

РОЗВИТОК МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Гріффен О.Л., канд. техн. наук

(Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці)

Представлено розвиток методів неруйнівного контролю одночасно і у зв'язку з ускладненням технічних пристроїв і виробничого устаткування, а також використанням потенційно небезпечних технологій.

Неруйнівний контроль з'явився в процесі застосування матеріалів, отриманих штучним шляхом. Методи неруйнівного контролю дають можливість експертного оцінювання як зовнішнього, так і внутрішнього стану матеріалу виробів, деталей, вузлів і конструкцій, а також функціональної діагностики людського організму без їхнього ушкодження або порушення режиму роботи й життєвих процесів.

Діагностування, по своїй суті, в остаточному підсумку покликано визначити якість виробу, а це, у свою чергу, визначає безпеку його використання, попередження й профілактику травматизму. Людина, пальцем пробуючи вістря ножа, робить висновок про ризик травматизму при здійсненні операції різання: гостро відточене лезо більш безпечно, значно знижує ризик травматизму, хоча при порізі сама травма може бути досить важкою.

Науково-технічний прогрес, складність виробничого устаткування, використання електричної енергії і ядерних технологій привели до якісного переходу на значно більш високий рівень розвитку суспільства. Це дало можливість істотного поліпшення якості життя людства, але й, разом з тим, привело до збільшення ризиків і небезпек, пов'язаних з експлуатацією об'єктів й устаткування підвищеної небезпеки, більших збитків і людських втрат при масштабних аваріях і катастрофах.

Проблема вибору пріоритетів, обмеженість часу й засобів, викликали прагнення до оптимізації умов і процесів життєдіяльності людського суспіль-

ства на шляху їхнього поліпшення. Виробничі процеси зароджувалися й одержували інтенсивний розвиток залежно від їхньої важливості й необхідності. Тому, з огляду на різноманіття й різнобічність людської діяльності, уважаємо найбільш важливим торкнутися тих сфер, які безпосередньо пов'язані з підтримкою безпечного й комунікативного існування людини: використання води, будівля житла, захист їх і себе, транспортування матеріалів і вантажів, збереження здоров'я.

Першим штучним матеріалом, що його людина застосувала в процесі своєї життєдіяльності, виявилася обпалена у вогні глина. Повсюдне застосування глини при виготовленні предметів для готування й зберігання їжі, поряд з високими вимогами до якості вихідного матеріалу, обумовили ряд вимог до надійності гончарних виробів. Для перевірки придатності гончарної глини виготовляли кілька виробів й обпалювали. Якість перевірялася органолептичними методами: візуальним – рівномірність матової поверхні, відсутність тріщин і нальотів; звуковим – при ударах по виробках повинен був виходити чистий «металевий» звук. Найбільш довершеним був посуд, до складу якого входив шамот (товчений черепки старого посуду). Після вторинного випалу дрібні зерна шамоту візуально різко відрізнялися за кольором від іншого глиняного тіста [1]. Контроль пористості виробу проводився за обсягом поглиненої ним води шляхом занурення в неї на кілька годин, а тріщинуватість визначалася капіляр-



ривності ряд вимог до надійності гончарних виробів. Для перевірки придатності гончарної глини виготовляли кілька виробів й обпалювали. Якість перевірялася органолептичними методами: візуальним – рівномірність матової поверхні, відсутність тріщин і нальотів; звуковим – при ударах по виробках повинен був виходити чистий «металевий» звук. Найбільш довершеним був посуд, до складу якого входив шамот (товчений черепки старого посуду). Після вторинного випалу дрібні зерна шамоту візуально різко відрізнялися за кольором від іншого глиняного тіста [1]. Контроль пористості виробу проводився за обсягом поглиненої ним води шляхом занурення в неї на кілька годин, а тріщинуватість визначалася капіляр-

ним методом: наявністю вологи в дрібних тріщинах у процесі висихання. І лише в 1945 р. де Форестом і Статсом був винайдений метод неруйнівного контролю наелектризованими частками спеціально для виявлення в скляних пляшках тріщин, занадто дрібних, щоб розрізнити їх неозброєним оком [2].

Із древніх часів «на око» контролювали вихідні матеріали, напівфабрикати й готові вироби на предмет відповідності заданим формам і розмірам, якості матеріалу й ступеня обробки поверхні, невідповідності заданим вимогам при порушеннях технологічних процесів і т.п. Візуальному контролю піддавалася якість колірних і захисних покриттів, їхній стан з погляду надійності й довговічності. Таким чином, органолептичні методи, в основному візуальний, багато сторіч були основою технічної діагностики.

У міру розвитку цивілізації люди почали поліпшувати свої життєві умови – переселялися з печер, землянок й ям у житла, складені із цегли – другого, після керамічного посуду, найважливішого продукту гончарного ремесла. До будинків, крім вимог захисту людини від зовнішніх кліматичних впливів, пред'являлися вимоги щодо стійкості до сейсмічних коливань. Люди на початкових етапах будівництва переконалися, що навіть одноповерхові будинки зі стінами, складеними із цегли-сирцю, під впливом сейсмічних коливань піддаються більш значним руйнуванням, чим зі стінами із цегли, що пройшли термічну обробку. Трудомісткість будівництва й вимоги до довговічності будов обумовили застосування візуального методу неруйнівного контролю для визначення якості цегли: ступеня розшарування, злущування, розтріскування, викришення.

Для з'єднання цегли й каменів при зведенні стін почали застосовуватися з'єднувальні розчини. Мулярам Древнього Рима, що будували кам'яні водопровідні канали, було відомо, що гарний розчин (римський бетон – *opus caementicium*) після застигання має велику міцність на стиск. Міцність і водонепроникність досягалися шляхом змішу-

вання розчину й піску з кам'яними щебенями, з гідравлічними добавками вулканічного піску – пуцолани (за назвою місця його видобутку). При будівництві норми часто порушувалися, фундаменти робилися неглибоко, і імператор Август (63 р. до н.е. – 14 р. н.е.) заборонив будувати будинки, що виходили фасадом на вулицю, вище 20,6 м. Крім того, для цементу можна було взяти не червону пуцолану, що дає найбільш міцний цемент, а темно-сіру, що лежить близько до поверхні, більш дешево, і навіть покласти її в меншій пропорції [3].

Твердість, як показник якості застиглої розчину, римляни контролювали, продряплюючи поверхню залізними цвяхом. На основі цього механічного методу вже в XX столітті був винайдений прилад (молоток Шмідта), що дозволяє визначати міцність бетону на стиск методом неруйнівного контролю [4]. І в стародавності, і зараз несучі елементи (місцями) осідання фундаментів діагностують візуально, за допомогою спостереження за процесами руйнування контрольних міток, наприклад, із цементного, вапняного розчину або гіпсу, нанесених у підозрілих місцях.

З давніх часів людина для добування їжі полюванням і рибальством, захисту свого житла й перерозподілу чужого майна в результаті набігів і війн почала користуватися зброєю. Зброя вселяла впевненість у благополуччі й захисті родини, а в міру її вдосконалення могла бути й критерієм соціального статусу власника. Роль і значення зброї зросли з використанням для її виготовлення металів.

А вже із самого початку використання металів істотно зросли й проблеми контролю якості. У XVIII – XIX вв. гірниче й металургійне виробництва почали бурхливо розвиватися. За одне тільки вісімнадцяте сторіччя виплавка стали в Росії зросла в 66 разів і з 150 тисяч пудів в 1700 р. досягла 9 мільйонів 971 тисячі пудів в 1800 р. Тільки на одному Уралі з 1700 р. по 1800 р. було побудовано 176 заводів, з них 123 заводи чорної металургії й 53 мідеплавильних [5]. Виробництво металевих виробів, що

збільшувалося, вимагало й вивчення фізичних і хімічних властивостей металу.

Виробництво клинків, як основи холодної зброї, із часів середньовіччя було особливою, дуже розвинутою галуззю. У початковій стадії розвитку металургійних технологій при куванні клинка на м'яку залізну основу наварювалось сталеве лезо. Французький дослідник Франс-Ламор уважав, що внутрішню структуру клинка і його міцнісні властивості відбиває малюнок візерунка, схожий з дамаським. Залежно від числа залізних і сталевих пластин, а також методу їхнього з'єднання, на поверхні виходив різний малюнок. Король готів Теодоріх Великий (454-526 рр.) писав в 520 р. своєму шуринові, королеві вандалів Тразамунду (496-523 рр.), що дякує за прислані в подарунок мечі, клинки яких гладкі й блискучі як дзеркало, і прикрашені візерунками у вигляді черв'ячків: «Ти надіслав нам мечі, які можуть розрубати будь-яку зброю». Уламки таких клинків знайшли й попливали – вони виглядають так само, як і п'ятнадцять сторіч тому.

Таким способом визначення якості часто користувалися ковалі-зброярі вже з II-III століть. Це одне з перших текстових свідчень про дамаськостану зброю, що мала відмінні бойові якості й більшу опірність, незважаючи на невелику товщину (від 2,5-3 до 4-6 мм) у середній частині клинка, де проходили доли. Оскільки основним методом був візуальний контроль, заснований на сприйнятті об'єкта дослідження оком людини, то в результаті вдосконалювання методів експертних оцінок для спрощення процедури контролю на клинках почали з'являтися клейма, наприклад, у вигляді «пасауського вовчка» – фірмового знака німецьких зброярів з міста Пасау [11]. Згодом технології виготовлення якісної зброї ковалів Пасау перейняли зброярі Золінгена, де в більш пізні часи були відкриті поклади руди, що обумовило там концентрацію й інтенсивний розвиток металургійного виробництва.

Недосконалість людського ока, особливо у випадках діагностування об'єктів, що перебувають у важкодоступних, малоосвітлених місцях, а також невеликих

за розмірами привело до появи візуально-оптичного методу неруйнівного контролю. Застосування оптичних приладів збільшило гостроту зору людини й розв'язну здатність ока, що значно полегшило аналіз і діагностику об'єктів різного виду й природи. Надалі вдосконалювання приладів для візуально-оптичного методу неруйнівного контролю привело до появи трьох груп приладів:

1) прилади для контролю дрібних близько розташованих об'єктів, тобто деталей і виробів, розташованих від ока контролера в межах відстані найкращого зору – 250 мм (лупи, мікроскопи);

2) прилади для контролю віддалених об'єктів, тобто розташованих далі 250 мм (телескопічні лупи, зорові труби, біноклі);

3) прилади для контролю скритих об'єктів – внутрішніх поверхонь отворів, порожніх деталей і конструкцій (ендоскопи, бороскопи, перископічні дефектоскопи й ін.) [6].

В 1831 р. російським ученим П.П.Аносовим, що стояв біля джерел металографії, уперше був застосований візуально-оптичний метод контролю з використанням мікроскопа для дослідження металів, чим була покладена основа мікροаналізу як одного з методів сучасного неруйнівного контролю. Кращий знавець булатів у Європі, П.П.Аносов писав про сталь, виготовлену зі златоустівського м'якого заліза, що «візерунки ледь примітні в мікроскоп». Дослідник також відзначав, що «достоїнство булатів може бути пізнаване також по дзенькоті: чим він чистіший й триваліший, тим вище достоїнство металу; та оскільки ознака ця є залежною від форми й обробки виробів, то не визнається вірною» [7]. Однак у той час візуальний контроль все ж був найбільш доступним методом, і П.П.Аносов уважав, що «досвідчений азіат» не помилиться у виборі клинка навіть без його випробування й «... по одному візерунку визначить, гострий булат або тупий, твердий або м'який, пружний або слабкий» [8]. З розвитком техніки, око людини, як основа застосовуваних методів неруйнівного контролю, не тільки не втратило своєї значимості, але й залишилося та-

ким при використанні магнітопорошкового, капілярного методів і методу те-чошукання [9, 10].

Створення високолегованих сталей дозволило поліпшити характеристики не тільки холодної, але й вогнепальної зброї, у першу чергу артилерійського озброєння – найбільш дорогого й трудомісткого у виготовленні. Значні капітальні вкладення й трудовитрати обумовили вимоги до довговічності й контролю якості в процесі його використання. Світову популярність одержала златоустівська сталь П.М. Обухова (1820-1868 рр.). Відлитий в 1860 р. на Князе-Михайлівській фабриці ствол гармати зі сталі Обухова витримав більше 4000 пострілів, і в 1862 р. це було відзначено на Всесвітній виставці в Лондоні присудженням вищої нагороди – Золотої медалі. Дослідження прочностних властивостей сталей стало основою для розрахунків і виробництва гарматних стволів, визначення їхньої зносостійкості й довговічності. Процеси зношування ствола вивчалися в міру вдосконалення гарматного виробництва й співвіднесення із практикою настрілу. Для визначення бойових якостей гарматних стволів постійно проводилася діагностика як органолептичним методом, візуально, так і із застосуванням спеціальних освітлювальних й оптичних приладів.

Основним методом діагностики був інструментальний, із застосуванням різних вимірювальних приладів і пристосувань (кронциркулі, нутромири, штангензубомири, калібри, манометри й ін.). Викиршування металу й виколи на нарізах у різних частинах ствола визначалися інструментальним обстеженням з використанням ручної звідки, а подовження камори після певної кількості пострілів визначалося за допомогою спеціального інструмента. Технічна діагностика методами неруйнівного контролю в польових умовах давала впевненість у безпечній експлуатації й живучості таких небезпечних елементів як гарматні стволи [12]. Підвищення вимог до якості й безпеки стволів, узагальнення практики настріла під час Першої світової війни, розвиток техні-

ки привели до використання магнітного методу. Цей метод, відкритий Вільямом Е. Хоуком під час війни й запатентований в 1922 р., дозволяв виявляти дефекти артилерійських стволів за допомогою магнітного порошку [13].

Процеси гідратації як основи життєдіяльності людського організму визначали одну з найголовніших потреб людини – потребу у воді. Вимога до постійної наявності води – основного компоненту фізіологічних і творчих процесів людини, визначило пошук й удосконалювання знайдених технічних рішень поставки води – будівництво каналів і трубопроводів. У Древньому Римі водопровідні канали почали будуватися з IV в. до н.е. Протягом 300 років були побудовані чотири водопроводи, один із яких, що в 10 км від міської межі йшов по аркадах (Марциевий), діє й понині. Агриппа в 33 р. до н.е. провів Юлійовий водопровід (aqua Iulia) і водопровід Діви (aqua Virgo). Усього було побудовано одинадцять водопроводів, які давали місту в день 1,5 млн. м³ води. Воду цю належало розподілити по всьому місту, не обійшовши й не скривдивши жодного кварталу, а крім того необхідно було стежити за водогінною мережею, вчасно робити потрібний ремонт, прокладати труби до будинків, власники яких одержали дозвіл провести до себе воду, лагодити бруківки. Було потрібно створення особливого «водного відомства», з роботою якого ми знайомі завдяки твору Фронтіна «Водопроводи міста Рима» (De aquaeductibus urbis Romae) [3]. Очевидно, з огляду на незамкнутий контур перетину римських водопроводів, відкритий доступ до більшості ланок і лише незначну довжину підведень до будинків зі свинцевих труб, технічна діагностика не була однією з основних ланок надійності водопровідної системи, хоча в складі команд, що займалися обслуговуванням мереж, були помічники інженерів – вилики й інспектори («обхідники»-circitoris) [3].

Міжусобні війни, відсутність планів розвитку й хаотичність забудови міст не давали можливості населенню в період середньовіччя системно корис-

туватися водопровідною водою – як наслідок періодично виникали епідемії різних хвороб. Технічний прогрес й удосконалення суспільних відносин обумовило поступовий розвиток водопровідного господарства в містах. У Росії вже з початку XIX століття почали розглядатися генеральні плани водопостачання й каналізаційних колекторів Москви й Санкт-Петербурга, і їхня системна реалізація на основі застосування металевих труб. Розвиток виробництва в ті часи сповільнювався недосконалою технікою й, насамперед, тим, що основою механічної енергії було водяне колесо, що прив'язувало розташування заводів до рік, що було зручним з погляду використання води. На початку шістдесятих років XVIII століття, коли в Росії й на Заході застосовували конструктивно прості, переважно вирубані сокирою дерев'яні машини, Іван Ползунов казав: «Вся машина повинна бути зроблена з металу» [5].

Наприкінці XI століття почастішали аварійні розриви водопровідних труб у багатьох містах. Для боротьби із цим необхідно було встановити причини й сам характер явища. В 1899 році М.Є. Жуковським, що проводив не тільки аеродинамічні, але й гідралічні дослідження, була опублікована робота «Про гідралічний удар у водопровідних трубах», де подана закінчена теорія, яка враховує пружність води, матеріал, перетин і деформацію труб, що чітко розкрила виникаючі в трубах хвилі тиску. Крім повних теоретичних розрахунків, М.Є. Жуковський проробив на московській водокачці в селі Олексіївському велику кількість дослідів, що підтвердили створену ним теорію. Ним були дані певні практичні вказівки про запобіжні заходи, які варто вживати в системах трубопроводів, щоб звести вплив гідралічного удару до мінімуму (плавне відкривання й закривання засувки і кранів, застосування повітряних і водяних ковпаків-резервуарів тощо). Слід зазначити, що теорія гідралічного удару, розвинена М.Є. Жуковським знайшла широке застосування в багатьох областях техніки [14]. Ці дослідження вперше дозволили, не виходячи з водокачки, визначити місце

аварії [15]. Зароджувалися теоретичні основи експертних оцінок як бази технічної діагностики й вибору оптимальних методів неруйнівного контролю.

Розосередження людей, і разом з тим поява компактних груп населення, обумовило появу транспорту. Соціальні й торговельні відносини між окремими громадами вимагали створення засобів пересування. Колесо – один з найбільших винаходів людства. Перші згадування про колесо зустрічаються в Месопотамії в 4-м тисячоріччі до н.е. Попередником колеса можна вважати застосований багато тисячоріч назад дерев'яний каток, що підкладався під переміщуваний вантаж. Первісне колесо являло собою дерев'яний диск, насаджений на вісь і зафіксований клином. Зображення полозків з коліщатами (3000 р. до н.е.) знайдені в Межиріччі в шумерському місті Урук. До 2700 року до н.е. там же з'являються малюнки візків. У цей же час шумери починають ховати своїх царів разом з колісницями. Ці поховання знайдені в Кіше, Урі, в еламському місті Сузи. В 2-му тисячоріччі до н.е. конструкція вдосконалюється: з'являється колесо зі спицями, маточиною й гнутим ободом. Пізніше, в 1-му тисячоріччі до н.е., кельти для збільшення міцності коліс своїх колісниць стали застосовувати металевий обід, що потім у транспортних машинах був замінений гумовими шинами для амортизації. Винахід колеса сприяв розвитку ремесел. Колесо було застосовано в гончарному колі, млині, прядці, токарському верстаті й т.д. В іригаційних спорудженнях, на мануфактурних фабриках, рудниках тощо застосовувалися водяні колеса [17]. Винахід колеса дав поштовх до розвитку науки в цілому. Так, воно застосовується в астролябії й інших наукових інструментах. У механіці широко використовується зубчасте колесо.

Колесо й вісь, що є парою тертя, у процесі експлуатації піддаються зношуванню, що є основною причиною виходу з ладу. Ось як описував Ювенал умови руху в Древньому Римі: «...на інших візках везуть купу сонових балок, вони загрозливо погойдуються. А якщо надломиться вісь у возі з

лігурійським мармуром і всією цією горою перекинеться на людей? Що залишиться від їхніх тіл?» [3]. Експлуатаційна надійність контролювалася органолептичними методами: візуальним (на предмет цілісності конструкції), вібраційним (контроль стану циліндричності тертьової пари), звуковим (оцінка ступеня зношування тертьових поверхонь – «скрипить як немазаний віз»).

Розвиток судноплавства диктував вдосконалювання конструкцій суден, живучість яких була визначальним критерієм їхньої надійності. У літературних джерелах, присвячених тривалій історії вітрильного й гребного флоту, не вдалося знайти яких-небудь згадувань, пов'язаних із застосуванням методів технічної діагностики й неруйнівного контролю. Очевидно, це пов'язано з тим, що всі основні частини й вузли кораблів виготовлялися з природного матеріалу – деревини.

В 1860 р. англійський інженер Джон Елдер зробив спробу впровадити на англійському торговельному флоті парову машину-компаунд. До кінця 60-х рр. машини такого типу одержують у водному транспорті дуже значне поширення. В 1894 р. англійський інженер Ч.О. Парсонс сконструював і випробував модель пароплава з паровою турбіною у два фути (близько 61 см). На той самий вал ротора турбіни Парсонс насадив і електричний генератор. З початку ХХ в. парові турбіни набули широкого застосування на судах. Використання в суднобудуванні заліза й сталі, різноманітних і потужних двигунів дозволило створювати судна спеціального призначення. В 1863 р. з'явилися спеціальні парові судна з однією діаметральною переборкою для перевезення нафти. В 70-і рр. ХІХ ст., у зв'язку з розвитком виробництва листового прокату й металевих балок різного профілю, став можливим масовий випуск конструкційних елементів набору й обшивання суден. В 1877 р. залізо в суднобудуванні витіснила сталь, із якої к 1890 р. було побудовано 92% всіх суден [18].

Посилена експлуатація водного транспорту вимагала систематичного ремонту, очищення й фарбування підводної частини суден. Тому в другій

половині ХІХ в. почалося будівництво судноремонтних доків сучасного типу з механізованими приводами затворів і насосних установок. Доки дозволяли вести контроль стану підводної частини судна. Поряд із сухими, з 1866 р. починається експлуатація металевих плавучих доків [18].

Створення доків і застосування більш досконалих конструкцій підвищило надійність й якість ремонту кораблів, але, з урахуванням сучасного етапу технічного прогресу, не замінило використання органолептичних методів діагностики. Та все ж значне ускладнення конструкцій, збільшення економічних втрат від простоїв і підвищені вимоги до безпеки експлуатації суден привели до створення й застосування інших методів і засобів неруйнівного контролю й технічної діагностики.

Структурні руйнування – головна причина ушкодження кораблів, забруднення моря, прибережних вод. Існує статистична ймовірність, що приблизно один корабель із восьми затоне до закінчення терміну служби (30 років) у зв'язку з тим, що він не одержав належного обслуговування з неруйнівного контролю й відповідних систем моніторингу. Часто для контролю судно потрібно доставити в «сухий док», а детальне дослідження на корозію великого корабля, що має до 600 000 м² сталі, приведе до значних витрат і недержаного прибутку. Тому контроль корпусу корабля, в основному, здійснюється, коли сам корабель перебуває у воді й водолази візуально, без запису на тверді носії проводять ультразвукову діагностику. Передбачається розробити нову галузь цієї технології, використовуючи лінійні ультразвукові ґрати, щоб вирішити проблему огляду широких областей [19].

Технічний прогрес і розвиток промислового виробництва, винахід паровоза, будівництво залізниць призвело до масового використання залізничного транспорту. Це вимагало не тільки створення й регламентації правил експлуатації механізмів і машин підвищеної небезпеки, до яких відносяться всі локомотиви й залізничні вагони, але й

визначення порядку попередження ризиків аварійних ситуацій. Першочергова увага приділялася основній транспортній ланці – колісній парі. І на світанку становлення залізничних перевезень, і у наш час пасажири на зупинках чують постукування молотка в процесі планової технічної діагностики колісних букс станційними робітниками. Основна ж діагностика й ремонт проводяться із застосуванням й інших, більш складних методів неруйнівного контролю, в умовах депо.

Колісні пари оглядають як у локомотивів, так і у вагонів. Під час огляду органолептичними методами перевіряють щільність посадки й наявність зрушення бандажа на колісному центрі. Ослаблення бандажа виявляється візуально й із застосуванням слюсарного молотка, по глухому деренчливому звуці при обстукуванні бандажа. Зрушення бандажа визначається також візуальним методом по розбіжності контрольних позначень на бандажі й центрі колеса. Ознаками ослаблення бандажа можуть бути виділення змащення й іржі по околиці в місці прилягання бандажа до ободу колісного центра. При огляді перевіряють, чи немає на бандажах тріщин, повзунів, вм'ятин, раковин, вищербин, підрізу й гострого накату гребеня. Не рідше одного разу на місяць у кожному депо у всіх колісних пар тепловозного парку спеціальними шаблонами вимірюють прокат, товщину гребеня й бандажа. Звичайний огляд колісних пар тепловозів роблять на поточному ремонті і перед кожною підкаткою колісної пари під тепловоз. При цьому зовнішнім оглядом перевіряють стан бандажів, колісних центрів і зубчастого колеса, наявність відповідних знаків і клейм на торцях вісі, поверхні бандажа й зубчастому колесі, шаблонами вимірюють прокат, товщину бандажа й гребеня, шийки осі обстежують магнітним дефектоскопом [20].

Залізничні перевезення й судноплавство – найбільш масові й безпечні транспортні засоби в наш час, однією із причин чого є можливість застосування поверхневого неруйнівного контролю в цій області, тоді як інші масові види

транспорту, авіаційний та автомобільний, вимагають окремого дослідження методів діагностики. Наприклад, магнітними методами контролю оцінюють якість гільз дизельних установок, опорних вузлів шасі літаків і вертольотів [9].

За останні десятиліття великий розвиток одержав трубопровідний транспорт. Загальна довжина трубопроводів тільки України становить 37 000 км. Аварії на них із причин корозії, фізичної втоми, дефектів у зварних з'єднаннях приводять до великих збитків. Застосування сучасних методів неруйнівного контролю: вихорострумового, магнітного, радіаційного, акустичного, теплового й ін. дозволяє попередити виникнення надзвичайних ситуацій, шкоди екології й здоров'ю людей [21]. Методами неруйнівного контролю визначають місця ушкодження ізоляції кабелів підземних електричних і телефонних мереж. Пристрої для виявлення ушкоджень постійно поліпшуються й модернізуються [22].

Не менш важливий неруйнівний контроль і в інших областях техніки при оцінці надійності вузлів і конструкцій, що піддаються впливу навколишнього середовища. Технічна діагностика має особливе значення при створенні й експлуатації життєво важливих виробів, компонентів і конструкцій для виявлення різних вад, таких як роз'їдання, іржавіння, розтріскування й т.п., визначення безпечних строків експлуатації устаткування та об'єктів підвищеної небезпеки.

Але не лише технічні пристрої є об'єктом неруйнівного контролю. Йому все більше підлягає й сама людина як біологічний організм. З початком суспільного розвитку людини стали з'являтися й зачатки лікування. І.П. Павлов писала: «Медична діяльність – однолітка першої людини». Із сотень років спостережень і тисячолітнього людського досвіду, що передавався із покоління в покоління, народжувалося мистецтво лікування й методи його раціонального застосування. В 1628 р. англійцем У. Гарвеем були закладені основи фізіології створенням учення про кровообіг, а застосуванням експериментальних методів

з використанням математичних розрахунків і мікроскопів закладені початки медичної діагностики з використанням технічних засобів. І сьогодні мікроскопія широко використовується при діагностуванні різних захворювань.

Розвитку клінічної медицини сприяла розробка в XVIII - XIX вв. методів візуального й органолептичного контролю – об'єктивного дослідження хворого: вистукування (Л. Ауенбруггер, Ж. Корвизар й ін.), вислуховування (Р. Ласнек й ін.), обмацування, лабораторної діагностики. Стетоскопи, молоточки й т.п. і зараз є невід'ємним інструментом у практиці лікарів відповідного профілю. Німецькому вченому Г. Гельмгольцу (1821-1894 рр.), поряд із блискучими дослідженнями по вивченню фізіології ока, належить винахід такого засобу контролю як очне дзеркало, що сприяло швидкому прогресу офтальмології (вчення про очні хвороби) і виділення її в самостійний розділ медицини. (Цікавим тут є те, що очне дзеркало, як засіб контролю, служить як інструмент для оцінки стану ока, що само є основою діагностики методами неруйнівного контролю, наприклад, візуально-оптичного).

Творцем однієї з найбільших шкіл в історії фізіології Карлом Людвігом (1816-1895 рр.) був розроблений і сконструйований ряд приладів для діагностики: кімограф (1847 р.), ртутний манометр для виміру кров'яного тиску, «кров'яні годинники» для виміру швидкості кровотоку, плетизмограф, що визначає кровонаповнення кінцівок. В 1884 р. спадкоємець І.М.Сеченова по кафедрі фізіології Петербурзького університету М.С. Введенський (1852-1922 рр.) уперше прослухав ритмічне порушення в нерві використовуючи телефонний апарат [16].

У результаті вдосконалення технології виробництва скла й створення великої кількості різних лінз, з'явилася можливість виготовлення приладів, які дозволяли оглядати деталі й поверхні елементів об'єкта діагностики недоступні прямою спостереженню. Оптичні прилади – ендоскопи – дозволили оглядати й контролювати стан внутрішніх поверхонь різних порожнин [6]. Разом з

удосконалюванням теоретичних основ фізіології це визначило інтенсивність розвитку діагностичних приладів і методів, що дозволяють досліджувати внутрішні органи людини. З кінця XVIII ст. почала застосовуватися ендоскопічна діагностика. Після перших небезпечних спроб ендоскопічного дослідження, в 1806 р. Ф. Боззині (1773-1809 рр.) був сконструйований перший ендоскоп для дослідження прямої кишки й матки, у якому як джерело світла використовувалася свічка. В 1853 р. французький хірург Антоні Жан Десормо, що вважається «батьком ендоскопії», застосував для освітлення спиртову лампу разом із системою дзеркал і лінз для обстеження уrogenітального тракту. А.Куссмауль в 1868 р. увів у діагностичну практику метод гастроскопії з використанням металевої трубки із гнучким провідником (обтуратором). Надалі цей спосіб був покладений в основу всіх методів гастроскопії з використанням жорстких і напівжорстких гастроскопів. В 1898 р. Г. Келлінг винайшов керований гастроскоп, а Ф. Ланге й Д. Метлзинг гастрокамеру для фотографування шлунка без візуального огляду [16].

Подальше вдосконалювання фізіології й методів обстеження внутрішніх органів людини привели до створення приладів діагностики, що дозволяють міняти кут спостереження. Удосконалення Едісоном лампи розжарювання дозволило на початку XX ст. застосувати в електроскопах мініатюрні лампочки. Подальший розвиток техніки дав змогу розробити напівгнучкі й гнучкі гастроскопи, а в останні 50 років масове застосування почали отримувати волоконно-оптичні й електронні, на основі цифрових технологій, системи діагностики.

Сьогодні існує певна кількість методів неруйнівного контролю, що базуються на різних фізичних принципах. Перш за все це радіаційний, акустичний, вихротоковий, магнітний, оптичний, тепловий, капілярний, вібраційний, радіохвильовий, електричний, течошування, акустичної емісії та медичний рентгенівський [23].

Таким чином, контроль, що не руйнує, завжди відігравав важливу роль у технічному (і не тільки) прогресі. Завдяки йому, не перериваючи технологічні процеси та не порушуючи цілісність об'єктів досліджень, можлива оцінка та діагностування структури матеріалів, більшості технічних параметрів як напівфабрикатів, так і готової продукції, визначення наявних дефектів та процесів їх виникнення. Крім того, неруйнівний контроль дає можливість розрізняти види дефектів, місце їх розташування та розміри. Тому цими питаннями займається значна кількість фахівців, а їхній підготовці приділяється

ЛІТЕРАТУРА

1. Рыбаков Б.А. Ремесло Древней Руси. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. – 1948 г. – 792 с.
2. Неразрушающие испытания (справочник). Книга вторая / Под ред. Р. Мак-Мастера, Пер. с англ. Под ред. Т.К.Зиловой. – М.-Л.: Изд-во «Энергия». – 1965 г. – 492 с.
3. Сергеевко М.Е. Жизнь Древнего Рима. – СПб.: Издательско-торговый дом «Летний сад»; Журнал «Нева». – 2000 г. – 368 с.
4. <http://www.concrete.com.ua/Conference/Conf122006/122006.htm>.
5. Данилевский В.В. Русская техника. – Л. – 1947 г. – С. 72, 74 (516 с.).
6. Неразрушающий контроль металлов и изделий. Справочник. Под ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машиностроение. – 1976 г. – 456 с.
7. Аносов П.П. О булатах.- Санкт-Петербург. – 1841 г.
8. Аносов П.П. Приложение к сочинению о булатах. Книга вторая. - Златоуст. – 1841 г.
9. Троицкий В.А. Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин. – К.: Феникс. – 2002 г. – 300 с.
10. Казакевич М.Л. О работе госпредприятия «Колоран» ИФХ НАН Украины в сфере неразрушающего контроля, ремонта и защиты объектов повышенной опасности // Всеукр. наук.-практ. сем. «Неруйнівний контроль у промисловій безпеці». – Збірн. матер. – К. – 2009 р. – С. 83-84.
11. Окшотт Э. Археология оружия. От бронзового века до эпохи Ренессанса / Пер. с англ. М.К.Якушиной. – М.: ЗАО Центрполиграф. – 2004 г. – 398 с.
12. Орлов Б.М., Ларман Э.К., Маликов В.Г. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий. – М.: Машиностроение. – 1976 г. – 432 с.
13. [www.http://ru.wikipedia.org/wiki/Дефектоскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/Дефектоскоп).
14. Красильников В.А. Звуковые волны в воздухе, воде и твердых телах. – М.: Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры. – 1954 г. – 439 с.
15. Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И.Вавилова. – М.-Л.: Гос. изд-во техн.-теоретической лит-ры. – 1948 г.
16. Сорокина Т.С. История медицины. – М.: Изд-во «Академия/Academia», 2004 г. – 560 с.
17. Большая советская энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия». – 1973 г. – С. 417.
18. Виргинский В.С., Хотеев В.Ф. Очерки истории науки и техники 1870-1917 г. г. – М.: Просвещение. – 1988 г. – 304 с.
19. Троицкий В.А. Участие Украинского общества неразрушающего контроля и технической диагностики в Европейском проекте «SHIP-INSPECTOR» // Всеукр. наук.-практ. сем. «Неруйнівний контроль у промисловій безпеці». – Збірн. матер. – К. – 2009 р. – С. 5-7.
20. Дефектоскопия деталей локомотивов и вагонов / Ф. В. Левыкин, И. М. Лысенко, А. Н. Матвеев и др. Под ред. Ф. В. Левыкина. - М.: Транспорт. – 1974 г. – 238 с.
21. Таирова Т.М. Застосування методів неруйнівного контролю для оцінювання стану трубопроводів // Всеукр. наук.-практ. сем. «Неруйнівний контроль у промисловій безпеці». – Збірн. матер. – К. – 2009 р. – С. 30-31.
22. Устройство для контроля сопротивления изоляции протяженных подземных объектов. Велигжанин Н.К., Сачков Н.Г., Золотых О.В., Долгушин А.Ю. Пат. RU 2148264 С1, 27. 04. 2000 г.
23. Неразрушающий контроль. Россия. 1900 – 2000 гг. Справочник / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение. – 2001 г. – 616 с.

Гриффен Л.А. Развитие методов неразрушающего контроля. Представлено развитие методов неразрушающего контроля одновременно и в связи с осложнением технических устройств и производственного оборудования, а также использованием потенциально опасных технологий.

Griffen A.L. Development of methods of not destroying control. Development of methods of not destroying control simultaneously and in connection with complication of technical devices and the industrial equipment, and also use of potentially dangerous technologies is presented.

УДК 625.126.4

РОЗВИТОК СИГНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ПІВДЕННО-ЗАХІДНИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ

Сандул І.А., аспірантка

(Одеський національний політехнічний університет)

Дану статтю присвячено проблемам дослідження сигналізаційних систем на залізниці інженерами Одеського відділення Російського технічного товариства. Наведено коротку характеристику основних систем сигналізації, що використовувались на Південно-Західних залізницях. Окремо виділено роботи С.А. Штольцмана.

Залізничний транспорт – один із провідних видів транспорту, який посідає перше місце за пасажирообігом. Він не залежить від кліматичних умов і надає можливість термінового транспортування вантажів та пасажирів. На засіданнях Одеського відділення Російського технічного товариства (ОВ РТТ) неодноразово звертали увагу на історію та розвиток залізниць в світі та Російської імперії. Крім того, інженери ОВ РТТ досліджували причини аварійності на залізниці та існуючі системи сигналізації.

Аварійність являється характерною особливістю залізничного транспорту. На святковому відкритті Манчестер-Ліверпульської залізниці при першому ж русі потягу відбувся перший нещасливий випадок. Палкий прихильник залізниці, член парламенту Гукінсон не помітив сигналу до відправлення потягу й потрапив під колеса вагону. Паровоз



не мав свистка, й ніхто не згадав про сигнали. Невдовзі відбувся другий нещасливий випадок на лінії між Лейстером та Свенінгтоном. Один з потягів наїхав на завантажену маслом та яйцями підводу, яка направлялась на ринок й переїжджала залізничну колію. Машиніст трубив у ріжок, але його не почули. Виникла потреба у вдосконаленні сигнальної системи на залізниці. Дж. Стефенсоном на Манчестер-Ліверпульській дорозі було запропоновано розмістити на певній відстані сигнальні знаки, які б могли подавати знаки машиністу. Це були перші шляхові сигнали на залізниці. В 1834 р. вперше були запропоновані сигнали у вигляді стовпчиків, які можна було повертати, вночі сигнали подавались за допомогою ліхтарів. [1, с. 205 - 207].

Перша залізниця Російської імперії була прокладена в 1838 році. На 1899 р.