. Але радіаційні методи, зокрема найбільш поширені радіографічні, передбачають

застосування рентгенівського і гамма-випромінювання, а тому не завжди можуть конкурувати з ультразвуковим методом.

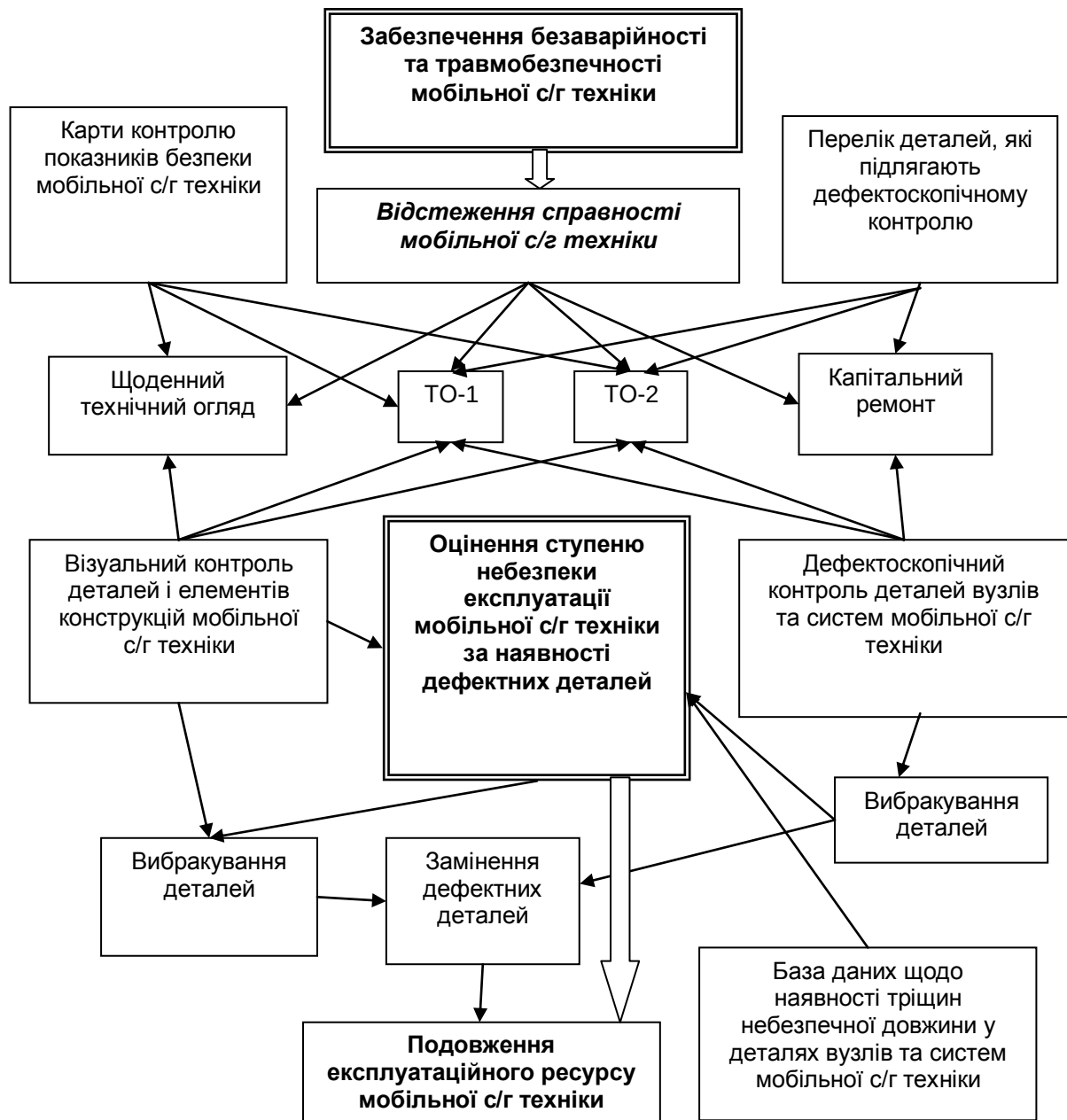


Рис. Алгоритм оцінювання справності мобільної сільськогосподарської техніки.

Для контролю деталей машин і елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки найбільш прийнятними є ультразвукові та вихорострумові методи дефектоскопії [19].

Алгоритм оцінювання справності мобільної сільськогосподарської техніки представлено на рисунку.

Висновок. Ефективність застосування певного методу дефектоскопії полягає у можливості визначення не одного, хоч і

дуже важливого, параметра, а їх комплексу, що дозволяє забезпечити надійну і безпечну експлуатацію машин і конструкцій за прийнятних економічних витрат на дефектоскопічний контроль. Найбільш важливими параметрами, що визначають кінцеву ефективність того чи іншого методу дефектоскопії, є чутливість та достовірність методу, можливість виявляти дефекти без підготовки контрольованої поверхні, трудомісткість і вартість контролю, його продуктивність.

Список літератури

1. *Луценков В.Л.* Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности / *В.Л. Луценков, Д.А. Бутко, М.Л. Крыжачковский* и др. – К.: Урожай, 1993. – 296 с.
2. *Неруйнівний* контроль. Капілярний та магнітопорошковий контроль. Умови огляду (EN ISO 3059:2001, IDT) : *ДСТУ EN ISO 3059:2007*. – [Чинний від 01.01.2009]. К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 3 с. – (Національні стандарти України).
3. *Настанови* щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки : *ДСТУ 4227:2003* [Чинний від 01.10.2004]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 119 с. – (Національні стандарти України).
4. *Неруйнівний* контроль. Контроль вихрострумів. Загальні вимоги і рекомендації (EN 12084:2001, IDT) : *ДСТУ EN 12084:2005* – [Чинний від 01.01.2008]. К.: Держспоживстандарт України 2005. –IV, 7 с. – (Національні стандарти України).
5. *Трощенко В.Т.* Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие / *В.Т. Трощенко, А.Я. Красовский, В.В. Покровский, Л.А. Сосновский, В.А. Стрижало*. – К.: Наукова думка, 1994. – Ч. 2. – 701 с.
6. *Сушкевич М.В.* Контроль при ремонте сельскохозяйственной техники / *М.В. Сушкевич*. – М.: Агропромиздат, 1988. – 254 с.
7. *Васинюк І.М.* Застосування портативного вихрострумівого дефектоскопа для виявлення тріщин в деталях сільськогосподарських машин / *І.М. Васинюк, О.В. Войналович, М.М. Мотрич* / Праці І-ї міжнародної науково-технічної конференції «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин», 4–7 жовтня 2004 р. – Тернопіль, 2004. – С. 609–613.
8. *Васинюк И.М.* К исследованию кинетики малых поверхностных трещин при высокочастотном нагружении легких сплавов / *И.М. Васинюк, А.В. Войналович, Г.Г. Писаренко* // Проблемы прочности. – 2000. – № 2. – С. 67–74.
9. *Мешков А.А.* Влияние агрессивных сред на трещиностойкость и долговечность конструкционных сталей / *А.А. Мешков, А.Ф. Дащенко* // Труды Одесского политехнического университета. – 1999. – Вып. 1(7). – С. 15–18.
10. *Неразрушающий* контроль металлов и изделий. Справочник / Под ред. *Г.С. Самойлова*. – М.: Машиностроение, 1976. – 445 с.
11. *Гельман Л.М.* Виброакустический метод свободных колебаний для неразрушающего контроля трещин / *Л.М. Гельман, С.В. Горпинич* // Акустичний вісник – 1999. – № 4. – С. 13–22.
12. *Дорофеев А.Л.* Электромагнитная дефектоскопия / *А.Л. Дорофеев, Ю.Г. Казаманов*. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.
13. *Денель А.К.* Дефектоскопия металлов / *А.К. Денель*. – М.: Metallurgiya, 1972. – 180 с.

14. Чаплыгин В.Н. Электромагнитный метод обнаружения и регистрации роста усталостных трещин / В.Н. Чаплыгин, Г.В. Абабков // Вопросы авиационной науки и техники. – 1995. – № 1. – С. 241–246.
15. Бида Г.В. Коэрцитиметрия в неразрушающем контроле / Г.В. Бида, А.П. Ничипурук // Дефектоскопия. – 2000. – №11. – С. 1–29.
16. Вильданов Р.Г. Магнитный интроскоп для контроля оболочковых конструкций нефтяной и нефтехимической промышленности / Р.Г. Вильданов // Нефтегазовое дело. – 2003. – С. 1–6.
17. Колегин В.П. Технические средства диагностирования / В.П. Колегин, А.В. Мозгалеvский. – М.: Судостроение. – 1984. – 208 с.
18. Вавилов В.П. Теплові методи неруйнуючого контролю : довідник / В.П. Вавилов. – М.: Машинобудування. – 1991. – 240 с.
19. Учанин В.Н. Методы количественного вихретокового контроля с определением параметров дефектов / В.Н. Учанин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2002. – № 1. – С. 33–38.

Для обнаружения дефектов в деталях машин и элементов конструкций широкое применение нашли ультразвуковые и вихретоковые методы дефектоскопии. Наиболее важными параметрами, определяющими эффективность того или иного метода дефектоскопии, является чувствительность и достоверность метода, возможность обнаруживать дефекты без подготовки контролируемой поверхности, трудоемкость и стоимость контроля, его производительность.

Неразрушающий контроль, методы дефектоскопии, вихретоковый метод, сельскохозяйственная техника.

To detect defects in machine parts and structural elements widely applied ultrasonic and eddy current flaw detection methods. The most important parameters that determine effectiveness of flaw detection method is sensitivity and reliability of method, ability to detect defects without preparation of test surface, labor and cost control, productivity.

Non-destructive testing, inspection methods, eddy current method, agricultural machinery.

УДК 631.55

ОСНОВИ ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКУ СЕКЦІЙНОГО ТРАНСПОРТЕРУ КОНОПЛЕЖАТКИ

В.А. Гридякін, кандидат технічних наук
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка

© В.А. Гридякін, 2014