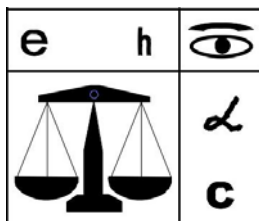


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

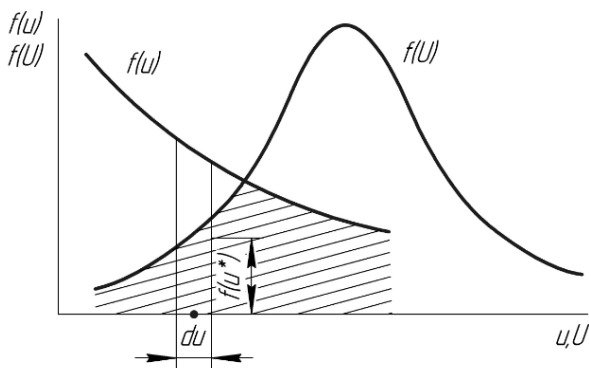
ДО 25-РІЧЧЯ НЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ



ВСЕУКРАЇНСЬКА ІНТЕРНЕТ-
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ,
АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ
УЧЕНИХ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ В УКРАЇНІ:
ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ»

Збірник тез наукових доповідей



Сєвєродонєцьк 27-28 квітня 2016 р.

Рекомендовано Вченою радою
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля
(протокол № 12 від 26.04.2016 р.)

Редакційна колегія:

Шведчикова І.О. – завідувач кафедри електромеханіки, метрології та приладів, доктор технічних наук, професор.

Кириченко І.О. – професор кафедри електромеханіки, метрології та приладів, доктор технічних наук, професор.

Голова оргкомітету конференції:

Губаревич О.В. – доцент кафедри електромеханіки, метрології та приладів, кандидат технічних наук, доцент.

Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє: збірник тез наукових доповідей інтернет-конференції м. Сєвєродонецьк, 27-28 квітня 2016 р. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 112 с.

До електронного збірника увійшли матеріали доповідей, поданих на Всеукраїнську інтернет-конференцію студентів, аспірантів та молодих учених «Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє», яка організована та проведена кафедрою електромеханіки, метрології та приладів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк) при підтримці Державного підприємства «Луганський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» (м. Лисичанськ). Інтернет-конференція присвячена 25-річчю незалежності України.

Електронне наукове видання містить результати досліджень студентів, аспірантів та молодих учених в наступних галузях знань: метрологія та інформаційно-вимірвальні технології; електроніка та приладобудування; електротехніка та електромеханіка; автоматизація та інтелектуалізація проектування технічних систем; прилади і методи технологічного контролю.

© Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2016

ЗМІСТ

Секція: АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	6
Анципов В.В., Кириченко И.А. МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ.....	6
Горянская О.О., Морнева М.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ (ЗВТ) ДЛЯ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТІ ЗАКЛАДЕНИХ НОРМ ТОЧНОСТІ ПРОФІЛОМЕТРА	9
Гурко О.В., Гідрович Н.Д., Дрогіна О.В. ОГЛЯД ЗАКОНУ УКРАЇНИ «ПРО МЕТРОЛОГІЮ ТА МЕТРОЛОГІЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ», ЩО НАБУВ ЧИННОСТІ 3 01.01.2016 р.	11
Катькало Є.А., Кузьменко Н.М. РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ДОКУМЕНТА, ЩО РЕГЛАМЕНТУЄ МЕТОДИКУ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ.....	16
Киричок А.В., Кашура А.Л. О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАРИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАГЛУБЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ.....	19
Орлов А.С. ДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	20
Пісоцька С.Л., Кузьменко Н.М. ЕТАПИ РОЗРОБКИ ТА АТЕСТАЦІЇ МЕТОДИК ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ.....	24
Сысоев С. А. НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДАМ АНАЛИЗА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПИТЬЕВЫХ ВОД	27
Секція: ЕЛЕКТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ	29
Дрыгин Д.С., Шевченко А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	29
Мищенко С.И., Шведчикова И.А. ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	32

Пугач Е.А., Шевченко А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФЕРРОЗОНДОВОГО МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА	34
Секція: ІННОВАЦІЇ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ	37
Бондарь А.И., Филимоненко К.В., Филимоненко Н.Н. О НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ.....	37
Вишенько С.О., Кошкін І.Г., Губаревич О.В. ОПТИМІЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТРИФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ	40
Голда Я.В., Попов С.В. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА З ДУБЛЮВАННЯМ ПОКАЗАНЬ ПЕРЕМІЩЕНЬ У ЦИФРОВОМУ ВИГЛЯДІ	43
Гринкевич А.О., Васильєв А.В. ПРИСТОСУВАННЯ ДО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОФІЛЬНИХ ОТВОРІВ В МЕХАНІЧНИХ ДЕТАЛЯХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЛАДІВ	46
Журунов Д.С., Голубева С.М. АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	49
Кошкин И.Г., Губаревич О.В. СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	52
Нікітченко І.В., Романченко Ю.А., Шведчикова І.О. СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ	55
Пустовіт Ю.Ю., Васильєв А.В. ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛЮНЕТА ПІДВИЩЕНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ ОБРОБЦІ НЕЖОРСТКИХ ВАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЛАДІВ	57
Романченко А.В. СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛИННОМЕРНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ СТАНКОВ.....	60
Чередник К.І., Ромашихіна Ж.І. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РОТОРА	62

Секція: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	65
Азаренко Н.Г., Рассказова Ю.Б., Соколова Я.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ.....	65
Василенко М.М., Кириченко І.А. ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗБОРУ ВИРОБНИЧИХ ДАНИХ.....	66
Нікітченко І.В. СИСТЕМА МОНІТОРІНГУ ТА КОНТРОЛЮ ВИКІДІВ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ	69
Рассказова Ю.Б. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С ГИДРОПРИВОДОМ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	72
Соколов В.И. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИХ ОБЪЕКТНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ.....	73
Секція: ПРИЛАДИ І МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ	80
Вардюкевич А.А., Зленко С.М., Стенцель Й.І. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ.....	80
Гулаков Д.Г., Шаповалов О.І., Стенцель Й.І. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТОСТРИКЦІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В ЗОНІ РЕОЛОГІЧНОГО ПЕРЕХОДУ	85
Єрмоменко О.О., Павлов С.В., Стенцель Й.І. КІБЕРНЕТИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ	89
Котельніков Д.В., Літвінов К.А., Стенцель Й.І. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В МЕМБРАННОМУ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ.....	92
Крючко І.О., Петросян Л.І., Стенцель Й.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ.....	97
Назаров В.Є., Літвінов К.А. СУЧАСНИЙ СТАН МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ.....	102
Прибильський Є.О., Шаповалов О.І., Стенцель Й.І., Рябіченко А.В. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПЕРЕТВОРЕНЬ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СИГНАЛ	107

Секція: АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Анципов В В., студент группы ET-851
Кириченко И.А., профессор, доктор технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
antsupov1994@yandex.ua, i_kir@ukr.net

Манометрический термометр представляет собой герметичную систему, состоящую из термобаллона, устанавливаемого в месте измерения температуры; соединительного капилляра (медная или стальная трубка с внутренним диаметром 0,2 – 0,4 мм) и манометра. Внутренняя полость системы может быть заполнена жидкостью, газом или жидкостью и насыщенным паром. В зависимости от этого манометрические термометры называют жидкостными, газовыми или парожидкостными (паровыми).

Объем жидкости и давление газа или пара определенным образом зависит от температуры, поэтому при изменении температуры будут изменяться показания манометра, шкалу которого градуируют в градусах Цельсия. В зависимости от рабочего вещества манометрическими термометрами можно измерять температуру от –50 до +550°С. Шкала жидкостных и газовых термометров равномерная, а парожидкостных – неравномерная. Однако парожидкостные термометры имеют более высокую чувствительность, меньшую инерционность и меньшие размеры термобаллонов. Для газовых и жидкостных манометрических термометров ГОСТ 8624–71 устанавливает классы точности 1; 1,5; 2,5; для парожидкостных – 1,5; 2,5 и 4.

На тепловозах наиболее широкое применение нашли парожидкостные манометрические термометры типов ТПП-071, ТПП-082 (сняты с производства) и ТПП2-В, выпускаемые в настоящее время.

Используют их для измерения температуры в масляной и водяной системах дизеля, в водяной системе котла-подогревателя и др.

Указатель 1 термометра (рис. 1) представляет собой манометр с одновитковой трубчатой пружиной, аналогичный по устройству ранее рассмотренным манометрам. С помощью капилляра 4 (медная трубка диаметром $0,35 \times 1,2$ мм) указатель 1 соединен с термобаллоном 9. Капилляр с держателем указателя и термобаллоном соединяют пайкой. Капилляр введен внутрь термобаллона и погружен в термометрическую жидкость (нормальная бутановая фракция марки А), кипящую при низкой температуре. Пространство над жидкостью в термобаллоне заполнено образующимся из нее насыщенным паром, а внутри капилляра и трубчатой пружины указателя либо жидкостью, либо перегретым паром. Если температура капилляра и пружины ниже, чем термобаллона, то пар в них конденсируется и образуется жидкость; если выше, то капилляр и пружина заполнены перегретым паром.

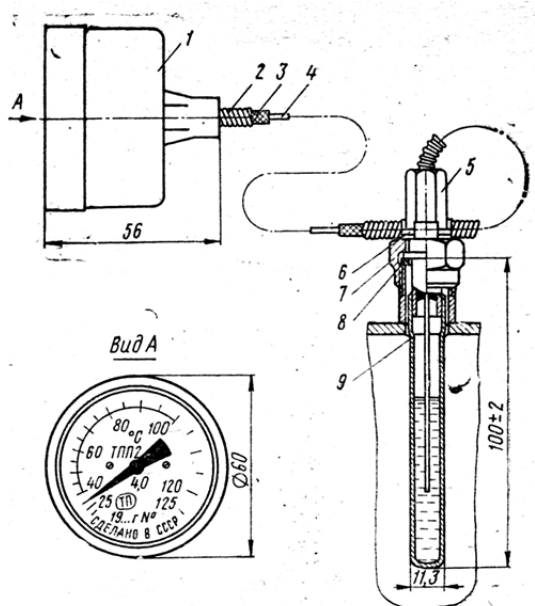


Рис.1. Манометрический термопреобразователь типа ТПП2-В

При изменении температуры в месте установки термобаллона изменяется давление насыщенного пара в нем, что в свою очередь вызывает изменение показаний прибора.

Зависимость давления насыщенного пара от температуры нелинейная, поэтому шкала термометра получается неравномерной с увеличением ширины делений к концу шкалы. Количество жидкости в термобаллоне выбирают таким образом, чтобы при самой низкой измеряемой температуре, когда объем жидкости увеличивается, в термобаллоне оставалось пространство, заполненное паром; а при самой высокой измеряемой температуре, когда увеличивается объем пара, оставалось определенное пространство, заполненное жидкостью.

Термометры ТПП2-В могут иметь шкалу с пределами измерения $0 - 120^{\circ}\text{C}$ и $25 - 125^{\circ}\text{C}$, класс точности – 4. Для защиты капилляра от механических повреждений применяют металлическую оплетку 3, а в местах его соединения с указателем и термобаллоном 9 дополнительно защищают оболочкой 2 пружинного типа либо металлорукавом. При выходе из термобаллона капилляр согнут кольцом и закреплен с помощью скобы 6 и гайки 5. При заказе прибора длину капилляра выбирают из ряда: 1,6; 2; 2,5; 4; 6; 8; 10; 12 м. В месте установки термобаллон крепят с помощью накидной гайки 7 (резьба М18Х1,5). Прокладка 5 из фибры герметизирует соединение.

Минимальный радиус закругления в местах перегиба капилляра должен быть не менее 50 мм. Капилляр прокладывают в наиболее безопасных местах, так как его повреждение приводит к полному выходу прибора из строя. Чтобы показания термометра были правильными, разность высот расположения указателя и термобаллона не должна превышать 1 м. Термометры виброустойчивы, допускают вибрацию с ускорением 15 м/с^2 для указателя и 40 м/с^2 – для приемника в диапазоне частот 5 – 80 Гц. Баллон заполнен жидкостью, газом или жидкостью с насыщенным паром. Например, термопреобразователь ТТП 2-В имеет термобаллон, заполненный бутановой фракцией марки А, кипящей при низкой температуре. При повышении температуры повышается давление насыщенного пара, что вызывает изменение показаний манометра. Предел измерения $0...120^{\circ}\text{C}$ (или $25...125^{\circ}\text{C}$), класс точности – 4. Приборы виброустойчивы.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ (ЗВТ) ДЛЯ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТІ ЗАКЛАДЕНИХ НОРМ ТОЧНОСТІ ПРОФІЛОМЕТРА

Горянська О.О., студентка групи ЕТ-851 м,
Морнева М.О., доцент, кандидат технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
olyagorya@mail.ru, morneva@gmail.com

Контролепридатність – це властивість виробу, яка характеризує його пристосованість до проведення контролю заданими засобами. Для контролепридатності закладених норм точності можна використати профілометр.

Профілометр – це прилад для вимірювання нерівностей поверхні з відліком результатів вимірювання на шкалі у вигляді значень одного з параметрів. Адже поверхня обробленої деталі не є ідеально рівною і геометрично правильною. Вона відрізняється від заданої кресленням мікро- і макрогеометричними відхиленнями. Мікрогеометричні відхилення визначають шорсткість поверхні, макрогеометричні – характеризують хвилястість і відхилення форми.

Шорсткість поверхонь регламентується ДСТУ 2789-73 і відповідними рекомендаціями.

Шорсткість поверхні при обробці заготовки деталі залежить від багатьох технологічних факторів:

- режимів обробки (швидкості різання, подачі);
- геометрії (переднього і заднього кутів), матеріалу і якості поверхні інструменту;
- механічних властивостей, хімічного складу і структури матеріалу заготовки;
- складу змащувально-охолоджувальної рідини та ін.

У той же час шорсткість поверхонь в значній мірі визначає основні експлуатаційні властивості деталей і вузлів: зносостійкість, опір втоми, надійність посадок, контактну жорсткість і теплопровідність стиків сполучених деталей, корозійну стійкість, герметичність з'єднань, відображаючи і поглинаючи здатність поверхонь. Тому характеристики шорсткості поверхні суворо нормуються і піддаються постійному аналізу в технологічних дослідженнях і контролю в процесі виробництва. Оцінка точності результатів вимірювань мікронерівностей поверхонь проводиться загальноприйнятими в метрології методами.

Однак при оцінці шорсткості поверхні виникають і деякі специфічні метрологічні проблеми.

Оцінку шорсткості поверхні можна виробляти комплексно (шляхом порівняння з еталонною поверхнею або іншими способами) або поелементно, вимірюючи окремі параметри шорсткості поверхні. Оскільки в технологічних дослідженнях поелементна оцінка шорсткості більш поширена, розглянемо деякі із зазначених методів.

У профілометра (рис. 1) [1], сигнал виходить від датчика 2 з алмазною голкою 1, яка переміщується перпендикулярно контрольованій поверхні. Після електронного підсилювача сигнал інтегрується для видачі усередненого параметра, кількісно характеризує поверхневі нерівності на певній довжині. Голка 1 рухається по поверхні, яка повіряється з постійною швидкістю. Коливання голки 1 передається електромагнітним способом на датчик 2. Кількісне значення безпосередньо середніх квадратичних відхилень визначається за шкалою електровимірювального приладу 3.

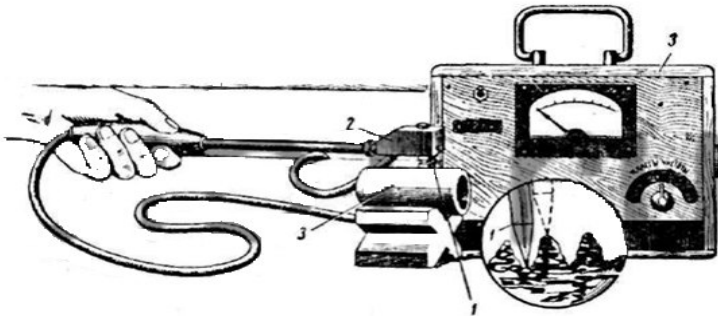


Рис. 1. Пристрій профілометра:

1 – алмазна голка; 2 – датчик; 3 – електровимірювальний прилад

Профілометр для визначення шорсткості поверхні має наступні переваги:

- відсутність необхідності попередньої підготовки зразка до аналізу;
- широкий діапазон вимірювань;
- можливість аналізу поверхонь, розташованих під значним кутом;
- висока роздільна здатність по вертикалі і просторовий дозвіл;

– можливість аналізу поверхні будь-яких матеріалів: відполірованих і грубих, прозорих і непрозорих, розсіюють і відображають.

Література

1. Рабінович А. Н. Прилади і системи автоматичного контролю розмірів деталей машин. – К.: Техніка, 1970. – 206 с.

ОГЛЯД ЗАКОНУ УКРАЇНИ «ПРО МЕТРОЛОГІЮ ТА МЕТРОЛОГІЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ», ЩО НАБУВ ЧИННОСТІ З 01.01.2016 р.

Гурко О.В., генеральний директор,
Гідрович Н.Д., начальник відділу,
Дрогіна О.В., інженер з метрології 1 категорії

*Державне підприємство «Луганський регіональний
науково-виробничий центр
стандартизації, метрології та сертифікації»,
ДП "ЛУГАНСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ"*

Основні терміни та визначення: метрологія, Закон, вимірювання, повірка, калібрування, засіб вимірювальної техніки, законодавчо-регульована метрологія, тощо

Вступ: Основою законодавства України в сфері метрології є Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який набрав чинності з 1 січня 2016 року. Необхідно зазначити, що ґрунтовні роботи з розроблення [1] проводились ще з 2014 року, коли і була прийнята перша редакція документу. Проте, плин часу та прагнення нашої країни до світової та євроінтеграції, змусили провідних фахівців галузі звернутися до законотворців за актуалізацією [1].

Таким чином, діюча редакція Закону [1] суттєво відрізняється від попередніх редакцій та версій, зокрема, 2014 та 1998 років, що вимагає аналізування.

Мета роботи. Аналіз актуальних вимог Закону [1] та їх вплив на сферу технічного регулювання України.

Матеріал і результати досліджень. Закон [1] складається з 10 розділів, включаючи Загальні (розділ 1) і Прикінцеві та перехідні (розділ 10) положення. В першому розділі Закону [1] наводяться визначення

основних термінів, зокрема зміни в поняттях «невизначеність», «калібрування», «затвердження типу засобу вимірювальної техніки», тощо. Також в цьому розділі в статті 2 зазначено, у разі якщо міжнародним договором України, згода на обов'язковість якого надана Верховною Радою України, встановлено інші правила, ніж ті, що передбачені законодавством України про метрологію та метрологічну діяльність, застосовуються правила міжнародного договору. Тобто підкреслено верховенство міжнародного права.

Особливу увагу слід приділити статті 3 Закону [1]. Сферою законодавчо регульованої метрології є визначені Законом види діяльності, щодо яких з метою забезпечення єдності вимірювань та простежуваності здійснюється державне регулювання стосовно вимірювань, одиниць вимірювання та засобів вимірювальної техніки. До сфери законодавчо регульованої метрології було віднесено 13 видів діяльності:

- забезпечення захисту життя та охорони здоров'я громадян;
- контроль якості та безпечності харчових продуктів і лікарських засобів;
- контроль стану навколишнього природного середовища;
- контроль безпеки умов праці;
- контроль безпеки дорожнього руху та технічного стану транспортних засобів;
- топографо-геодезичні, картографічні та гідрометеорологічні роботи, роботи із землеустрою;
- торговельно-комерційні операції та розрахунки між покупцем (споживачем) і продавцем (постачальником, виробником, виконавцем), у тому числі під час надання транспортних, побутових, комунальних, телекомунікаційних послуг, послуг поштового зв'язку, постачання та/або споживання енергетичних і матеріальних ресурсів (електричної і теплової енергії, газу, води, нафтопродуктів тощо);
- обчислення сум податків і зборів, податковий та митний контроль;
- роботи, пов'язані з визначенням параметрів будівель, споруд і території забудови;
- роботи із забезпечення технічного захисту інформації згідно із законодавством;
- роботи з використання апаратури глобальних супутникових навігаційних систем;
- роботи, що виконуються за дорученням органів досудового розслідування, органів прокуратури та судів;

- реєстрація національних і міжнародних спортивних рекордів.

Метрологічна система України створює необхідні засади для забезпечення єдності вимірювань у державі, зокрема шляхом реалізації єдиної технічної політики у сфері метрології та метрологічної діяльності, захисту громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань; здійснення фундаментальних і прикладних досліджень та наукових розробок у сфері метрології та метрологічної діяльності; економії всіх видів енергетичних і матеріальних ресурсів; забезпечення якості та конкурентоспроможності вітчизняної продукції; створення нормативно-правових, нормативних, науково-технічних та організаційних основ забезпечення єдності вимірювань у державі. [1]

Ще однією суттєвою зміною в Розділі 2 Закону [1] порівняно із Законом [2] є визначення національних еталонів та вимог до реєстрації та контролю за додержанням правил і умов їх зберігання та застосування. Відтепер зберігачем національного еталону може бути організація як державної так і недержавної форми власності. Контроль за додержанням правил і умов зберігання та застосування національних еталонів здійснює Мінекономрозвитку шляхом документальної перевірки інформації щодо додержання правил і умов зберігання та застосування національного еталона, яка підтверджує стабільність метрологічних характеристик еталона протягом його функціонування [3].

В Україні застосовуються одиниці вимірювання Міжнародної системи одиниць (SI), прийнятої Генеральною конференцією з мір та ваг і рекомендованої Міжнародною організацією законодавчої метрології.

Статтями 7 та 8 регламентуються вимоги до вимірювань та засобів вимірювальної техніки, що використовуються у сфері законодавчо регульованої метрології. Результати вимірювань можуть бути використані у сфері законодавчо регульованої метрології за умови, що для таких результатів відомі відповідні характеристики похибок або невизначеність вимірювань. Методики вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології, що є обов'язковими до застосування, визначаються в нормативно-правових актах та застосовуються засоби вимірювальної техніки, які відповідають вимогам щодо точності, регламентованим для таких засобів, у встановлених умовах їх експлуатації.

Структура національної метрологічної служби, вимоги до Центральних органів виконавчої влади, що забезпечують формування та

реалізують державну політику в сфері метрологічної діяльності наведено в 3 Розділі Закону [1]. Також частиною національної метрологічної служби України є Служба єдиного часу і еталонних частот, Служба стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів, Служба стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин, метрологічні служби центральних органів виконавчої влади, інших державних органів, підприємств та організацій. Метрологічне забезпечення діяльності у сфері оборони України здійснюється з урахуванням особливостей, визначених Кабінетом Міністрів України.

Особлива увага приділяється оцінці відповідності та повірці засобів вимірювальної техніки (далі - ЗВТ) в Розділі 4 Закону [1].

Оцінка відповідності законодавчо регульованих ЗВТ вимогам технічних регламентів, у тому числі первинна повірка та затвердження типу ЗВТ, проводиться у разі, коли це передбачено відповідними технічними регламентами. Технічний регламент - закон України або нормативно-правовий акт, прийнятий КМУ, у якому визначено характеристики продукції або пов'язані з нею процеси чи способи виробництва, а також вимоги до послуг, включаючи відповідні положення, дотримання яких є обов'язковим. Він може також містити вимоги до термінології, позначок, пакування, маркування чи етикетування, які застосовуються до певної продукції, процесу чи способу виробництва [4]. Документом, який засвідчує що тип засобу вимірювальної техніки затверджено є Сертифікат затвердження типу засобу вимірювальної техніки, який вноситься до реєстру затверджених типів ЗВТ. Оцінка відповідності ЗВТ, які не застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології, проводиться на добровільних засадах. Тобто, ЗВТ розглядається як будь-яка інша продукція, товар чи послуга, що були вироблені або завезені на територію України. До речі, в вересні 2016 року набуває чинності Технічний регламент засобів вимірювальної техніки. Цей Технічний регламент встановлює вимоги до ЗВТ та розроблений на основі Директиви 2014/32/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26 лютого 2014 р. про гармонізацію законодавства держав-членів стосовно надання на ринку вимірювальних приладів. В ньому, зокрема, встановлені суттєві вимоги до ЗВТ та їх процедури оцінки відповідності [5].

Законодавчо регульовані ЗВТ, що перебувають в експлуатації, підлягають періодичній повірці та повірці після ремонту, може також проводитися позачергова, експертна та інспекційна повірка. Перелік категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що

підлягають періодичній повірці, встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Міжповірочні інтервали законодавчо регульованих ЗВТ за категоріями встановлюються центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері метрології та метрологічної діяльності.

Порядок встановлення міжповірочних інтервалів визначається Кабінетом Міністрів України. Відповідальність за своєчасність проведення періодичної повірки, обслуговування та ремонту (у тому числі демонтаж, транспортування та монтаж) ЗВТ (результати вимірювань яких використовуються для здійснення розрахунків за спожиті електричну і теплову енергію, газ і воду), що є власністю фізичних осіб, покладається на суб'єктів господарювання, що надають послуги з електро-, тепло-, газо- і водопостачання. Періодична повірка проводиться за рахунок тарифів на електро-, тепло-, газо- і водопостачання [1].

Ще одним нововведенням Закону [1] є метрологічний нагляд, вимоги до якого викладені в Розділі 5. Виділено 3 види метрологічного нагляду: державний ринковий нагляд за відповідністю законодавчо регульованих ЗВТ вимогам технічних регламентів; метрологічний нагляд за законодавчо регульованими ЗВТ, що перебувають в експлуатації та метрологічний нагляд за кількістю фасованого товару в упаковках. Визначено центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері метрологічного нагляду. Крім того, низка статей Закону [1] передбачають адміністративну відповідальність за порушення умов і правил проведення повірки та правил застосування засобів вимірювальної техніки, які використовуються у сфері законодавчо регульованої метрології у вигляді накладення штрафу на посадових осіб підприємств та організацій незалежно від форми власності, фізичних осіб - підприємців від трьох до тридцяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Розділ 6 встановлює вимоги до калібрування, яке набуває зовсім іншого значення, ніж до цього. Суть калібрування відтепер полягатиме не у встановленні придатності до використання засобів вимірювальної техніки, а у визначенні їхніх характеристик, з цією метою буде проводитися їх порівняння з відповідним еталоном.

Висновки. Таким чином, Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», що чинний з 01 січня 2016 року має багато важливих нововведень, що обумовлено гармонізацією національного законодавства з міжнародним та має на меті спростити технічні бар'єри в торгівлі для вітчизняних виробників та більш досконало та ґрунтовно

захистити громадян держави, їх життя, здоров'я та майно від недостовірних результатів вимірювань.

Л і т е р а т у р а

1. Про метрологію та метрологічну діяльність. Верховна Рада України; Закон від 05.06.2014 № 1314-VII.
2. Про метрологію та метрологічну діяльність. Верховна Рада України; Закон від 11.02.1998 № 113/98-ВР.
3. Про затвердження Порядку здійснення контролю за додержанням правил і умов зберігання та застосування національних еталонів. Кабінет Міністрів України; Постанова, Порядок від 16.12.2015 № 1110.
4. Про технічні регламенти та процедури оцінки відповідності. Верховна Рада України; Закон від 01.12.2005 № 3164-IV.
5. Про затвердження Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки. Кабінет Міністрів України; Постанова, Регламент, Вимоги [...] від 24.02.2016 № 163.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ДОКУМЕНТА, ЩО РЕГЛАМЕНТУЄ МЕТОДИКУ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Катькало Є.А., студент групи ЕТ-821м,
Кузьменко Н.М., доцент, кандидат технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
katkaloevgeniy@mail.ru, n_kuzm@ukr.net

Проект документа, що регламентує МВВ, потрібно розробляти залежно від виду цього документа згідно з вимогами відповідних нормативних і методичних документів [1].

Під час розроблення проекту документа, що регламентує МВВ, вибір методу вимірювання та ЗВТ проводять відповідно до МІ 1967-89 “Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения”.

Вимоги до структури та змісту МВВ визначають відповідно до ГОСТ 8.010-99 “Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения”, ДСТУ 4134-2002 “Метрологія. Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування

технологічними процесами. Вимоги до структури та змісту методик виконання вимірювань та документів систем управління якістю підприємств” [2].

Метрологічна експертиза проекту документа, що регламентує методику виконання вимірювань. Під час метрологічної експертизи проекту документа, що регламентує MBV, перевіряють відповідність цього проекту вимогам чинної в Україні та на підприємствах нормативної й методичної документації з метрологічного забезпечення.

Визначення необхідності атестації методик виконання вимірювань. Необхідність атестації MBV визначають підприємства, які розроблюють та/або використовують MBV.

Атестації підлягають усі MBV, за винятком:

- MBV, які використовують поза сферою поширення державного метрологічного нагляду і застосовують як індикаторні MBV, навчальні MBV тощо;

- MBV стандартизовані у національних (державних) нормативних документах України;

- MBV стандартизовані у міждержавних нормативних документах, що діють в Україні;

- MBV, до складу якої включають окремий (один) ЗВТ, що пройшов державні приймальні випробування або метрологічну атестацію;

- раніше атестованих MBV.

Затвердження та реєстрація методик виконання вимірювань. Затвердження та реєстрацію MBV здійснюють відповідно до Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність”, ГОСТ 8.010-99 “Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения”, ДСТУ 4134-2002 “Метрологія. Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами. Вимоги до структури та змісту методик виконання вимірювань та документів систем управління якістю підприємств” [2] та документів систем управління якістю підприємств.

Формування методики виконання вимірювань. Методику виконання вимірювань формують (реалізують) відповідно до вимог, встановлених документом, що регламентує MBV щодо функціонально-структурної схеми MBV (BK) та специфікації до неї.

Вимірювання за методикою виконання вимірювань. Вимірювання за MBV виконують відповідно до вимог документа, що регламентує MBV щодо послідовності та змісту операцій з підготовки і проведення

вимірювання, умов вимірювання, кваліфікації персоналу, який виконує вимірювання, тощо.

Коригувальні дії щодо атестованої методики виконання вимірювань. Коригувальні дії щодо атестованої МБВ виконують за результатами метрологічного нагляду та метрологічного контролю за атестованими МБВ у випадках:

- невиконання вимог МБВ;
- визначення ЗВТ/ВК, які входять до складу МБВ, не придатними для використання за результатами їх повірки (калібрування).

У випадку невиконання вимог МБВ потрібно розробити та виконати відповідні заходи щодо забезпечення виконання вимог, які встановлено у МБВ.

У випадку визначення ЗВТ/ВК не придатними для використання потрібно провести ремонт, юстирування, налагодження або заміну відповідних ЗВТ/ВК.

Якщо коригувальні дії не є результативними, дію атестованої МБВ має бути припинено (МБВ анульована) з відповідною позначкою в реєстрі МБВ.

Поліпшування атестованої методики виконання вимірювань. Оцінювання результативності вимірювань за МБВ роблять за результатами аналізування протоколів (звітів), за результатами вимірювань (випробувань) та свідoctв про повірку (калібрування) ЗВТ/ВК, які входять до складу МБВ.

Зміни до атестованої МБВ вносять у зв'язку з:

- недостатньою результативністю вимірювань за МБВ;
- поставленням нових завдань щодо вимірювань;
- дооснащенням ЗВТ/ВК експериментальної та випробувальної баз (придбання/ розроблення нових, сучасних ЗВТ/ВК).

Після розробки МБВ для того, щоб її внести в Державний реєстр та ввести в дію необхідно провести атестацію даної методики. Для проведення пропонується детальний порядок або іншими словами правила проведення атестації МБВ.

Л і т е р а т у р а

1. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять [Електронний ресурс] // ГП «Укрметрестстандарт». – Режим доступу URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua>.
2. ДСТУ 4134-2002 Метрологія. Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами. Вимоги до структури та змісту методик виконання вимірювань [Електронний ресурс] // ГП «Укрметрестстандарт». – Режим доступу URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua>.

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАРИРОВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАГЛУБЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ

Киричок А.В., студент группы ЕТ-851м,
Кашура А.Л., доцент, кандидат технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
kirichek1994@mail.ru, kashure@mail.ru

ДСТУ 4218-2003 Метрологія. Резервуари сталні горизонтальні циліндричні. Методика повірки (ГОСТ 8.346-2000, MOD) дає методіку поверки сталних горизонтальних резервуарів. Згідно цієї методіки образцові мерники повинні забезпечити можливість отримання дози в об'ємі, достаточному для підйому рівня води в резервуарі в межах від 10 до 40 мм.

Найбільш простим і розповсюдженим методом отримання ґрадуированих таблиць, придатним для використання для резервуарів произвольної форми, є об'ємний метод. Для заглублених резервуарів цей метод є єдиним можливим.

В процесі досліджень авторами були проаналізовані більш 20 тариовочних характеристик циліндричних резервуарів ємністю від 10 до 25 м³. Вік тариовочних таблиць був до 5 років. Як самі свіжі, так і самі старі таблиці мали поряд відхилень, як від теоретичних розрахункових характеристик, так і дуже важко пояснених з фізичної точки зору.

Для аналізу отриманих результатів вимірювань при побудові тариовочних характеристик об'ємним методом необхідно, як мінімум, візуалізація вимірювань - в цьому випадку можна звернути увагу на серйозні характерні відхилення експериментальної кривої і зробити висновок про їх обґрунтованість. В випадку сумнівних результатів необхідні додаткові вимірювання на контрольних висотах. Однак, такий підхід теж має недоліки в формі суб'єктивної оцінки результатів. Необхідна надто детальна і виснажлива інструкція, якою всім часом потрібно користуватися метрологу.

Вісвідобґрунтованим з цієї точки зору буде внесення визначених умов в програму формування тариовочної кривої. Таку програму потрібно наділити елементами аналізу. Як правила аналізу можуть відрізнятися для різних типів резервуарів, то програму можна розділити на класи. Як, наприклад, програма формування тариовочної характеристики для заглублених

цилиндрических горизонтальных резервуаров должна содержать условия проверки для приведенных случаев и, как минимум, выдавать сообщение о результатах анализа и рекомендации о проверке результатов экспериментальных исследований на конкретных высотах. Это позволит в рамках существующей методики измерений повысить точность и достоверность построения тарировочных характеристик резервуаров.

Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ 8.346-79. Резервуары стальные горизонтальные. Методы и средства поверки.
2. Носач В.В., Беляев Б.М. Программное обеспечение и алгоритмы расчета градуировочных характеристик резервуаров. Измерительная техника. Июль 2001. – Москва. ИПК изд-во стандартов. – С. 34-38.
3. Горбунов Н.И., Кашура А.Л. Расчет градуировочных характеристик резервуаров объемным методом. Збірник доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Сталій розвиток гірничо-металургійної промисловості» 18-22 травня 2004 р. Видавництво Криворізького технічного університету. 2004. - с.152-154.

ДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Орлов А.С., студент

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
andrejiorlov@mail.ru*

Одним из решений бесконтактного контроля является применение виброакустического контроля технического состояния буксовых узлов подвижного состава в процессе эксплуатации. Этот метод базируется на классической теории колебаний, анализе случайных процессов и временных рядов, выявления скрытых периодичностей в присутствии «шума», передачи и преобразования сигналов динамическими системами, планирования эксперимента, надежности и технического контроля объектов, математической статистике (спектральный анализ).

Он позволит выявлять узлы и детали, требующие замены или ремонта, путем сравнения моделей акустической эмиссии эталонных и неисправных узлов и выбирать рациональные характеристики экипажной части, и прогнозировать ресурс работоспособности для обеспечения

условий безопасной эксплуатации.

Устройство для диагностики букс подвижного состава состоит из сборки направленных микрофонов, пирометра, измерительной станции, контакторов [1-2].

Для достижения точности измерений необходимо наличие прямого оптического тракта между сборкой микрофонов, пирометром и корпусом буксы (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид устройства контроля буксовых узлов

Устройство для диагностики буксовых узлов подвижного состава во время движения работает следующим образом. Концевые контакторы 3 запускают процесс измерения при прохождении состава. Пирометр 1 измеряет температуру буксового узла бесконтактным методом, а сборка направленных микрофонов 2 регистрирует на виброакустический шум. Информационные сигналы передаются на компьютер 4, который обрабатывает полученную информацию и на основе ее анализа делает заключение о состоянии буксовых узлов состава.

Структурная схема устройства показана на рис. 2. При прохождении транспортного средства через пару концевых контакторов 2 они включают устройство и передают электрический сигнал на формирователи 3 и 4, которые записывают его в регистр памяти 6. Порядок включения формирователей определяет направление движения транспортного средства.

Формирователь 5 цикла контроля начинает генерировать управляющий сигнал на сборку направленных микрофонов 1 и пирометр 8, которые фиксируют состояние буксового узла (снимают виброакустические шумы и температуру). Информационные сигналы со сборки направляемых микрофонов 1 и пирометра 8 передаются на регистр памяти 6, а из него на измерительный порт компьютера 7, который обрабатывает полученную информацию, на основе ее анализа

делает вывод о состоянии буксового узла, результаты и рекомендации передаст на ближайшую станцию и фиксирует конец контроля.

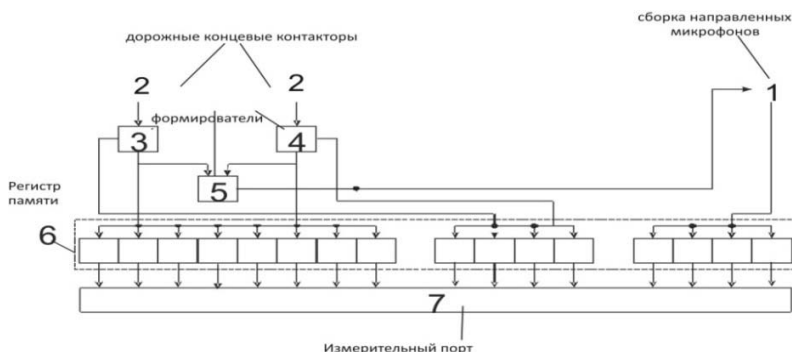


Рис. 2. Структурная схема устройства для контроля буксовых узлов подвижного состава

Устройство для контроля буксовых узлов подвижного поезда удовлетворяет следующим техническим требованиям:

Скорость движения поездов, км/ч	5-120
Диапазон измерений температуры букс, °С	0-140
Шаг установки пороговых значений, °С	1
Диаметр колеса, мм	335-1250
Минимальное расстояние между осями колесных пар	≥700 мм для вагонов с пониженным уровнем пола
Максимальное число осей в поезде	≤350
Микрофон	M101

Сборка микрофонов состоит из трех микрофонных капсулей M101, расположенных в трубках соответствующего диаметра. Для гашения случайных звуковых волн внутренняя поверхность трубы оклеена звукоизолирующим материалом. Расстояние, определяется согласно диаграммам, приведенным на рисунке 3, и выбирается так, чтобы объект измерения либо полностью попадал в диаметр измерения, либо не менее чем на 20 %. Если это условие не выполняется, то в зону действия микрофона могут попадать посторонние шумы.

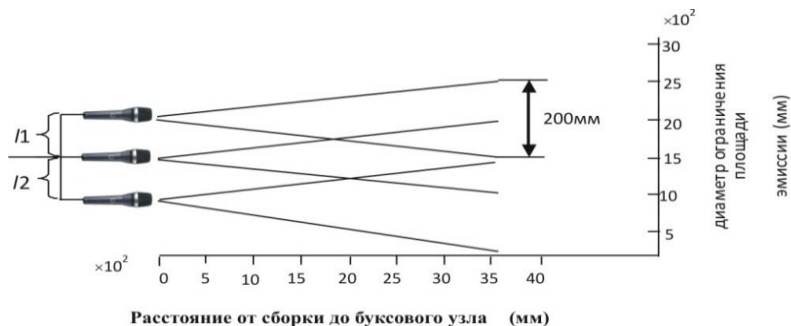


Рис. 3. Схема расчета расстояния от сборки микрофонов до буксового узла

Для бесконтактного измерения температуры в нашем устройстве используется пирометр. Выходы для вывода данных обеспечивают прямое подключение самописцев, принтеров, компьютеров.

Формат сигналов:

Цифровой: К.8-232 Формат: А8СП Скорость передачи: 9600 бод.

Формат данных: 8 бит, 1 стоп-бит, без контроля четкости.

Выводы.

1. Предлагаемое устройство и метод виброакустического контроля технического состояния буксовых узлов подвижного состава в процессе эксплуатации позволяет повысить качество контроля.

2. Для достижения точности измерений необходимо наличие прямого оптического тракта между сборкой микрофонов и корпусом буксы.

3. С помощью разработанного программного обеспечения осуществляется анализ виброакустического сигнала и выдается заключение о состоянии подшипников буксовых узлов в режиме реального времени при прохождении состава вдоль устройства.

Л и т е р а т у р а

1. Вівденко, Ю.Г. Стенд для збору і фіксації інформації про стан підшипникових вузлів рухомого складу / Ю.Г. Вівденко, Н.В. Махортова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля : збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля ; XIV Міжнародна науково-практична конференція «Університет і регіон». - Луганськ, 2008. — С. 264-265.
2. Пат. 21394 Україна. МПК(2006) B61K 9/00. Пристрій для збору і фіксації даних про стан букс потягу, що рухається / Н.В. Махортова, Ю.Г. Вівденко, О.Ю. Поляченко, С.В. Белозьоров. - № 200610103 ; заявл. 21.09.2006 ; опубл. 15.03.2007.

ЕТАПИ РОЗРОБКИ ТА АТЕСТАЦІЇ МЕТОДИК ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ

Пісоцька С.Л., студентка групи ЕТ-821м,
Кузьменко Н.М., доцент, кандидат технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
svgirl@mail.ru, n_kuzm@ukr.net

Об'єктивними причинами створення методик виконання вимірювань (МВВ) в метрологічній діяльності стали два принципи забезпечення єдності вимірювань, а саме результати вимірювань повинні виражатись в одиницях фізичних величин Міжнародної системи одиниць і повинна бути відома похибка вимірювань.

Робочу МВВ необхідно розробляти у двох випадках:

- якщо вимірювання виконуються методом безпосередньої оцінки, а в технічній документації ЗВТ немає даних про показники точності вимірювань або вказівок про їх розрахунок;

- якщо вимірювання виконуються будь-яким іншим методом, для якого необхідно розробити алгоритм розрахунку результату і показників точності вимірювань.

МВВ у залежності від складності та галузі використання викладають у:

- окремих нормативних документах;
- розділі або частині нормативного документа.

Нормативні документи (стандарти), які регламентують методики виконання вимірювань, розробляють на основі атестованих МВВ. Якщо МВВ, яка Вам потрібна, не викладена у нормативному документі, її необхідно розробити згідно ГОСТ 8.010-99 ГСИ. “Методика выполнения измерений. Основные положения” [3].

Розробку МВВ здійснюють на основі початкових даних, до складу яких входять: призначення МВВ, вимоги до діапазону та похибки вимірювань, умов проведення вимірювань, інших вимог до МВВ, а також вимог до параметрів об'єкту контролю, значення яких контролюються за результатами вимірювань. Початкові данні викладають у технічному завданні або інших документах на розробку МВВ.

Рекомендації щодо розроблення та реалізації методик виконання вимірювань. Розроблення та реалізацію МВВ необхідно виконувати поетапно:

- поставлення завдання щодо вимірювання;
- визначення вимог до МВВ;
- вибір та підтвердження можливості реалізації МВВ;
- визначення варіанта створення МВВ;
- розроблення проекту документа, що регламентує МВВ (стандарт, технічні умови, рекомендації тощо) [1, 2];
- метрологічна експертиза проекту документа, що регламентує МВВ;
- визначення необхідності атестації МВВ;
- атестація МВВ;
- затвердження та реєстрація МВВ;
- формування МВВ;
- вимірювання за МВВ;
- метрологічний контроль та нагляд за атестованими МВВ;
- коригувальні дії щодо атестованої МВВ;
- поліпшування атестованої МВВ.

Затвердження та реєстрація методик виконання вимірювань. Затвердження та реєстрацію МВВ здійснюють відповідно до Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність”, ГОСТ 8.010-99 “Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения” [3], ДСТУ 4134-2002 “Метрологія. Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами. Вимоги до структури та змісту методик виконання вимірювань та документів систем управління якістю підприємств” [4] та документів систем управління якістю підприємств.

Формування методики виконання вимірювань. Методику виконання вимірювань формують (реалізують) відповідно до вимог, встановлених документом, що регламентує МВВ щодо функціонально-структурної схеми МВВ (ВК) та специфікації до неї.

Вимірювання за методикою виконання вимірювань. Вимірювання за МВВ виконують відповідно до вимог документа, що регламентує МВВ щодо послідовності та змісту операцій з підготовки і проведення вимірювання, умов вимірювання, кваліфікації персоналу, який виконує вимірювання, тощо.

Коригувальні дії щодо атестованої методики виконання вимірювань. Коригувальні дії щодо атестованої МБВ виконують за результатами метрологічного нагляду та метрологічного контролю за атестованими МБВ у випадках:

- невиконання вимог МБВ;
- визначення ЗВТ/ВК, які входять до складу МБВ, не придатними для використання за результатами їх повірки (калібрування).

У випадку невиконання вимог МБВ потрібно розробити та виконати відповідні заходи щодо забезпечення виконання вимог, які встановлено у МБВ.

У випадку визначення ЗВТ/ВК не придатними для використання потрібно провести ремонт, юстирування, налагодження або заміну відповідних ЗВТ/ВК.

Якщо коригувальні дії не є результативними, дію атестованої МБВ має бути припинено (МБВ анульована) з відповідною позначкою в реєстрі МБВ.

Л і т е р а т у р а

1. ДСТУ 1.5:2003 Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів [Електронний ресурс] // ГП «Укрметртестстандарт». – Режим доступу URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua>.
2. ДСТУ ГОСТ 2.610:2006 Єдина система конструкторської документації. Правила виконання експлуатаційних документів [Електронний ресурс] // ГП «Укрметртестстандарт». – Режим доступу URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua>.
3. ГОСТ 8.010-99 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения (Державна система забезпечення єдності вимірювань. Методики виконання вимірювань. Основні положення) [Електронний ресурс] // ГП «Укрметртестстандарт». – Режим доступу URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua>.

НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДАМ АНАЛИЗА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Сысоев С. А., студент

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
cca-1655@yandex.ua

Идентификация – установление тождества неизвестного объекта химического анализа с другим известным – все шире входит в аналитическую практику. Ее следует рассматривать как качественный и/или количественный анализ объекта аналитического контроля на основе его химических или физических свойств с последующим сравнением их соответствия свойствам стандартного образца. Если объектом аналитического контроля является питьевая вода, то в общем случае методы ее идентификации включают:

- органолептические (запах, привкус, цветность, внешний вид);
- микробиологические (*E.coli*, колиформные бактерии, общее микробное число, споры сульфитредуцирующих клостридий, колифаги, *Pseudomonas aeruginosa*);
- паразитологические (цисты лямблий и ооцисты криптоспоридий);
- химико-аналитические (РН, цветность, жесткость общую, общую минерализацию, общий органический углерод, содержание химических веществ);
- радиационного контроля (удельную суммарную α и β -активность воды).

Во многом идентификация созвучна аналитическому контролю – определение химического состава и, в отдельных случаях, структуры и свойств вещества и материала объекта аналитического контроля с последующим оцениванием соответствия объекта установленным требованиям при их наличии. Как видно, целью проведения аналитического контроля является оценка качества исследуемого объекта по установленным нормативам содержания, как правило, отдельных компонентов этого объекта. Например, по экологическим нормативам в виде ПДК. Поэтому для проведения аналитического

контроля желательно наличие стандартного образца с близкой по составу матрицей и с известным содержанием аналита на уровне ПДК.

В случае проведения идентификации питьевых вод вначале также необходимо провести их химический анализ. Далее полученные данные необходимо сопоставить не с ПДК, а с предварительно установленными качественными и количественными характеристиками питьевых вод и, с определенной вероятностью, сделать вывод о соответствии исследуемой воды одной из известных.

Очевидно, что ГОСТ 27384-2002 «ВОДА. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств», который говорит в случае аналитического контроля – «...для принятия решений по оценке превышения установленных нормативов качества вод (например ПДК) к рассмотрению принимают результаты измерений без учета значений приписанных характеристик погрешности измерений», не может быть применен при проведении идентификации питьевых вод. В этом случае погрешность определений аналита или какого-то общего показателя качества воды выходит на первое место и она должна учитываться на заключительной стадии идентификации.

Секція: ЕЛЕКТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Дрыгин Д.С., магистрант,
Шевченко А.И., доцент, кандидат технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
boxeus@gmail.com, alexshev2014@i.ua

Безопасность движения подвижного состава в наибольшей степени зависит от эксплуатационной надежности оси колесной пары (ОКП), которая зависит от ее качественных параметров и ее напряженного состояния, возникающего под влиянием действующих нагрузок, которые приводят к появлению дефектов. Наибольшую угрозу безопасности движения представляют дефекты типа нарушения сплошности металла. Оси с трещинами в подступичной, предподступичной и средней частях (рис. 1), а также на шейках и галтелях оси к эксплуатации не допускаются, так как они неизбежно приводят к ее излому.

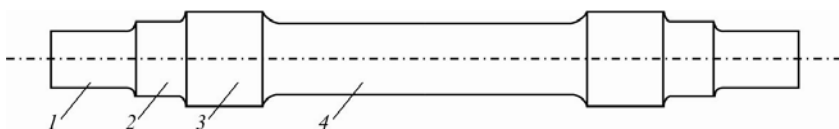


Рис. 1. Вагонная ось колесной пары

1 – шейка под буксовые подшипники; 2 – предподступичная часть;
3 – подступичная часть под колесный центр; 4 – средняя часть

Для своевременного выявления и изъятия из эксплуатации ОКП с дефектами в процессе изготовления, ремонта и освидетельствования предусмотрены магнитная и ультразвуковая дефектоскопия. Достоинством ультразвуковой дефектоскопии является возможность контроля внутренних и закрытых зон изделий, что и определяет область ее применения для контроля ОКП.

Магнитная дефектоскопия применяется для контроля всех частей оси в конце технологического процесса производства, а также шеек и

предподступичных частей при освидетельствовании осей со снятием внутренних колец подшипников буксовых узлов.

В практике магнитной дефектоскопии ОКП получил наибольшее распространение магнитопорошковый метод, основанный на визуальной регистрации при помощи магнитного порошка магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами. Магнитопорошковый контроль широко распространен благодаря своей чувствительности, наглядности и универсальности. Однако он исключает автоматизацию т.к. обнаружение дефекта осуществляет человек-оператор, тщательно осматривающий поверхность контролируемого объекта, обработанного магнитным порошком, и дающий заключение о годности изделия или его дефектности. Монотонно выполняемая операция быстро рассеивает внимание и возникает большая вероятность пропустить дефект, вследствие чего снижается достоверность контроля. Радикальное решение этой проблемы – использование средств видеонаблюдения за состоянием поверхности и программ автоматического поиска дефектов. Суть программы – в компьютерной обработке изображения, основанной на вычислении градиентов контрастности видеосигнала по различным направлениям. При нахождении таких дефектов программа выводит на дефектное изображение на экран монитора, приостанавливает процесс контроля и звуковым сигналом оповещает оператора, который тщательно изучает подозрительное место и принимает окончательное решение о годности т.е. оператор не работает в рутинном утомительном режиме осмотра оси [1].

Другой метод магнитного контроля – феррозондовый метод контроля является более перспективным для целей дефектоскопии осей при их изготовлении и эксплуатации с точки зрения возможности автоматизации самого процесса контроля, увеличения его производительность и исключения субъективного фактора. Однако трудность использования феррозондового метода заключается в том, что ступеньки оси дают дополнительный градиент поля, который накладывается на поле дефекта и снижает надежность контроля, а также в том, что трудно осуществить контроль вала непосредственно в местах ступенчатых переходов [2].

Для создания системы контроля ОКП необходимы теоретические и экспериментальные исследования информационных магнитных полей рассеяния дефектов, а также помех, причиной которых является ступенчатость оси и краевой эффект. Разработанные математические модели магнитных полей рассеяния дефектов и намагниченной оси колесных пар на основе нелинейных интегральных уравнений, позволили провести численные эксперименты, позволяющие рассчитать

поля, возникающие от негладкости поверхности оси, которые считаются полями помех, и поля рассеяния дефектов. В результате исследований установлено, что напряженность поля помехи превышает уровень полезного сигнала, однако скорость изменения сигнала от продольной координаты оси различная, то есть имеется возможность выделения сигнала на фоне помехи.

Выделение сигнала из помех предлагается осуществлять в несколько этапов. На первом этапе выполняется пространственная селекция сигналов. Над каждым сканирующим феррозондом на определенном расстоянии расположен такой же феррозонд, который вырабатывает компенсирующий сигнал. Феррозонды включаются по схеме градиентомера, что дает возможность отфильтровать постоянную составляющую поля помехи. Компенсирующий феррозонд не воспринимает магнитное поле дефекта, так как находится от дефекта на значительном расстоянии, и в то же время измеряет поле Земли и поле рассеяния от каждой ступеньки оси. Пространственная селекция сигнала на 70 – 75% компенсирует поле помехи. Эта селекция производится для сигналов в аналоговой форме. Для окончательного выделения сигналов из помехи осуществляется цифровая обработка сигнала.

Экспериментальные данные и результаты теоретических расчетов показывают, что для распознавания параметров дефектов в качестве критерия может быть использовано расстояние между экстремумами нормальной составляющей поля дефекта. От величины и топографии поля дефекта зависят такие параметры сигнала как амплитуда и длительность. Поэтому путем анализа сигналов по длительности на различных уровнях можно распознавать дефекты классического типа, получать информацию о характере расположения дефектов и отделить наружный дефект от внутреннего. При этом величина длительности для различных дефектов одного и того же типа будет разной и находится в определенном интервале значений.

Л и т е р а т у р а

1. Ершов С.Г. Современные автоматизированные установки автоматизированного магнитопорошкового контроля концов и торцов труб. // В мире неразрушающего контроля, 2004. - №3. – с.32-37.
2. Шевченко А.И. Совершенствование систем диагностики осей колесных пар подвижного состава железных дорог: Автореф. дис. канд. техн. наук. – К., 2004. – 19 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Мищенко С.И., магистрант группы ЭТ-441м,
Шведчикова И.А., профессор, доктор технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
ishved@i.ua

В последние годы появились многочисленные алгоритмы и программы компьютерного расчета магнитного поля, основанные на использовании численных методов моделирования магнитных полей. На практике широкое распространение получили такие численные методы, как метод конечных разностей (МКР) и метод конечных элементов (МКЭ). Каждый из упомянутых методов имеет свои преимущества и недостатки[1].

Например, при расчете криволинейных областей неправильной формы МКЭ предоставляет некоторые преимущества за счет возможности построения конечных элементов с границами, которые могут быть криволинейными и не обязательно должны быть перпендикулярны друг другу. При использовании параболических функций формы края элементов могут принимать параболическую форму. Функции формы представляют собой основу МКЭ: они служат не только для интерполяции формы, но и для получения желаемых величин (скорости, давления, температуры) в каждом узле. Таким образом, они оказывают непосредственное влияние на результат. Введение функций формы представляет собой основное различие между МКР и МКЭ.

В отличие от МКР, где известны только значения в узловых точках, МКЭ позволяют точно определить значения желаемых параметров в каждой точке рассматриваемой области путем интерполяции с помощью функций формы. За счет того, что этот факт учитывается при выводе уравнений МКЭ, данный метод, по определению, более точен, чем МКР. Кроме более точной аппроксимации геометрии и более точного описания изменения расчетных величин, МКЭ предоставляет следующие преимущества по сравнению с МКР:

- рассматриваемая геометрия может быть любой, поскольку она определяется независимо от компьютерной программы. Это означает, что программы, реализующие МКЭ, работают независимо от геометрии;

- возможность определения расчетных параметров в любой точке рассматриваемой области;

- поскольку уравнения МКЭ решаются одновременно, существует возможность учесть все взаимодействия, имеющие место в системе, с высокой степенью гибкости и точности.

Тем не менее МКЭ тоже не свободен от недостатков:

- время, необходимое для расчетов, а также требования к аппаратным средствам компьютера и объему носителей информации в несколько раз превышают аналогичные требования для МКР. Для решения задач этим методом требуется как минимум высокопроизводительный 16- или 32-разрядный ПК. За редким исключением, применение программ, реализующих МКЭ, ограничивается плоскими задачами;

- поскольку геометрия канала, а также начальные и граничные условия задаются пользователем самостоятельно, время, необходимое для расчета, существенно больше, чем для МКР, где эти параметры более или менее фиксированы;

- большая гибкость МКЭ, касающаяся выбора геометрии, плотности сетки, выбора типов элементов и граничных условий требует от пользователя более глубокого понимания сущности данного метода, иначе получение надежных результатов становится проблематичным[2].

Сравнительный анализ методов позволяет сделать следующие выводы: численные методы, более требовательные к аппаратным средствам и квалификации пользователя, дают преимущества только в том случае, если более простые методы не позволяют добиться требуемого результата вследствие присущих им ограничений. Если расчетные области имеют правильную форму и позволяют построить разностную сетку, то на первый план выходят преимущества МКР. Однако если геометрические формы сильно отличаются, преимуществом будет обладать МКЭ как метод, независимый от геометрии. Этот метод имеет преимущества в представлении геометрии, построения сетки и определения граничных условий, а также при оценке и интерпретации результатов.

Л и т е р а т у р а

1. Фисенко В. Г. Численные расчеты электромагнитных полей в электрических машинах на основе метода конечных элементов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elmech.mpei.ac.ru/books/edu/ELCUT/index.html>.
2. Сильвестер П. Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров-электриков / П. Сильвестер, Р. Феррари. – М.: Мир, 1986. – 229 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФЕРРОЗОНДОВОГО МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА

Пугач Е.А., магистрант,
Шевченко А.И., доцент, кандидат технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
Lyalechka-Best@yandex.ru, alexshev2014@i.ua

Проникающие ранения, связанные с внедрением ферромагнитных и других металлических инородных предметов (тел) глубоко в ткани и органы человека, требуют оперативного хирургического вмешательства. В связи с этим основное значение приобретает точность определения местоположения инородного предмета во избежание необоснованной операционной травматичности.

В наше время рентгенодиагностика остается наиболее распространенным методом выявления инородных включений в теле человека. Однако рентгенография на пленке не соответствует уровню развития современной медицинской диагностики. Цифровые технологии позволили удалять артефакты, появившиеся в результате помех датчика, более точно диагностировать врачам местоположение и размеры инородного металлического предмета, получать диагностические изображения без промежуточных носителей, при более низком уровне дозы излучения. Однако медицинская практика показала следующие недостатки этого метода диагностики:

- инородные объекты могут менять свое пространственное положение в тканях человека, поэтому невозможно предусмотреть с какой стороны разреза окажется объект выявления;
- проведение операций под непрерывным рентгеновским контролем нежелательно, т.к. больной и врач получают значительную дозу облучения;
- рентгеновские исследования не дают информации о материале объекта, что важно для выбора методики проведения операции.
- применение этого метода в полевых условиях практически невозможно.

В настоящее время известен медицинский феррозондовый полюсоискатель ПФ-01, используемый для проведения операций по удалению ферромагнитных объектов из тела человека [1]. Особенностью конструкции магниточувствительного преобразователя

является то, что он выполнен в виде блока, состоящего из двух феррозондов, размещенных на одной оси, включенный градиентометрически, что позволяет компенсировать однородное поле Земли. Основное внимание в работе было уделено исследованию методов повышения чувствительности феррозонда. Установлено что резонансный режим работы, достигаемый подключением конденсатора параллельно сопротивлению нагрузки, позволяет увеличить чувствительность приблизительно в 4 раза. Определены также условия обеспечения устойчивой работы феррозонда в этом режиме.

Повышение точности и достоверности локализации ферромагнитных предметов возможно за счет усовершенствования конструкции датчиков и создания дополнительных электронных каналов для дополнительного контроля с помощью световой и звуковой индикации.

Конструкция такого датчика и структурная схема локатора показана на рис.1. Датчик содержит феррозондовые преобразователи расположенные ортогонально в двух плоскостях. Устройство обработки также содержит два канала обработки снабженные световой и звуковой сигнализацией. Световой индикатор позволяет определить в какой плоскости расположен инородный предмет, а по изменению тональности звука можно судить о расстоянии до него.

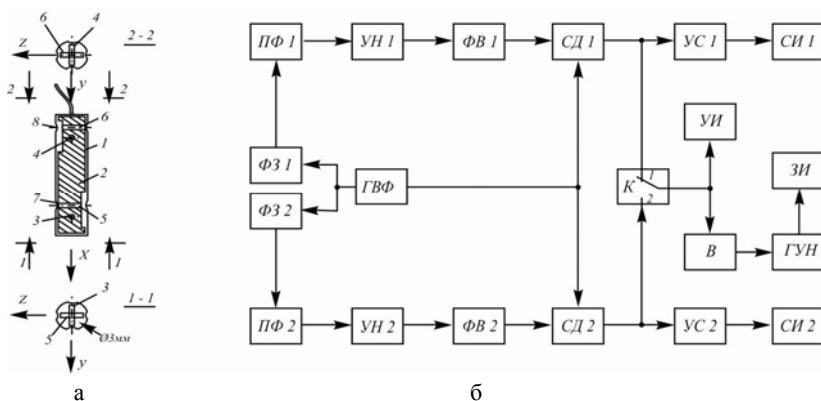


Рис.1. Усовершенствованный феррозондовый преобразователь:
а – конструкция, б – структурная схема

Основным же недостатком феррозондового полюсоискателя, при его высокой чувствительности к ферромагнитным объектам, является

невозможность обнаружения с его помощью немагнитных металлических объектов. Для локации таких объектов настоящее время используется вихретоковый локатор ЛИТ-1 [2]. Работа его основана на анализе электромагнитного поля вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем металлическом предмете. По амплитуде выходного сигнала преобразователя определяют местоположение искомого объекта, а по фазе сигнала, измеряемой относительно фазы тока катушки возбуждения, определяют, является металл ферро- или неферромагнитным. Другим преимуществом вихретокового локатора является независимость его выходного сигнала от пространственной ориентации зонда в неоднородном постоянном магнитном поле.

Однако чувствительность вихретокового локатора инородных тел уступает чувствительности феррозондового полюсоискателя в случае обнаружения ферромагнитных объектов. Кроме того, выполнение приемных элементов в виде индуктивных катушек значительно по сравнению с феррозондовым полюсоискателем увеличивает габариты этих элементов, а следовательно, и габариты поискового зонда, что снижает точность локализации обследуемого объекта. Поэтому в работе исследована возможность создания локатора, совмещающего достоинства обоих методов. Преобразователь содержит две приемные катушки выполненные в виде обмоток компенсации феррозондовых преобразователей и размещенные соосно с катушкой возбуждения по обе стороны от нее и соединенные между собой градиентометрически. Малые габариты феррозондов (диаметр 2-3 мм) позволяют обследовать глубокие раны и точно локализовать инородное тело.

Рассмотренные методы усовершенствования позволяют повысить эффективность применения феррозондовых датчиков и снизить операционную травматичность.

Л и т е р а т у р а

1. Пудов В.И. Локализация инородных ферромагнитных тел с помощью феррозондового полюсоискателя ПФ-02 / В.И. Пудов, Ю.Я. Реутов, С.А. Коротких // Мед. техника. 1996. - №6. - С.28-33.
2. Пудов В.И. Локализация и удаление инородных металлических тел с помощью локатора инородных тел ЛИТ-2 / В.И. Пудов, Ю.Я. Реутов, С.А. Коротких // Мед. техника. 1996. - №4. - С.23-28.

Секція: ІННОВАЦІЙ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ

О НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

***Бондарь А.И.**, аспирант,
Филимоненко К.В., доцент, кандидат технических наук,
Филимоненко Н.Н., доцент, кандидат технических наук*

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
kostiantyn.kun@gmail.com*

Постановка проблемы. Основными направлениями развития современной электрометаллургии являются усовершенствование технологических процессов, повышение эффективности работы электропечных агрегатов, сопровождающееся ростом их единичных мощностей. Максимальная единичная установленная мощность дуговые сталеплавильные печи (ДСП) составляет 240 МВА, руднотермических печей (РТП) – 120 МВА, печь-ковш (АВОС) – 50 МВА [1, 2]. Эти факторы предъявляют повышенные требования к надежности и эффективности оборудования систем электропитания.

Материал и результаты исследований. Одними из наиболее мощных электротермических установок являются те, которые применяются для плавки черных и цветных металлов. В настоящее время единичная установленная мощность ДСП достигает 240 МВА [3].

Режим работы ДСП носит циклический характер, который состоит из трех периодов: расплавление, окисление и восстановление [4]. При этом уровень мощности, потребляемой ДСП в период расплавления - максимальный.

Изменения мощности печей в процессе плавки обеспечивается регулированием вторичного напряжения электропечных трансформаторов (ЭПТ). Для этого ЭПТ оснащаются устройствами регулирования напряжения под нагрузкой[5].

За последние десятилетия в мировой практике широкое распространение получил процесс внепечной обработки стали, названный LF (Ladle-Furnace) или печь-ковш. Общая схема выплавки

металла в установке «печь-ковш» включает дуговой нагрев металла, а также подача в металл различных реагентов, легирующих и шлакообразующих материалов. Электрические режимы установок «печь-ковш» близки к режимам ДСП поэтому, как правило, их системы электропитания оснащаются фильтро-компенсирующими устройствами.

Руднотермические печи применяются для производства ферросплавов и других продуктов черной и цветной металлургии, а также химической промышленности. Большая часть РТП относится к установкам с непрерывным режимом работы. Как правило, технологический процесс в РТП ведут на нескольких рабочих ступенях. Для ферросплавных печей требуемая глубина регулирования ЭПТ практически не превышает 2,5 [6,7].

Трансформаторы для электропечных установок могут изготавливаться на любое требуемое напряжение сети (от 6 кВ до 220 кВ). При построении ЭПТ по прямой схеме устройства регулирования напряжения подключаются непосредственно к первичным обмоткам двухобмоточных трансформаторов. В таких трансформаторах регулировочная обмотка подключается последовательно обмотке высокого напряжения (ВН), а величина напряжения на регулировочной обмотке определяет диапазон регулирования.

Наиболее часто в ЭПТ применяется косвенное регулирование напряжения. В этом случае ЭПТ представляет собой трансформаторный агрегат, состоящий из регулировочного и нерегулируемого последовательного или параллельного трансформаторов [6,7]. Достоинством данных схем является обеспечение большой глубины регулирования, уменьшение тока устройства регулирования напряжения за счет выбора необходимых коэффициентов трансформации регулируемого трансформатора (автотрансформатора) и нерегулируемого (вольтодобавочного) трансформатора, возможность включения в промежуточную цепь токоограничивающего реактора или батареи конденсаторов устройств продольной или поперечной компенсации реактивной мощности.

В большей части РТП суммарная мощность, выделяемая в дугах, изменяется в зависимости от типа выплавляемого сплава и составляет 5-60% от мощности всей печи. Искажения синусоидальности кривых напряжения и тока РВП незначительны [4].

При работе совместно с устройствами продольной компенсации реактивной мощности (УПК) электропечные трансформаторы имеют некоторые особенности. При прохождении тока регулировочной обмотки через конденсаторную батарею УПК, на нем возникает падение напряжения ΔU_c , которое можно рассматривать как

дополнительную ЭДС, вводимую в цепь печной установки. При этом напряжение на первичной обмотке ВДТ складывается из геометрической разности напряжения, снимаемого с регулировочной обмотки и падения напряжения на конденсаторной батарее УПК.

Выводы. Таким образом, применение УПК для печей переменного тока является эффективным средством регулирования напряжения и компенсации реактивного сопротивления фаз печного контура.

Л и т е р а т у р а

1. Sellan R. The 300-Ton "Jumbo-Size" FastArc EAF at MMK Iskenderun new Danieli Minimill Complex (Turkey) / R. Sellan, M. Fabbro // AISTech 2009 Proceedings of the Iron & Steel Technology Conference (St. Louis, Missouri, May 4 - 7 , - 2009,- pp. 657-666.
2. Walker C. High power, shield-arc FeNi furnace operation - challenges and solutions / C. Walker, T. Koehler, N. Voermann // The Twelfth International Ferroalloys Congress Sustainable Future (INFACON XII) (Helsinki, Finland, June 6 - 9 , - 2010,- pp. 681-696.
3. Abel M., Hein M. Siemens VAI ultimate EAF -various operational results. [Электронный ресурс]: Информационные материалы компании Siemens. – Режим доступа: <http://www.industry.siemens.com/datapool/industry/industrysolutions/metals/simetal/en/SIMETAL-EAF-en.pdf>.
4. Минеев Р. В., Михеев А. П., Рыжнев Ю. Л. Повышение эффективности электроснабжения электропечей. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -208 с.
5. Кузьменко А. Г., Фролов Ю. Ф., Поздняков М. А., Лебедев В. А., Саутин С. Д. Перспективы развития электросталеплавильного комплекса — электропечей и ковшевых печей для производства стали // Электрометаллургия, – 2012.– № 11.– С. 2-10.
6. Аншин В. Ш. Электропечные трансформаторы для металлургической промышленности, выпускаемые ОАО «Электрозавод» // Электро. – 2006.– 4. – С. 16-20.
7. Аншин В.Ш., Крайз В. Г., Мейксон В. Г. Трансформаторы для промышленных электропечей. – М.: Энергоиздат, 1982. –295 с.

ОПТИМІЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТРИФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ

Вишенько С.О., Кошкін І.Г., магістри групи ЕТ-251м,
Губаревич О.В., доцент, кандидат технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
plasticcentrum@yandex.ru

Вступ. В наш час існує безліч програм, які вирішують важливу задачу – скорочення часу на виробництво без втрати якості продукту. Це – розробка нового обладнання, більш відповідного для роботи, для тих або інших цілей; скорочення термінів проектування, завдяки програмному виконанню рутинних робіт, таких як побудова технічних креслень з максимальною точністю, виконання текстової документації, побудова графічних зображень елементів виробу і т. д.; підвищення якості розробки шляхом обліку всіх відхилень, в тому числі і ступеня впливу людського фактора на достовірність, не витрачаючи на це багато часу; скорочення вартості проектування, що є важливим фактором. Щоб впоратися з перелікованими завданнями відбувається постійна розробка нових та удосконалення вже існуючих систем автоматизованого проектування. Застосування систем автоматизованого проектування для удосконалення електромеханічних пристроїв, зокрема трансформаторів, і обумовлює актуальність даної роботи.

Мета роботи. Метою роботи є застосування сучасних програмних комплексів автоматизованого проектування для обґрунтованого вибору раціональної форми та розмірів магнітопроводу трифазного трансформатора, а також оцінки його теплового стану.

Для досягнення цієї мети у роботі поставлені та розв’язані такі задачі:

1. Побудова картини магнітних потоків в магнітопроводі трансформатора.
2. Визначення теплової картини магнітної системи трансформатора.
3. Розробка і перевірка рекомендації по раціональному використанню матеріалу сердечника трансформатора.
4. Моделювання теплових процесів в магнітній системі трансформатора для вибору необхідного режиму охолодження.

Об’єкт дослідження – процеси розподілу магнітних та теплових потоків у магнітопроводі трансформатору.

Предмет дослідження – моделювання розподілу магнітних та теплових потоків, взаємозв'язок конструктивних та геометричних параметрів трифазного трансформатора.

Методи дослідження: метод скінчених елементів із використанням сучасних програмних додатків для моделювання магнітного поля у магнітопроводі трансформатору.

Матеріал і результати досліджень

1. Побудовані комп'ютерні моделі для дослідження розподілу магнітних і теплових потоків у магнітопроводі трифазного трансформатора.

2. Встановлено, що використовуючи сучасні автоматизовані програмні комплекси можлива як модернізація існуючого електроустановки, так і створення нового при незначних витратах робочого часу та високою мірою точності результатів для здобуття додаткового економічного ефекту.

В результаті проведених досліджень з проектування трансформатора із застосуванням сучасної програми ELCUT були отримані наступні основні результати:

– усічення магнітної системи трансформатора не впливає на магнітний потік, працездатність і параметри трансформатора, тоді як застосування раціонального підходу при проектуванні дозволяє отримати додатковий економічний ефект за рахунок зниження матеріаломісткості (рис.1).

– розрахунок і побудова теплової картини поля (рис.2) дозволяє аналізувати розподіл температури всередині магнітної системи трансформатора, рекомендувати режими відведення тепла для отримання планованого розподілу температури всередині пристрою, а, отже, сприяє оптимальному вибору навантажень і правильному підбору теплоізоляційних матеріалів.

Крім того програма ELCUT відразу показує параметри, що нас цікавлять при проектуванні, наприклад, такі, як розподіл магнітної індукції B в магнітопроводі трансформатору (рис. 3).

При оцінці отриманих в роботі результатів необхідно враховувати, що при проведенні розрахунків була використана студентська версія ELCUT, в якій кількість вузлів сітки і дію ряду функцій програми обмежені. З цього випливає, що отримані дані мають наближений характер і рекомендуються для якісної оцінки характеристик і параметрів трансформатора. Результати роботи також можуть бути використані при розробці дистанційних курсів з електричних машин та апаратів.

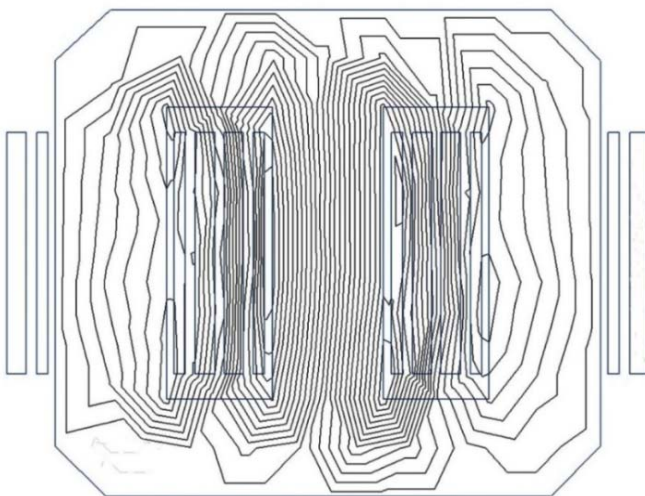


Рис.1. Усічення магнітної системи трансформатора

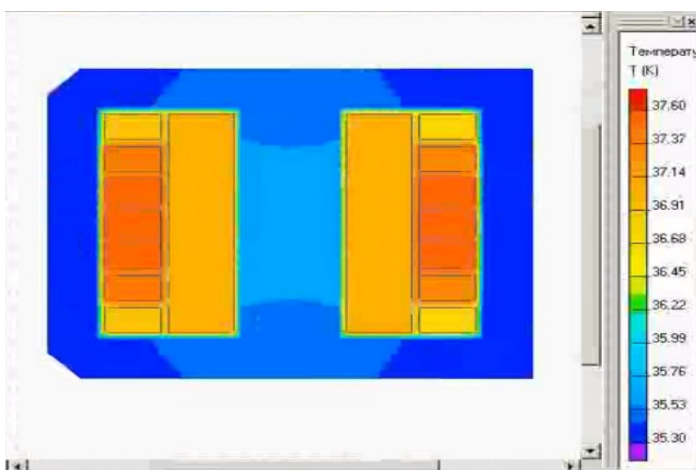


Рис. 2. Розподіл температури всередині магнітної системи трансформатора

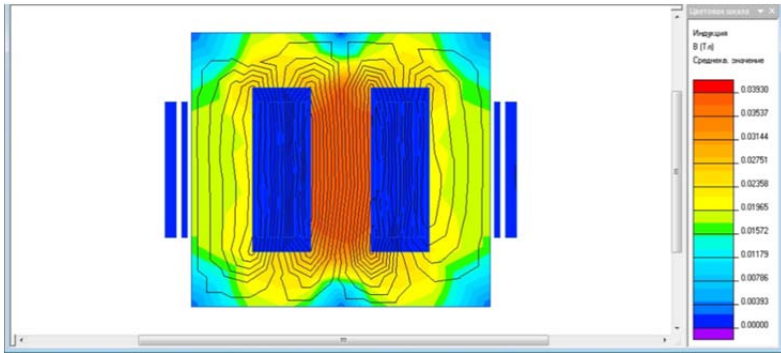


Рис. 3. Розподіл магнітної індукції B в магнітопроводі трансформатору

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА З ДУБЛЮВАННЯМ ПОКАЗАНЬ ПЕРЕМІЩЕНЬ У ЦИФРОВОМУ ВИГЛЯДІ

Голда Я.В., студент групи 401-МІ,
Попов С.В., доцент, кандидат технічних наук

*Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка*
iar.golda@yandex.ru, psv26@mail.ru

В зв'язку із спрацюванням ходових гвинтів не можливо досягти фіксованої величини подачі суппорта, що знижує точність оброблюваної поверхні деталі, що призводить до збільшення бракованих деталей.

Точність звичай досягається шляхом повороту лімба поперечної подачі із шкалою ціна поділки якого, для верстата 1П611П, становить 0,025 мм. Переміщуючи супорт на задану величину, ми очікуємо отримати передбачений розмір, але лімб має поправку 0,5 на діаметр, що призводить до підвищення похибки на дійсному діаметрі.

Підвищити точність даної групи верстатів можна шляхом радіального переміщення каретки верстата з ріжучим інструментом. Згідно із цим методом каретку попередньо потрібно відхилити від

нульового положення на певний кут повороту ($2^0..5^0$). Потрібно зазначить, що при малому куті повороту каретки, точність підвищується.

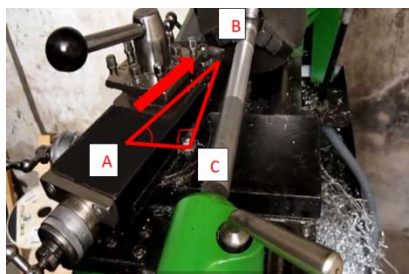
Для забезпечення руху різальної кромки різця у радіальному (див. рис. 1) напрямку АВ, де передбачаються переміщення в межах 0,01 – 0,06 мм, складно забезпечити безпосередньо радіальним рухом супорта з ціною поділки 0,025 мм. Нами запропоновано розвернути різцеві салазки під деяким кутом, наприклад, як вказано на рис. 1, а в межах $2...5^0$. Забезпечення руху в радіальному напрямку АВ здійснюємо шляхом переміщення у напрямку АС. Як що розглянути прямокутний трикутник ABC (див. рис 1, б), забезпечуємо переміщення за напрямком по катету АВ шляхом руху по гіпотенузі АС. Аналітично переміщення різального інструменту можна розрахувати через тригонометричну залежність за допомогою добутку косинуса кута повороту супорта та величини повздовжнього переміщення каретки супорта. Загальна формула переміщення має вигляд:

$$\cos \alpha = \frac{AC}{AB} \quad (1)$$

Де $\cos \alpha$ – це кут повороту супорта, АС – це величини повздовжнього переміщення каретки супорта, АВ – це величина зміщення різального інструмента.



а



б

Рис. 1. Токарно-гвинторізний верстат:

а – поворот каретки супорта на α ; б – рух каретки супорта під кутом α

При точності лімба поперечної подачі супорта в 0,025 мм та лімба повздовжньої подачі каретки 0,025, за рахунок цього методу ми зможемо підвищити точність верстата до 0,01, що призводить до

зменшення браку та значно підвищує якість та точність виготовлених деталей, без заміни наявного обладнання.

Одночасно пропонуємо підвищувати точність одержання розмірів, закріпивши паралельно радіальному переміщенню різцевих салазок електронний штангенциркуль та продублюємо координати переміщення ріжучого інструмента на екран цифрового приладу.

Але проблемою є користування змінними параметрами показу електронного штангенциркуля. Розвиток елементної бази електронних вузлів дозволяє виводити чисельні значення показань штангенциркуля на цифрову шкалу, яка розташована у зручному місці перед очима токаря на повздовжньому супорті верстата.



Рис. 2. Вимірювальний прилад:
а – з електронного штангенциркуля; б – прилад цифрування координат-
передавання координат переміщення різцевої каретки в радіальному
напрямку, (мм)

Запропонований метод руху під кутом каретки суппорта верстата та контролю переміщенні каретки, за допомогою електронно-вимірювальних приладів, дав змогу використовувати приховані можливості та підвищити точність верстата не замінюючи матеріальну базу, яким можна досягти обробку поверхні 6,7 квалітету.

Л і т е р а т у р а

1. Решетов Д. Н., Портман В. Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 2008. – 336 с.
2. Довідниково-інформаційний фонд циклу електротехнічних дисциплін, ЖВІТ ДНУ, 2007.
3. Maschinelle Putztechnik für mehr Produktivität // Baugewerbe. – 2012. – № 13-14. – S.18, 23–25 (нем).

ПРИСТОСУВАННЯ ДО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОФІЛЬНИХ ОТВОРІВ В МЕХАНІЧНИХ ДЕТАЛЯХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Гринкевич А.О., студент групи 301-МІ,
Васильєв А.В., доцент, кандидат технічних наук

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія
Кондратюка*

grinckevitch2013@yandex.ua, 523097@ukr.net

Вступ. При виготовленні профільних отворів в умовах масового виробництва на високопродуктивних протяжних верстатах виникає ряд складних задач із забезпечення точності і стабільності механічної обробки глибоких отворів малого діаметра в деталях електроприводів із в'язких сплавів. Розробка теорії й методів підвищення ефективності процесу виготовлення профільних отворів з урахуванням одержання необхідної якості виробу, являє собою актуальну проблему, що має велике значення для економіки України, тому у доповіді представлені результати теоретичних й експериментальних досліджень процесу обробки заготовок на токарних станках методом протяжки.

Для ефективного виготовлення профільних отворів у заготовках пристосування для виготовлення профільних отворів та різець повинні:

- бути надійними у роботі;
- забезпечувати високу точність та якість обробки;
- мати високу зносостійкість;
- мати високий строк придатності;
- бути дешевими у виготовленні.

Мета роботи. Слід зазначити, що існуючі на даний момент зразки пристосувань, не забезпечують виконання вище перелічених вимог, що дещо гальмує повноцінний розвиток та широке використання їх у серійному виробництві профільних отворів деталей. Отже, існує проблема вдосконалення існуючих та створення нових конструкцій пристосувань.

Матеріал і результати досліджень. Відомі пристосування для обробки багатогранних отворів інструментом – протяжкою на револьверних, токарних і свердильних станках. Основними їх недоліками є низька зносостійкість та точність обробки таких пристроїв, тому нами було запропоновано спрощену конструкцію яка краще

аналогів. Нижче наведено принцип роботи та основні позитивні якості даного пристосування.

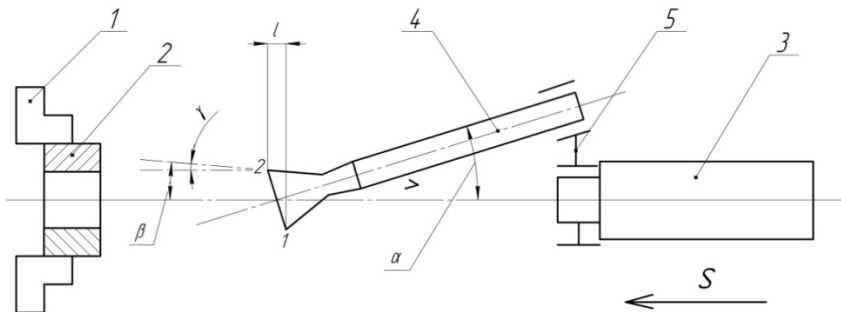


Рис 1. Кінематична схема для довбання фасонних отворів:
1 – шпиндель; 2 – заготовка; 3 – державка; 4 – фасонний різець;
5 – поводок фасонного різця

Пристрій до токарного станка забезпечується державкою 1 з хвостовиком конуса Морзе 3, на який кріпиться шпиндель з вальниціями, вісь якого нахилена разом з корпусом відносно пінолі токарного станка задньої бабки на кут α , і нахил торця конуса державки з хвостовиком Морзе виконаний на таку ж величину кута, хвостовик прошивки зафіксований в шпинделі гвинтом. Кут між віссю шпинделя станка і віссю державки з хвостовиком конуса Морзе дорівнює 1 градусу 38 мінутам. Шпиндель 2 поміщений в корпус 3 з гольчастими роликowymi підшипниками 4 і роликowymi упорними 5 зібраними за другим класом точності з державкою 1 хвостовика конуса Морзе. Утримувач хвостовика 1 в свою чергу з'єднаний з корпусом 3 за допомогою двох болтів 6. Хвостовик прошивки зафіксовано в шпинделі 2 гвинтом 7. Шпиндель тримається в корпусі за допомогою двох гвинтів 8.

У патроні токарного верстата закріплена оброблювана деталь із заздалегідь просвердленим отвором. У піноль задньої бабки токарного верстата встановлюється спеціальний утримувач 1 з хвостовиком конуса Морзе 3. Коли заготовка обертається на токарному станку, протяжка встановлюється на вал і вільно рухається на ньому, при дотику протяжки обертання від деталі передається на протяжку і під дією сил вібрації і поступального руху подачі S відбувається протягування. По суті тільки частина стружки знімається в будь-який момент часу, що значно скорочує час різання, навантаження на станок, сили різання, тиск необхідний для здійснення протягування. Процес обробки

відбувається за один прохід, за одну операцію прошивання – високопродуктивний і високоякісний.

Розрахувавши математично основні параметри для технологічної обробки профільних поверхонь було побудовано пристрій на основі розроблених нами креслень .

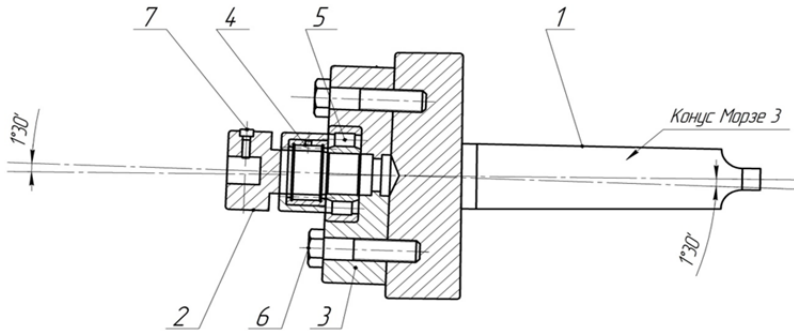


Рис 2. Будова пристрою

Пристрій до токарного верстата для обробки фасонних малорозмірних або глухих глибоких отворів відрізняється тим , що торець державки нахилений на кут, рівний куту нахилу осі згаданого корпусу щодо осі хвостовика державки, а в хвостовику прошивки виконаний кутовий паз для взаємодії з гвинтом при закріпленні в шпинделі. Пристосування містить шпиндель з гольчастими роликowymi підшипниками та роликowymi упорними. Пристрій дозволяє отримувати отвори 6, 7 квалітетів з обробки поверхонь $Ra\ 0,8...0,002\ \mu m$, $Rz\ 0,1\ \mu m$ згідно з ГОСТ 2789-73, строк придатності виробів збільшується від 3 до 5 років.

Висновки. В ході дослідження було доведено ефективність спрощеної конструкції пристосування для обробки багатограних отворів. Було встановлено економічну доцільність даної конструкції, як найбільш доцільну для виготовлення деталей в дрібносерійному виробництві. Дослідним шляхом були підтверджені всі функціональні властивості пристосування.

Література

1. Богуславский Б.Л. Справочник Металиста в 5 томах / А.Н.Малов, М.П.Новиков // Машиностроение.- 1976.- №2.-С.360-365.
2. Mechanics of Materials (Mcgraw-Hill Series in Mechanical Engineering) by Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston Jr., John T. DeWolf.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Журунов Д.С., студент ЭТ-151м,
Голубева С.М., ст. преподаватель кафедры «Электромеханика,
метрология и приборы»

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля
glbvnu@rambler.ru

В настоящее время остро встаёт вопрос дефицита энергетических ресурсов, горючие полезные ископаемые истощаются, а потребление человечеством энергии, возрастает. Проблема нехватки источников энергоресурсов требует немедленного рассмотрения. Решение ресурсной проблемы для энергетики – глобальный вопрос существования общества.

Предлагаем рассмотреть один из вариантов, обеспечения экономии электроэнергии и возможности снижения покупательских затрат.

Одной из альтернатив такого решения является применение современных световых источников – их можно разделить на три большие группы: тепловые лампы или лампы накаливания, лампы газоразрядные светоизлучающие диоды или светодиоды.

В бытовом использовании самыми распространенными остаются лампы накаливания, которые имеют специальное или общее назначение.

Свет, излучаемый лампой накаливания, считается самым приближенным к дневному солнечному свету, он является самым благоприятным для зрения человека.

Самое большое достоинство источников света с вольфрамовой нитью по отношению к остальным типам ламп, это их цена, они самые дешевые.

Их недостатками являются: недолговечность, значительное потребление электроэнергии, экологическая небезопасность, сильный нагрев и т.д.

С развитием новых технологий на смену лампе накаливания пришла более экономичная, энергосберегающая лампа - комплексная люминесцентная лампа.

Люминесцентная лампа – газоразрядный источник света низкого давления. Ее световой поток определяется мерцанием люминофоров под влиянием ультрафиолетового излучения электрического разряда.

Достоинством люминесцентного освещения является свет, создающий благоприятствующие условия для отдыха, который снижает напряженность глаз, а также способствует повышению производительности труда.

Коэффициент полезного действия энергосберегающей лампы очень высокий, вся затраченная электроэнергия преобразуется в световой поток, отдача которого в 5 раз больше чем у вольфрамовой лампочки, а теплоотдача слабая. Например, в сравнении, энергосберегающая лампочка мощностью 20 Вт создает световой поток равный световому потоку обычной лампы накаливания 100 Вт. Вследствие такого неравенства, энергосберегающие лампы позволяют экономить до 80% электроэнергии, не ухудшая освещенность помещения обычного для нашего восприятия.

Из-за выгорания вольфрамовой нити в лампочки накаливания световой поток со временем уменьшается, она хуже освещает, а энергосберегающие лампы таких недостатков не имеют.

Срок службы энергосберегающих ламп гораздо выше ламп накаливания, почти в 5- 15 раз. При этом срок наработки лампы возрастает, и достигает от 5 до 12 тысяч часов.

Так как у люминесцентной лампы высокая светоотдача, то свет от нее получается «теплым», не влияющим на глаза, и распространяется по помещению лучше, чем от лампы накаливания. Покрывающие корпус лампочки различные оттенки люминофора дают различные по цветам световые потоки (мягкий белый свет, холодный белый, дневной свет, и т.д).

Но есть и недостатки энергосберегающих ламп, это высокая цена, которая в 10-20 раз выше, чем цена лампочки накаливания. А так же энергосберегающая лампа наполнена внутри парами ртути, которая считается опасным ядом и для них нужна специальная утилизация.

Несмотря на недостатки, достоинств у лампы больше, поэтому они нашли широкое применение в освещении общественных зданий: школ, больниц, офисов и т. д.

Распространенные *галогенные лампы*, так же относящиеся к энергосберегающим лампам, отличаются необходимой экономичностью. Их достоинством является устойчивый яркий свет, множество световых оттенков. Вследствие добавления в колбу газов фтора, брома, хлора, йода (уменьшающих количество испарения вольфрама), срок службы лампы увеличился до 2000-5000 часов.

Основные достоинства галогенных ламп: высокая светоотдача; высокостабильный яркий свет на протяжении срока службы; долгий срок службы; малогабаритная конструкция. Недостатки галогенных ламп связаны с их использованием: до стеклянной поверхности лампы лучше не касаться голыми руками, так как на ней остаются жирные

пятна, что приводит к оплавлению стекла колбы; чувствительны к скачкам напряжения сети; температура колбы может достигать 500 °С.

Светодиодные лампы освещения – это изобретение перевернуло мир светотехники. Светодиодная лампа имеет наработку до 100000 часов. Если переводить в годы, то это примерно 11 лет. Использование в быту и на производстве светодиодных светильников самое выгодное освещение, в наше время. Они дают световой поток 50-100 люмен на ватт, что является лучшим показателем среди всех ламп. 1 ватт мощности светодиодной лампы равен 3 ваттам компактной люминесцентной лампы. Показатели энергосбережения у них эффективнее компактных люминесцентных ламп. Потребляемый ток в 20 раз ниже тока лампы накаливания. Отсюда следует, что нагрузка на провода, выключатели снижается, и срок службы оборудования увеличивается.

Внутри светодиодных ламп освещения отсутствуют вредные компоненты, при использовании они не излучают инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. Спектр излучения приближается к естественному свету. Светодиодные лампы самые прочные. Во время свечения температура колбы низкая.

Сделаем вывод: с появлением светодиодных ламп увеличился срок службы приборов освещения, они стали более безопасны в использовании, снизился расход электроэнергии, усовершенствовалась светоотдача.

Недостаток светодиодных ламп и светильников – высокая цена.

Для освещения внутренних помещений и внешней территории идеальное применение получили светодиодные ленты и панели. При их использовании создается идеальный дизайн освещения, как домашний, так и уличный. А главное потребление энергии снижается.

Анализируя характеристики современных источников света, можно сделать вывод, век ламп накаливания подошел к концу и мы должны использовать новые технологии и знания, чтобы научиться использовать энергию более эффективно.

Л и т е р а т у р а

1. <http://artillum.ru/lighting/led-lighting>.
2. <http://doc4web.ru/fizika/ispolzovanie-energoberegayuschih>.
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
4. Сергеев С. К., Измайлов В. В. Учебное пособие «Энергосбережение».- Тверь: «Альфа - Пресс», 2004г.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кошкин И.Г., магистр группы ЭТ-251м,
Губаревич О.В., доцент, кандидат технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
guver1993@yandex.ru

В наше время существует целое множество программ, которые решают важнейшую задачу – сокращение времени на производство без потери качества продукта. Это – разработка нового оборудования, более соответствующего для работы, для тех или иных целей; сокращение сроков проектирования, благодаря программному выполнению рутинных работ, таких как построение технических чертежей с максимальной точностью, выполнение текстовой документации, построение графических изображений элементов изделия и т.д.; повышение качества разработки путем учета всех отклонений, в том числе и степени влияния человеческого фактора на достоверность не затрачивая на это много времени; сокращение стоимости проектирования, что является не маловажным фактором. Даже элементарная проверка орфографии в документации к изделию при ее наборе значительно ускоряет процесс проектирования и экономит средства благодаря тому, что исключает необходимость в специалисте данной области. Чтобы справиться с вышеперечисленными задачами происходит постоянная разработка новых и усовершенствование уже существующих *систем автоматизированного проектирования*. Без них научно-технический прогресс был бы затруднен, так как системы автоматизированного проектирования позволяют учесть все факторы на этапе проектирования, что сводит к минимуму неисправности прототипов.

В наше время существует целое множество программ, которые решают важнейшую задачу – сокращение времени на производство без потери качества продукта.

Основной целью данного обзора является ознакомление с некоторыми современными программами, которые помогут сократить время проектирования и диагностики электротехнического оборудования.

Самая актуальная и удобная программа для ряда инженерных задач «КОМПАС-3D» – наиболее подходящее решение для автоматизации проектирования, в частности – черчения. Данная система

ориентирована на поддержку стандартов «Единой системы конструкторской документации», что немало важно и облегчает процесс проектирования. В ней можно создать чертеж, фрагмент чертежа, текстовый документ, спецификацию, сборку, технологическую сборку и деталь.

Чертеж представляет собой рабочий стол, на котором располагается лист нужного формата (от А5 до А0) в горизонтальном или вертикальном положении и панель инструментов. Панель инструментов имеет очень широкопрофильный функционал, благодаря чему данная система автоматизированного проектирования позволяет создавать чертежи абсолютно любой сложности.

Фрагмент чертежа – это, практически, то же самое, что и обычный чертеж. Основным отличием является отсутствие листа, на котором выполняется проектирование.

Текстовый документ представляет собой текстовый редактор, в котором выполняется документация к проектируемому объекту.

Спецификация – это перечень элементов проекта. Этот документ создается автоматически с пояснением и количеством элементов.

Сборка – это сборочный чертеж. Здесь следует упомянуть только то, что сборка происходит уже готовых 3Д моделей.

Технологическая сборка - предназначена для создания технологического изготовления 3Д модели.

Деталь является основой 3Д проектирования. Данная модель далее может импортироваться в сборку и/или технологическую сборку, если таково требуется.

Надо сказать, что КОМПАС-3D является не самой многофункционально системой автоматизированного проектирования для работы с 3Д, но она позволяет создавать объемные модели низкой сложности. Также следует отметить то, что КОМПАС-3D прекрасно подойдет начинающим проектировщикам 3Д моделей.

Как можно видеть из описания, КОМПАС-3D – очень удобная и многофункциональная система автоматизированного проектирования. В ней имеются очень большие библиотеки, в которых имеется огромное количество уже готовых стандартизированных объектов.

«*Multisim*» – это самая многофункциональная система автоматизированного проектирования электрических схем устройств, работающих на цифровых и аналоговых компонентах, с функцией виртуальной симуляции. Она имеет очень широкий спектр библиотек элементов и инструментария. Присутствует целое множество уже готовых электротехнических деталей. Основной особенностью Multisim является наличие контрольно-измерительных приборов, которые

максимально приближенные по своему существу и особенностями к реально существующим аналогам (мультиметры, осциллографы, вольтметры, амперметры, частотные графопостроители, динамики, светодиоды, лампы накаливания, логические анализаторы, сегментные индикаторы). Это позволяет проводить измерения любых величин и строить графики зависимости с максимально-приближенной точностью практических процессов.

Multisim позволяет не только создавать схемы электротехнических устройств абсолютно любой сложности, но и исследовать процессы, проходящие в них. Это позволяет избежать, например, перегрева устройства, предотвратив тем самым преждевременный выход из строя на проектируемом этапе, что в свою очередь экономит время и средства на проведение испытаний и практическое устранение ошибок проектирования и расчета.

ELCUT – это компьютерная программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов.

С помощью *ELCUT* можно в течение 15-минутного сеанса описать задачу - ее геометрию, свойства сред, источники поля, граничные и другие условия, решить ее с высокой точностью и проанализировать решение с помощью средств цветной графики.

Данная программа позволяет решать двумерные краевые задачи математической физики, описываемые эллиптическими дифференциальными уравнениями в частных производных относительно скалярной или однокомпонентной векторной функции (потенциала), а также задачи расчета напряженно-деформированного состояния твердого тела (плоские напряжения, плоские деформации, осесимметричные нагрузки).

ELCUT представляет собой интегрированную диалоговую систему программ, позволяющую решать следующие плоские и осесимметричные задачи: задачи магнитных полей, электростатических полей, температурных полей, механические и мультидисциплинарные (связанные) задачи.

ELCUT становится стандартным инструментом для обучения студентов различных специальностей и все более широко входит в практику преподавания физики, электротехники, прикладных дисциплин во многих высших учебных заведениях.

СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ

Нікітченко І.В., ст. викладач,

Романченко Ю.А., аспірант,

Шведчикова І.О., проф., д.т.н.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
romanchenkojulia@i.ua

Вступ. Існуючий досвід проведення проектних робіт в області електромеханіки переконує, що для вирішення проблеми цілеспрямованого створення електромеханічних пристроїв, що задовольняють користувачів з точки зору нових зростаючих вимог до них за умови обов'язкової мінімізації часових і матеріальних ресурсів, необхідно керуватися новими методологічними принципами. Такою науково-методологічною основою проектування є структурно-системний підхід – новий науковий напрям в електромеханіці, в рамках якого електромеханічні перетворювачі енергії розглядаються як унікальний клас систем природно-антропогенного походження, наділених власною генетичною структурою і спрямовується діяльністю людини, еволюцією видів [1, 2].

Мета роботи. Розробка узагальненої схеми системного проектування електромеханічних пристроїв.

Матеріал і результати досліджень. Структурно-системний підхід як самостійна наукова дисципліна сформувався після встановлення інваріантних особливостей генетичної класифікації (ГК) первинних джерел поля (ПДП) – просторових поверхонь із заданим видом і законом розподілу електромагнітного поля [2]. В рамках нового наукового напрямку вперше отримав наукове обґрунтування безпосередній зв'язок між фундаментальним принципом збереження симетрії, генетичним кодом і принципом збереження генетичної інформації первинних електромагнітних структур з одного боку, генетичної природою видів і законами мікро- і макроеволюції реальних структурних класів електромеханічних систем – з іншого.

Особливе значення структурно-системний підхід набуває в області системного проектування об'єктів нової техніки [3]. Застосування теорії структурної організації та еволюції електромеханічних систем як основи системного проектування електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ) дозволяє перейти до якісно нової, керованої інноваційної стратегії дослідження і освоєння їх нових різновидів, що характеризуються повнотою і впорядкованістю інформації та суттєвою економією часових і матеріальних ресурсів на пошук потенційно можливих структурних варіантів, що задовольняють заданій функції мети.

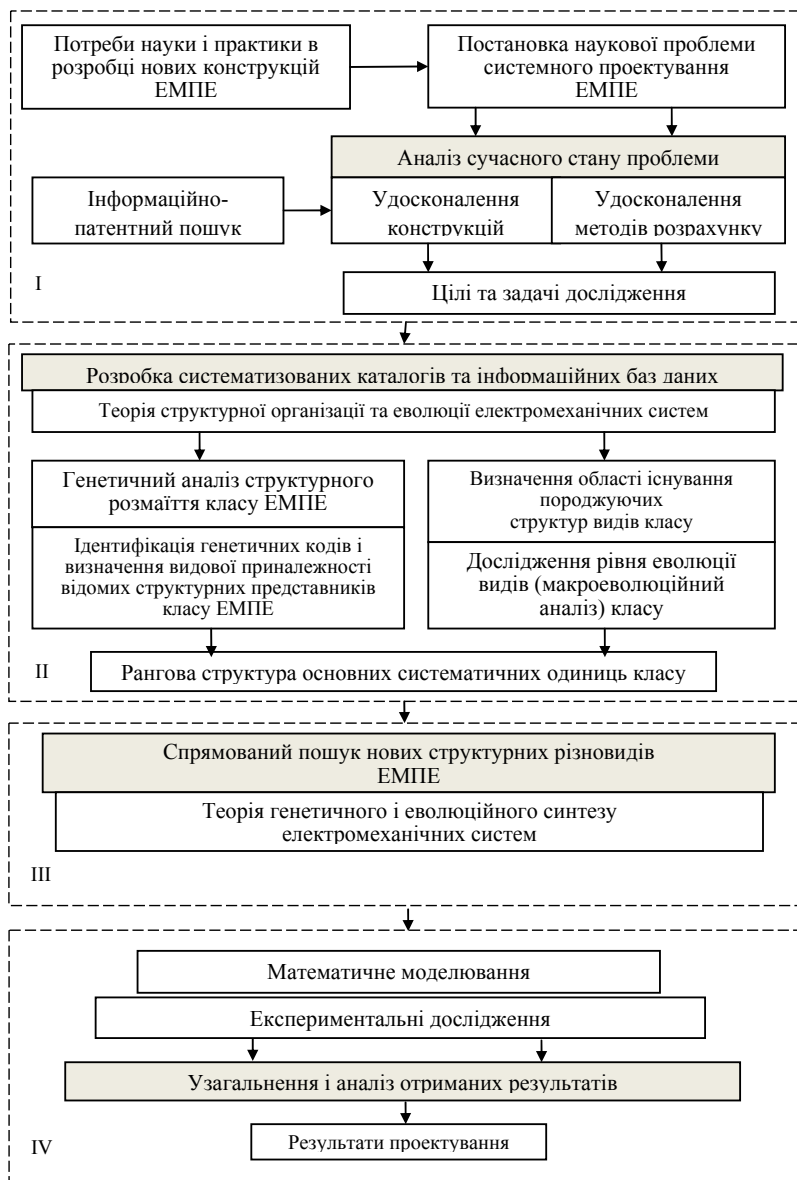


Рис.1. Узагальнена схема системного проектування ЕМПЕ

Очевидно, що сучасний рівень структурно-системних і класифікаційних досліджень в електромеханіці заклав основу для розробки цілісної концепції, що включає методологічні інструменти, математичні моделі, програмно-апаратні засоби, для вирішення проблеми системного проектування ЕМПЕ. Основні етапи практичної реалізації концепції відображені у вигляді узагальненої схеми на рис.1.

Висновки. Розроблено узагальнену схему системного проектування ЕМПЕ, що має універсальний характер та може бути застосована при проектуванні електромеханічних пристроїв різних функціональних класів.

Л і т е р а т у р а

1. Цветков Н.М. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов / Н.М. Цветков. – Минск: Наука и техника, 1981. – 289 с.
2. Шинкаренко В. Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.
3. Загирняк М.В. Магнитные сепараторы. Проблемы проектирования: [монография] / М.В. Загирняк, Ю.А. Бранспиз, И.А. Шведчикова; под ред. М.В. Загирняка. – К.: Техніка, 2011. – 224 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛЮНЕТА ПІДВИЩЕНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ ОБРОБЦІ НЕЖОРСТКИХ ВАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Пустовіт Ю.Ю., студент,
Васильєв А.В., доцент, кандидат технічних наук

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія
Кондратюка*
uriy19@ukr.net

Одним з основних завдань, що стоїть перед машинобудуванням в даний час, є зниження трудомісткості виготовлення деталей. Ефективний напрямок вирішення цієї задачі у виробництві – застосування нових конструкцій-пристроїв, що дозволяють виключити деякі попередні операції, а крім цього підвищують точність і якість обробки деталей.

Метою роботи є вдосконалення конструкції рухомого люнета для обробки нежорстких валів у дрібносерійному виробництві.

Для вирішення даної проблеми пропонуємо люнет власної конструкції (рис. 1).

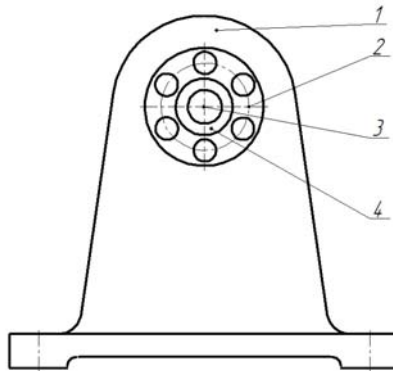


Рис. 1. Конструкція люнета з підвищеною жорсткістю:

- 1 – корпус люнета; 2 – кульковий підшипник;
- 3 – деталь, що обробляється; 4 – змінна втулка

При точінні нежорстких валів часто виникають коливання технологічної системи. Слабкою ланкою системи є заготовка. Характеристики жорсткості заготовки є змінними.

Встановлено, що найбільш інтенсивні коливання виникають при обробці середини прольоту валу, тому при вирішенні задачі оптимізації режимів різання необхідно забезпечити в першу чергу стійкість її обробки.

При обробці заготовок на металорізальному обладнанні виникають сили (закріплення заготовки, інерційні, різання та ін.), які прагнуть деформувати пружні елементи технологічної системи ЗПС. Здатність пружної системи чинити опір дії сил, що прагнуть її деформувати, характеризується її жорсткістю. Переміщення ланок пружної системи відбувається в напрямку дії сили, змінюється взаємне розташування ріжучої кромки інструменту і оброблюваної поверхні заготовки, що призводить до виникнення похибок обробки.

Жорсткість можна визначити за формулою:

$$j = \frac{P_y}{Y}; \quad (1)$$

де P_y – складова сили різання, спрямована по нормалі до оброблюваної поверхні, Y – зміщення ріжучої кромки інструмента щодо заготовки в тому ж напрямку.

Скориставшись теорією опору матеріалів для визначення реакцій в статистично невизначених системах, визначимо радіальну реакцію з боку заднього центра на вал за формулою:

$$R_1 = \frac{P_y x_i^2 (3l - x_i)}{2l^3}; \quad (2)$$

Після цього ми можемо розглядати наш вал як консоль закріплений у трикулачковому патроні і знаходиться під дією постійної за величиною, але змінюючи точку прикладання сили P_y і змінюється за величиною сили R_1 . Прогин осі валу в місці прикладання сили P_y на відстані X_i від кулачків патрона:

$$Y_s = \frac{P_y x_i^3}{3EJ} - \frac{R_1 l x_i^2}{2EJ} + \frac{R_1 x_i^3}{6EJ}; \quad (3)$$

де ΔY (мкм) – пружні переміщення в системі ЗПС, P_y (Н) – радіальна складова сили різання, $\omega_{ст.}$ (мкм/Н) – податливість верстата, l (мм) – довжина валу до кулачків патрона, d (мм) – діаметр валу після точіння.



Рис. 2. Обробка довгого валу на токарному верстаті 1И611П з використанням люнета підвищеної жорсткості

В порівнянні з іншими рухомими люнетами запропонована модель (рис. 2) має такі переваги: економічна доцільність; було тертя кочення, стало тертя ковзання; закріплення деталі в люнеті по циліндричній поверхні, а не по двом точкам; простота виготовлення запропонованого люнета; під час експлуатації в люнета мінімальний коефіцієнт тертя, який належить підшипнику кочення і не потребує в процесі роботи охолодження; центрування деталі в люнеті відбувається із значно меншою похибкою; жорсткість запропонованої конструкції значно вища від існуючої, що забезпечує меншу операційну похибку.

Л і т е р а т у р а

1. Токарная обработка: учебник /В.Н. Фещенко, Р.Х. Махмутов. - 6-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2005. - 303 с.
2. <http://www.sandvik.coromant.com>.
3. В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко / За ред. Р. І. Сіліна. Металорізальні верстати, Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 268 с.
4. Зеленцов В.В. Влияние жесткости настольно-сверлильных станков на точность обработки отверстий / В.В. Зеленцов //Металлорежущие станки. – К. : Техника, 1978. – № 6. – 50–54 с.
5. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. – М. : Машиностроение, 1995. – Т. 2. – 1985. – 495 с.

СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛИННОМЕРНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ СТАНКОВ

Романченко А.В., кандидат технических наук, доцент кафедры
машиностроения, станков и инструментов

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
romanchenkoav@mail.ru

Длительное время, пока не стояла проблема обработки длинномерных деталей, не стояла и задача синтеза оптимальных вибрационных станков с выбором приводного двигателя и расчета его необходимой мощности. Под длинномерной деталью понимается деталь, один линейный размер которой значительно превышает поперечные размеры.

Вибрации контейнера возникают под действием инерционного вибровозбудителя с электроприводом. Одним вибровозбудителем достаточно сложно сообщить контейнеру колебательные движения требуемой амплитуды, т.к. требуется вибровозбудитель большой мощности, соответственно рационально применять несколько синхронизированных вибровозбудителей.

Для равномерной обработки деталей на длинномерных вибрационных станках с несколькими вибровозбудителями необходимо обеспечить их синхронную работу. Использовать несколько дебалансных механизмов по длине контейнера на одном валу крайне нежелательно, т.к. при передаче значительных вращающихся моментов и большей длине вала может возникнуть недопустимое скручивание вала. Поэтому взамен громоздкой механической передачи предлагается использовать систему, состоящую из нескольких электродвигателей с отдельными дебалансными механизмами, работающими синхронно, которую для простоты называют электрическим валом.

Помимо упрощения кинематической схемы механизма электрический вал дает возможность увеличить угловую скорость, т.к. снимаются ограничения, обусловленные механическим резонансом, кроме того, упрощается управление механизмом.

Проведенные экспериментальные исследования систем синхронизации показали, что в сравнении с другими, система синхронизации по принципу электрического вала обладает рядом неоспоримых достоинств. Система электрического вала со вспомогательными асинхронными машинами является наиболее надежной, простой, практически удовлетворяющей требованию равенства скоростей всех входящих в систему валов, как при стационарном, так и при всякого рода переходных процессах. Механические свойства такой системы вполне аналогичны свойствам жесткого вала, соединяющего дебалансные механизмы вибрационных станков.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ЕКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РОТОРА

Чередник К.І., магістрант,
Ромашихіна Ж.І., к.т.н., ст. викладач кафедри
«Електричні машини та апарати»

*Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського*
Ekaterina2012u@yandex.ru

Вступ. Асинхронні двигуни (АД) з короткозамкненим ротором є основними споживачами електричної енергії. Аналіз статистичних даних показав, що щорічно виходять з ладу 20-25 % АД, з них, через ексцентриситет ротора, тобто нерівномірність повітряного проміжку (ПП), – 17%. Ексцентриситет ротора виникає через дефекти технології виготовлення, неправильні режими експлуатації, зношування підшипників та ін. Нерівномірність ПП призводить до несиметрії магнітної системи, виникнення додаткових магнітних полів, збитку від перевитрат електроенергії, який за рік може перевищувати вартість пошкодженого АД. Розрізняють два види ексцентриситету: статичний та динамічний. При статичному ексцентриситеті центральна вісь ротора зміщена відносно центральної осі статора і ротор обертається навколо своєї центральної осі. При динамічному ексцентриситеті центральна вісь ротора обертається навколо центральної осі статора, причому відносно своєї центральної осі ротор нерухомий.

Мета роботи. Оцінювання впливу ексцентриситету ротора на електромагнітні та енергетичні характеристики з використанням колової математичної моделі АД та спектрального аналізу.

Матеріал і результати досліджень. Для дослідження використовується асинхронний двигун АИР80В4У2 ($P_n=1,5$ кВт; $n_n=1395$ об/хв). З урахуванням різного ступеню ексцентриситету розроблена колова математична модель АД у трифазній системі координат [1]. Отримано перехідні процеси швидкості, струмів статора та електромагнітного моменту для ексцентриситету $\varepsilon=0\%$, 10% , 50% та 100% . Результати моделювання показали, що зміщення осі ротора не більше ніж на 10-15 % забезпечує допустимі показники електромагнітної симетрії. Отримані дані напруги та струму використовуються для подальшого спектрального аналізу струмів та потужностей (рис. 1).

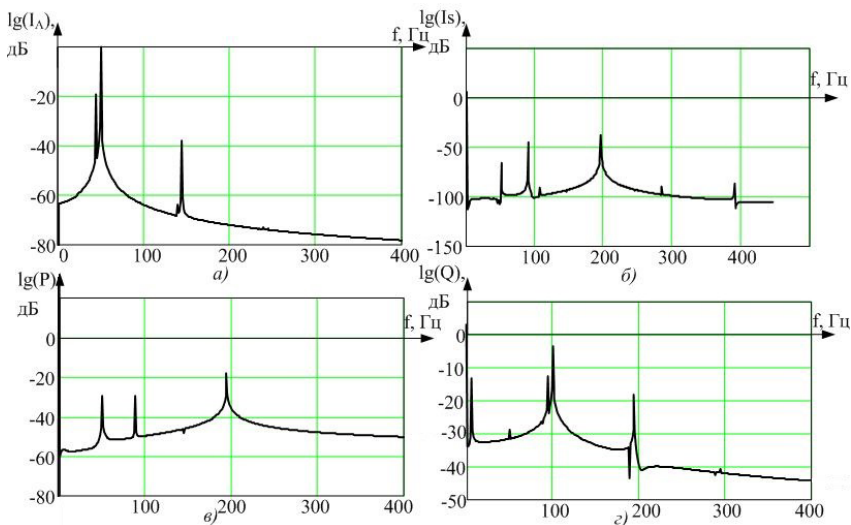


Рис. 1. Спектри:

а – струму однієї фази I_A , б – вектору струму трьох фаз I_s ,
в – активної миттєвої потужності P , г – реактивної миттєвої потужності Q
навантаженого АД з ексцентриситетом ротора $\varepsilon=50\%$

З аналізу рис. 1 видно, що у спектрах струму присутні нечіткі бокові гармоніки на частоті живлення АД, наявність яких свідчить про зміну магнітного потоку в ПП [2]. Збільшення амплітуди цих гармонік є кратним частоті обертання. При статичному ексцентриситеті для оцінювання амплітуд додаткових гармонік необхідно аналізувати спектри трьох фаз. У спектрі потужності трьох фаз наявність гармоніки із частотою 200 Гц свідчить про наявність несиметрії, а при зростанні навантаження ексцентриситет проявляється на частоті, меншій за 200 Гц. Аналіз спектра реактивної миттєвої потужності (рис. 1, з) показав, що при ексцентриситеті ротора наявні додаткові гармоніки з частотою 5,6; 94,4 та 294,4 Гц. Однак за умов неякісного живлення, електричних завод та наявності одночасно кількох дефектів оцінювання технічного стану двигуна за вказаними частотами може бути ускладнене.

З аналізу результатів колового моделювання АД встановлено, що ексцентриситет ротора АД призводить до несиметрії струмів статора, несинусоїдності струмів ротора та викликає додаткові втрати потужності двигуна та появу змінної складової електромагнітного моменту [3]. З урахуванням цього проведено оцінювання таких

показників, як магнітні втрати ΔP_m , споживана потужність $P_{\text{спож}}$, сумарні втрати двигуна ΔP_Σ , коефіцієнт корисної дії η АД (табл. 1).

Таблиця 1

Результати моделювання АД з ексцентриситетом ротора

Ступінь ексцентриситету ротора	$P_{\text{спож}}$, Вт	ΔP_m , Вт	ΔP_Σ , Вт	η , %
Непошкоджений АД	1916,9	191,8	486	74,7
$\varepsilon = 10 \%$	1946,4	192	506	74,4
$\varepsilon = 50 \%$	1946	194	510	74,25
$\varepsilon = 100 \%$	1958,5	204	540	73,5

Аналіз даних показав, що для досліджуваного АД з ексцентриситетом ротора $\varepsilon=100\%$ магнітні втрати збільшилися на 6,4%, сумарні втрати збільшилися на 11,1%, коефіцієнт корисної дії зменшився на 1,2%, а споживана потужність збільшилася на 41,6 Вт.

Висновки. Розроблена колова математична модель АД з урахуванням різного ступеню ексцентриситету ротора, яка дозволила оцінити вплив ексцентриситету на електромагнітні та енергетичні характеристики. Проведено спектральний аналіз сигналів струмів та потужностей, а також досліджено, як ексцентриситет ротора впливає на енергетичні характеристики АД.

Література

1. Чередник К. І. Математичні моделі для аналізу процесів в асинхронних двигунах з ексцентриситетом ротора // XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: матеріали конференції, Кременчук, 6 – 8 листопада 2015 р., – Кременчук : КрНУ, 2015. – С. 128 – 129.
2. M. Zagirnyak, D. Mamchur, A. Kalinov Comparison of induction motor diagnostic methods based on spectra analysis of current and instantaneous power signals // Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review) ISSN 0033-2097, Issue 12b, 2012, PP. 221–224.
3. K. Cherednyk, Zh. Romashykhina Influence of airgap eccentricity in induction motor on its energy characteristics // Electromechanical and energy systems, modelling and optimization methods. Proceedings of the 14th International conference of students and young researchers in Kremenchuk april 14–15, 2016. – Kremenchuk: KrNU, 2016. – PP. 204–205.

Секція: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Азаренко Н.Г., аспирант, *Рассказова Ю.Б.*, аспирант,
Соколова Я.В., доцент, кандидат технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
urass.snu.edu@gmail.com

В докладе рассматриваются вопросы усовершенствования автоматических электрогидравлических приводов машиностроительного оборудования за счет расширения их функциональных возможностей и повышения энергетической эффективности.

Для уточнения математических моделей рабочих процессов в машиностроительном оборудовании с электрогидравлическим приводом установлены аналитические зависимости для расчета расхода вязкой несжимаемой жидкости в микрозазорах элементов и устройств приводов с учетом скачкообразного граничного изменения вязкости вблизи твердой поверхности. Получены передаточные функции для нестационарного касательного напряжения на подвижных элементах гидравлических устройств с учетом инерционности изменения структуры потока в зазоре, установлены границы квазистационарного подхода для расчета сил вязкого трения в элементах и устройствах привода. Проведены исследования процесса торможения на внутренних жестких упорах исполнительного механизма в приводе с инерционной нагрузкой, на основании чего предложен критерий установки тормозного устройства и дана оценка погрешности позиционирования, вызванной наличием пленки рабочей жидкости между упором и рабочим органом.

Разработаны математические модели характеристик электрогидравлических приводов с дроссельным и объемным способом регулирования скорости выходного звена, разработано программное обеспечение в среде пакета прикладных программ *MATLAB*, позволяющее исследовать нестационарные рабочие процессы, протекающие в приводах. На основании исследований характеристик рабочих процессов разработана типовая математическая модель

електрогидравлического привода машиностроительного оборудования как объекта автоматического управления. Разработана и исследована система автоматического управления приводами оборудования, учитывающая стохастическое возмущение объекта и шум наблюдения.

Предложены технические решения, защищенные патентами Украины, позволяющие расширить функциональные возможности за счет произвольной кинематики рабочего органа и возможности реализации оптимальных законов его движения, повысить точность регулирования и жесткость характеристик приводов машиностроительного оборудования. Показана возможность увеличения коэффициента полезного действия за счет снижения потребляемой мощности путем уменьшения затрат энергии, связанных с процессом регулирования расхода, поступающего к гидродвигателю. Использование разработанной системы автоматического управления и усовершенствованных электрогидравлических приводов дает возможность увеличить производительность и улучшить динамические характеристики машиностроительного оборудования.

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗБОРУ ВИРОБНИЧИХ ДАНИХ

Василенко М.М., студентка групи ЕТ-851м,
Кириченко І.А., професор, доктор технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
marusia280@mail.ru, i_kir@ukr.net

Система ESVD (єдина система введення даних) – автоматизована система керування виробництвом використовується в одній з найбільших корпорацій з виробництва автокомпонентів: "Magna Cosma International".

Система ESVD - це електронна система збору виробничих даних, призначена для:

- візуалізації роботи термопластавтоматів (ТПА)
- обліку придатної продукції і браку;
- відображення часу заміни прес форм на ТПА;
- урахування часу простоїв ТПА;
- друку пакувальних лейблів на тару з продукцією;
- реєстрації персоналу на робочих місцях.

Термопластавтомат (ТПА) - інжекційно-ливарна машина, яка застосовується для виготовлення деталей з термопластів методом лиття

під тиском. В даний час більше третини штучних виробів з полімерних матеріалів в світі виробляється з використанням термопластавтоматів [1]. Більше половини номенклатури устаткування, яке застосовується в переробці полімерів, призначене для лиття під тиском.

Система ESVD складається з терміналу, закріпленого на термопластавтоматі, принтера підключеного до терміналу ESVD для друку пакувальних лейблів на тару з придатної продукцією, блоку кнопок для реєстрації шлюбу так само підключеного до терміналу ESVD.



Рис. 1. ESVD термінал

ESVD термінал складається з дисплея, клавіатури і електронного пристрою для читання пропуску (для реєстрації персоналу на робочому місці). На дисплеї відображається інформація: про робоче місце, продукцію що зараз випускається, кількість виробів в партії, кількість виробів які ще треба виробити, а так само підписи для функціональних кнопок клавіатури (F1-F8).

Для початку роботи оператора необхідно зареєструватися на робочому місці:

1. Піднести пропуск до зчитувача на терміналі.

2. Після відображення на дисплеї імені та особистого номера натиснути на клавіатурі цифру «1».

3. Після цього для виходу в головне меню терміналу натиснути на клавіатурі кнопку «і», або для скасування реєстрації натиснути на клавіатурі цифру «0».

4. Термінал готовий до роботи.

Облік деталей в ЕСВД

При кожному смиканні прес-форми ЕСВД реєструє одну придатну деталь. Про тип деталі система дізнається з завантаженою в термінал виробничої партії, тому дуже важливо щоб фактична деталь відповідала завантаженої в термінал ЕСВД.

Система ЕСВД не може визначити чи є деталь придатною або браком і за замовчуванням вважає всі деталі придатними. При появі браку потрібно повідомити про це ЕСВД списанням до браку.

Списання браку

При виявленні бракованих виробів їх необхідно списувати. Для цього існує два способи списання:

– Списання через блок кнопок бракування (найбільш часто використовувані дефекти). Для списання однієї деталі необхідно натиснути кнопку з відповідним кодом браку.

– Списання через термінал ESVD:

1. Натиснути на терміналі кнопку «F1».

2. За допомогою кнопок «вгору» «вниз» вибрати зі списку код дефекту або ввести цифрами код дефекту і підтвердити його кнопкою «√».

3. Натиснути кнопку «F8» для підтвердження операції списання.

4. Ще раз натиснути кнопку «F8» для операції списання.

Вихід з реєстрації на робочому місці

Після закінчення роботи оператора необхідно вийти з реєстрації на робочому місці:

1. Піднести пропуск до зчитувача на терміналі.

2. Після відображення на дисплеї імені та особистого номера натиснути на клавіатурі цифру «0»

3. Після цього для виходу в головне меню терміналу натиснути на клавіатурі кнопку «і».

Л і т е р а т у р а

1. Виробництво виробів з полімерних матеріалів. / В.К. Крижановський, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А. Д. Паніматченко. - СПб.: Професія, 2004. - 464 с.

СИСТЕМА МОНІТОРІНГУ ТА КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

Нікітченко І.В., ст. викладач кафедри
«Електромеханіки, метрології та приладів»

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
inna_mia_lg@mail.ru

Екологічні проблеми на Україні стоять гостро, і скільки б їх не вирішували, рівень забруднення навколишнього середовища залишається дуже високим. Тільки 5% території країни визнаються експертами екологічно чистими, а 70% ставляться до територій вкрай забрудненим і навіть перебувають на межі екологічної катастрофи.

Створення системи моніторингу достовірного контролю за забрудненням атмосфери і джерелами викидів є однією з найважливіших екологічних проблем, спрямованих на усунення негативних наслідків впливу антропогенних забруднюючих речовин на навколишнє природне середовище та а атмосферу зокрема.

Основним напрямком вирішення пріоритетних аналітичних завдань є автоматизація спостереження за рівнем забруднення атмосферного повітря. Тільки такий шлях розвитку забезпечить достовірний і систематичний контроль якості атмосфери.

Задачі, які повинні вирішатися системою контролю на промисловому підприємстві:

- збір, обробка та зберігання інформації з датчиків контролю;
- екологічний аналіз інформації;
- вироблення управлінських рішень щодо зниження антропогенних впливів промислових підприємств на навколишнє середовище.

В умовах забруднення атмосфери створення автоматизованої системи контролю промислових викидів є дуже необхідним, але в той же час потребує багато матеріально-технічних витрат.

Щоб вирішити цю проблему можливе використання регуляризаційного байєсівського підходу, для створення автоматизованої системи контролю промислових викидів в атмосферне повітря. Перевага цього підходу полягає у його здатності забезпечувати отримання стійких оцінок і моделей в умовах малих вибірок, різнотипної інформації, значною неточності даних та нечіткості знань про об'єкт управління (ОУ), умови управління (УУ) і зовнішньому середовищі. Як правило, в

задачах математичного моделювання складних систем апріорних знань недостатньо, і залучають наявні експериментальні дані. У математичній постановці завдання моделювання ОУ, УУ і середовища, як і всього процесу прийняття рішень слід розглядати як некоректні обернені задачі відновлення модельної залежності за експериментальними даними, вимагають застосування регулюючих схем для забезпечення збіжності і стійкості їх рішень[1].

Автоматизована система контролю промислових викидів в атмосферу представляє сукупність органів контролю, які здійснюють комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на виконання вимог законодавства в галузі охорони атмосферного повітря, в тому числі на забезпечення дієвого контролю за виконанням планів і заходів з охорони атмосферного повітря, дотриманням нормативів гранично допустимих викидів або тимчасово узгоджених викидів і виконанням планів зниження викидів шкідливих речовин до встановлених нормативів.

Метою створення багатьох систем автоматизованих контролю промислових викидів в атмосферу є підвищення оперативності доставки інформації про фактичні викиди, підвищення її достовірності та забезпечення можливості динамічного регулювання викидів.

Автоматизована система контролю промислових викидів призначена для безперервного контролю вмісту забруднюючих речовин у викидах промислових підприємств, вимірювання метеорологічних параметрів, формування та передачі даних в центр збору, обробки та зберігання масивів даних про стан атмосферного повітря.

В основу розглянутих систем автоматизованого контролю промислових викидів було покладено такі принципи:

1. Безперервність роботи системи, та збір про стан атмосферного повітря

2. Стаціонарність – датчики контролю стану атмосферного повітря розробляються в автономному варіанті і після їх установки не змінюють своє місце положення;

Об'єктом автоматизації є наступні процеси:

- вимірювання концентрації діоксиду сірки (SO_2) у викидах;
- вимірювання концентрації оксиду вуглецю (CO) у викидах;
- вимірювання концентрації вуглекислого та чадного газу (CO , CO_2) у викидах;
- вимірювання температури газу;
- розрахунку сумарних викидів по компонентах за вибраний проміжок часу.

Автоматизована система контролю промислових викидів складається з таких компонентів: автоматизованих постів контролю промислових викидів (газоаналізатора, дозиметр, приладу для вимірювання температури, манометра), станції збору даних (засоби зв'язку, сервер станції збору).

При створенні системи автоматизованого контролю промислових викидів пропонується застосування модульного принципу побудови автоматизованої системи. Цей принцип є зручним для подальшого удосконалення системи та її використання на різних типах підприємств. Модульний принцип побудови тісно пов'язаний з регуляризаційним байєсівським підходом який дозволяє розглядати об'єкт в системі середовища та його функціонування.

Побудова системи моніторингу та контролю параметрів промислових викидів забезпечує одержання великого обсягу інформації про стан атмосферного повітря. Розробка таких систем може поліпшити екологічний стан атмосферного повітря.

Л і т е р а т у р а

1. Прокопчина С.В. Создание развивающихся информационных технологий на основе регуляризирующего байесовского подхода.– Материалы Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям «SCM–2005».– СПб., 2005.
2. Система контролю вмісту SO₂ і NO у викидах пром підприємств: Проспект / «Смог».-1998.-Ужгород.
3. Бельдеева Л.Н Екологічний моніторинг: навчальний посібник /АлтГТУ ім. І.І Ползунова. – Барнаул: вид-во АлтГТУ 1999- 122 л.
4. <http://www.energoneftegazhim.ru/node/128> ЗАО "НПФ "ДИЭМ" - создание систем производственного экологического мониторинга для предприятий нефтегазохимического комплекса.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ С ГИДРОПРИВОДОМ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Рассказова Ю.Б., аспирант

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
urass.snu.edu@gmail.com*

Современные технологии машиностроения и материалообработки предъявляют всевозрастающие требования к техническим и функциональным характеристикам технологического оборудования (металлорежущие станки и системы, оборудование инструментального производства, машины для обработки давлением, оборудование для механической обработки материалов и т.п.). Качество изделий во многом зависит от возможности реализации оптимальных законов движения рабочих органов, точности регулирования их перемещения и стабильности заданных скоростей в условиях переменной нагрузки. Достижение произвольной кинематики рабочего органа, возможность программной реализации оптимальных законов движения обеспечивается применением автоматических гидроприводов. Расширение функциональных возможностей и повышение эффективности специального технологического оборудования достигается разработкой и применением систем автоматического управления (САУ).

Разработана математическая модель рабочих процессов в автоматическом гидроприводе вращательного движения с объемным регулированием. Для уточнения математической модели получены аналитические зависимости для расчета расхода вязкой несжимаемой жидкости в микрозазорах элементов и устройств привода с учетом скачкообразного граничного изменения вязкости вблизи твердой поверхности. Разработано программное обеспечение для численного моделирования рабочих процессов в приводах. Представлена структурная схема математической модели специального технологического оборудования с гидроприводом вращательного действия как объекта автоматического управления.

Разработана и исследована САУ оборудованием, которая учитывает стохастическое возмущение объекта и шум наблюдения, содержит фильтр Калмана-Бьюси и оптимальный регулятор.

Предложены технические решения, защищенные патентами Украины, позволяющие расширить функциональные возможности специального технологического оборудования за счет произвольной кинематики рабочего органа и возможности реализации оптимальных законов его движения, повысить точность регулирования и жесткость характеристик автоматических электрогидравлических приводов. Показана возможность увеличения коэффициента полезного действия за счет снижения потребляемой мощности путем уменьшения затрат энергии, связанных с процессом регулирования расхода, поступающего к гидродвигателю. Использование разработанной системы автоматического управления и усовершенствованных приводов дает возможность увеличить производительность и улучшить динамические характеристики оборудования.

Разработана методика расчета автоматического гидравлического привода вращательного движения специального технологического оборудования, позволяющие по значениям максимального момента нагрузки и скорости вращения производить оценку и выбор параметров элементов привода, прогнозировать его статические и динамические характеристики.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИХ ОБЪЕКТНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ

Соколов В.И., профессор, доктор технических наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
urass.snu.edu@gmail.com

Составной частью любого промышленного предприятия являются такие инженерно-технические сооружения, как вентиляционные системы, обеспечивающие требуемые санитарно-технические нормы в производственных помещениях, безопасность труда и соблюдение технологических процессов. Вентиляция и кондиционирование воздуха играют важнейшую роль на ряде предприятий машиностроительной, химической, текстильной промышленности, в шахтах, где без них невозможно ведение многих технологических процессов.

Системы вентиляции и кондиционирования современных промышленных предприятий и объектов, атомных станций

представляют собой сложные инженерные сооружения и требуют на свое создание больших материальных затрат. Кроме того, доля эксплуатационных затрат на их функционирование может составлять 50-60 % общих расходов на эксплуатацию здания. Поэтому важно не только обеспечить нормальные санитарно-технические нормы в помещениях, но и добиваться рационального и экономичного инженерного решения при устройстве системы вентиляции еще на стадии проектирования. Решение этой проблемы может дать существенный положительный эффект в техническом, экономическом и социальном аспекте – обеспечить работу агрегатов в расчетных режимах, уменьшить стоимость вентиляционной системы, повысить безопасность труда.

Рост требований к эффективности вентиляционных систем при современной тенденции сокращения времени на разработку проектируемых объектов предполагает пересмотр методов подхода к их расчету. Проблемы подготовки данных для проектирования, доводки и наладки готовых объектов, реконструкции существующих систем, как правило, решаются на основе многовариантных расчетов и поиска наиболее оптимальных решений с использованием математических моделей. Экспериментальной проверке и доводке подвергается весьма ограниченное число вариантов, отобранных на основе компьютерного моделирования системы. Такой подход к проектированию позволяет быстрее и надежнее находить оптимальные решения и экономически является наиболее оправданным. Кроме того, исследования, проведенные на математической модели с учетом реальных характеристик элементов систем, дают возможность обоснованно подойти к вопросу проведения ремонтно-восстановительных и профилактических работ, анализировать возможные аварийные ситуации и т.д.

В данной работе разработана методика расчета газодинамических характеристик промышленных вентиляционных систем на основе их объектной декомпозиции на типовые расчетные элементы, структуры и связи.

Для моделирования газодинамических характеристик произвольной вентиляционной системы выполним ее объектную декомпозицию, т.е. расчленим систему на расчетные элементы. Под расчетным элементом системы подразумеваем одно из конструктивных устройств реальной системы. Понятие элемента системы является относительным, так как под ним может подразумеваться и совокупность нескольких простых устройств.

По конструктивным и технологическим принципам в каждой вентиляционной системе могут быть выделены следующие типовые расчетные элементы: источники напора или нагнетатели (вентиляторы, воздуходувки, дымососы, компрессоры и т.д.); участки воздуховодов, по которым осуществляется движение газовой среды; запорно-регулирующие устройства (задвижки, местные сопротивления и т.д.); технологические устройства, осуществляющие выброс или отбор рабочей среды из системы (например, канал выброса в атмосферу).

Моделью источника напора примем математическую зависимость между полным давлением p_v , развиваемым нагнетателем, и расходом Q

$$p_v = f_1(Q).$$

Характеристики нагнетателей в зоне рабочих режимов достаточно точно описываются параболой, которую по результатам паспортных данных или стендовых испытаний будем аппроксимировать в виде трехчлена

$$p_v = a + bQ + cQ^2,$$

где a , b , c - постоянные для данного вентилятора коэффициенты.

В качестве расчетной модели участка воздуховода вентиляционной системы используем зависимость потерь давления на трение и местных аэродинамических сопротивлений на рассматриваемом участке от расхода с учетом, в общем случае, режима течения рабочей среды, характеризуемого числом Рейнольдса Re

$$\Delta p = f_2(Q, \Delta, \zeta, Re),$$

где Δ – шероховатость внутренней поверхности воздуховода; ζ – коэффициент местного сопротивления.

Характеристики запорно-регулирующих устройств и технологических устройств, осуществляющих выброс или отбор рабочей среды, представляем в виде

$$\Delta p_{py} = f_3(Q, R).$$

На основании анализа пространственной и технологической структуры в произвольной вентиляционной системе могут быть выделены конструктивные узлы и замкнутые контура. В качестве

конструктивного узла примем места разветвления и слияния воздухопроводов (рис. 1).

Для каждого из них должно соблюдаться уравнение неразрывности.

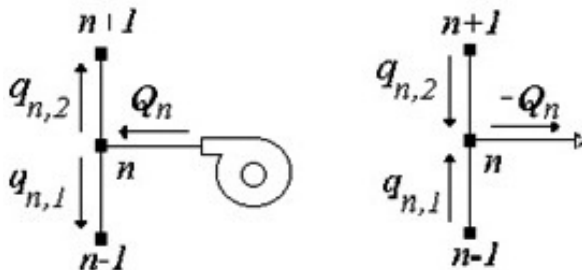


Рис. 1. Конструктивный узел

$$Q_n + \sum_{p=1}^{MU} q_{n,p} = 0.$$

Здесь Q_n – расход рабочей среды, подаваемый нагнетателем или отбираемый (выбрасываемый) из n -го узла; $q_{n,p}$ – расход, втекающий или вытекающий из этого узла по участку воздухопровода, подключенному к этому узлу; MU – число участков, подключенных к узлу. Можно условиться давать положительное значение расходу, если он направлен к узлу (см. рис.1).

Связь полных давлений между двумя соседними узлами при наличии между ними, в общем случае, нагнетателей (см. рис. 2) можно представить в виде

$$p_n + \sum_{s=1}^{SV} (p_{v.n,n+1})_s = p_{n+1} + \Delta p_{cm.n,n+1} + \sum_{s=1}^{SP} (p_{py.n,n+1})_s + \sum_{s=1}^{SK} (\Delta p_{n,n+1})_s,$$

где p_n, p_{n+1} – полные давления в узлах; $\sum p_{v.n,n+1}$ – сумма характеристик источников напора, установленных между узлами; $\Delta p_{cm.n,n+1}$ – потребный статический перепад давлений между узлами; $\sum \Delta p_{py.n,n+1}$ – сумма перепадов давлений на запорно-регулирующих устройствах; $\sum \Delta p_{n,n+1}$ – сумма потерь давления на участках

воздуховодов; SV – число источников напора между узлами; SP – число запорно-регулирующих устройств; SK – число участков воздуховодов.

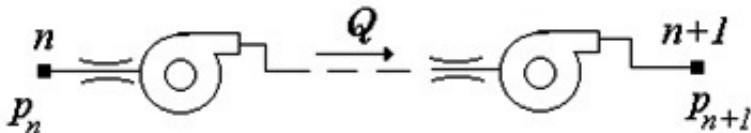


Рис. 2. Связь двух соседних узлов

Для каждого i -го замкнутого контура в системе (рис. 3)

$$\sum_{j=1}^{NK} \left[\sum_{s=1}^{SK} (\Delta p)_{s,j,i} + \sum_{s=1}^{SP} (\Delta p_{py})_{s,j,i} - \sum_{s=1}^{SV} (p_v)_{s,j,i} \right] = 0.$$

Здесь NK – число линейный (межузловых) участков, входящих в состав замкнутого контура; $\sum (\Delta p)_{s,j,i}$, $\sum (\Delta p_{py})_{s,j,i}$, $\sum (p_v)_{s,j,i}$ – соответственно суммы потерь давлений на участках воздуховодов, запорно-регулирующих устройствах, сумма полных давлений источников напора на j -ом линейном участке.

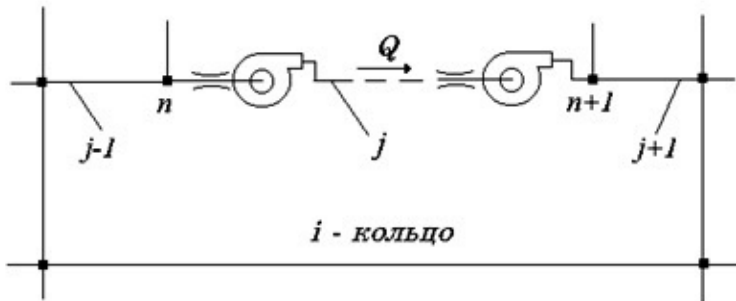


Рис. 3. Замкнутый контур (кольцо)

Выделим в произвольной вентиляционной системе согласно вышеизложенной методике типовые расчетные элементы, конструктивные узлы и замкнутые контура. В общем случае будем иметь KU узлов и KK замкнутых контуров. Тогда, для всей системы можно составить обобщенную математическую модель, в которую войдут: KU уравнений неразрывности (баланса расходов) в узловых

точках; уравнений потерь давления в замкнутых контурах системы; $KU-1$ уравнений связи полных давлений в узловых точках. С учетом принятых математических моделей типовых расчетных элементов уравнения можно свести к системе из M линейных и N нелинейных уравнений

$$F_1(q) = \begin{cases} q_{1,1} + q_{1,2} + \dots + q_{1,k} + \dots + Q_1 = 0; \\ q_{2,1} + q_{2,2} + \dots + q_{2,k} + \dots + Q_2 = 0; \\ \dots \\ q_{n,1} + q_{n,2} + \dots + q_{n,k} + \dots + Q_n = 0; \\ \dots \\ q_{M,1} + q_{M,2} + \dots + q_{M,k} + \dots + Q_M = 0; \end{cases}$$

$$F_2(q) = \begin{cases} B_{1,1}q_{1,1} + \dots + B_{1,j}q_{1,j} + \dots + C_{1,1}q_{1,1}^2 + \dots + C_{1,j}q_{1,j}^2 + \dots \\ \quad + R_{1,1}q_{1,1}^m + \dots + R_{1,j}q_{1,j}^m + \dots = A_1; \\ B_{2,1}q_{2,1} + \dots + B_{2,j}q_{2,j} + \dots + C_{2,1}q_{2,1}^2 + \dots + C_{2,j}q_{2,j}^2 + \dots \\ \quad + R_{2,1}q_{2,1}^m + \dots + R_{2,j}q_{2,j}^m + \dots = A_2; \\ \dots \\ B_{i,1}q_{i,1} + \dots + B_{i,j}q_{i,j} + \dots + C_{i,1}q_{i,1}^2 + \dots + C_{i,j}q_{i,j}^2 + \dots \\ \quad + R_{i,1}q_{i,1}^m + \dots + R_{i,j}q_{i,j}^m + \dots = A_i; \\ \dots \\ B_{N,1}q_{N,1} + \dots + B_{N,j}q_{N,j} + \dots + C_{N,1}q_{N,1}^2 + \dots + C_{N,j}q_{N,j}^2 + \dots \\ \quad + R_{N,1}q_{N,1}^m + \dots + R_{N,j}q_{N,j}^m + \dots = A_N; \end{cases};$$

где m – показатель степени в уравнении потерь давления для участка воздуховода (принимаемый при турбулентном режиме течения, который является рабочим для реальных систем, равным 2); A_i , B_{ij} , C_{ij} – постоянные коэффициенты, определяемые суммированием коэффициентов характеристик источников напора, а также добавлением статических давлений к коэффициенту A_i при записи связи между двумя соседними узлами; $R_{i,j}$ – приведенные сопротивления.

Использование предложенной обобщенной математической модели для расчета параметров стационарного режима произвольной системы предполагает задание следующих исходных данных: схема расположения элементов в системе; геометрические характеристики конструктивных участков и коэффициенты установленных местных сопротивлений; аэродинамические характеристики запорно-регулирующих устройств; характеристики источников напора; высотные отметки и значения температуры в узловых точках; физические свойства рабочей среды; граничные условия (величины давлений и температуры в местах забора и выброса рабочей среды).

Рассмотренная методика апробировалась при расчетах конкретных промышленных вентиляционных систем. При этом, достигались адекватные результаты, что позволяет рекомендовать данную методику в качестве инструмента для расчета сложных вентиляционных систем как при их проектировании, так и диагностики в процессе эксплуатации.

Секція: ПРИЛАДИ І МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Вардюкевич А.А., студент,
Зленко С.М., професор, доктор технічних наук,
Стенцель Й.І., професор, доктор технічних наук

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира. Даля,
Вінницький національний технічний університет
anastasiya50505@mail.ru*

Будь-яка робота являє собою завдання перед організмом в цілому, оскільки її виконують всі функціональні одиниці: нервові клітини, м'язи, органи і системи життєзабезпечення (легені, серцево-судинна, терморегуляційна системи). Тому доцільним буде висвітлити такі поняття: фізична працездатність, підходи для досліджень і компоненти її оцінки, динаміка обміну речовин у м'язах, шляхи перетворення енергії, межа працездатності. Працездатність людини є одним з основних понять не тільки в науці, але й у повсякденному житті. Складність цього поняття визначається різноманіттям видів праці і широкою шкалою психофізіологічних можливостей людини. Кількісне визначення фізичної працездатності (ФП) визнано доцільним ВООЗ та Міжнародною федерацією спортивної медицини. Його застосовують у таких випадках:

- 1) для оцінки функціональних резервів організму та диференціальної діагностики окремих серцевих захворювань у масовому спорті та спорті вищих досягнень;
- 2) у відборі, плануванні та прогнозуванні тренувальних навантажень спортсменів;
- 3) для побудови індивідуального рухового режиму хворих та оцінки ефективності фізичної реабілітації;
- 4) у лікарсько-трудовій експертизі.

Проте існує дуже багато визначень категорії «працездатність». Одні автори ототожнюють працездатність з продуктивністю праці. Так,

С. О. Косилов визначає працездатність як здатність людини більш-менш тривалий час виконувати певну роботу з дотриманням відповідних кількісних і якісних її показників. Аналогічне визначення дають В.П. Загрядський і А.С. Єгоров, які під працездатністю розуміють здатність людини до виконання конкретної діяльності в рамках заданих часових лімітів і параметрів ефективності. Інші автори під працездатністю людини розуміють максимальні функціональні можливості організму для виконання конкретної роботи. Зокрема, Г. Леман характеризує працездатність максимумом роботи, яку може виконати людина. І.М. Єфімов вважає, що це потенціал властивостей і якостей, які характеризують стан організму відносно його готовності до трудової діяльності. Є. Л. Ільїн під працездатністю розуміє стан систем організму, їх готовність виявити максимум своїх можливостей. Ще одна група вчених (Г.А. Стрюков, М.А. Грицевський) вважає доцільним термінологічно відокремити працездатність як продуктивність, ефективність діяльності і працездатність як психофізіологічний потенціал працівника. В найбільш загальному формулюванні працездатність можна визначити як здатність організму людини витримувати навантаження (м'язові, нервові, енергетичні, інформаційні) у процесі праці. Загальний рівень працездатності конкретної людини як максимально можливий її психофізіологічний потенціал визначається такими факторами, як:

- стан здоров'я;
- м'язова сила, витривалість та їх співвідношення;
- властивості нервових процесів (сила, рухливість, врівноваженість);
- біоенергетичні процеси і резерви організму;
- психічні функції.

З огляду на це розрізняють повну, часткову та залишкову працездатність. Під повною працездатністю розуміють здатність людини до праці без обмежень, а під частковою – з певними обмеженнями. Залишкова працездатність характерна для осіб старшого віку і зумовлена зменшенням фізіологічного потенціалу внаслідок старіння. Характеризується ФП фізичною, розумовою працездатністю та емоційною стійкістю людини. Її ефективність залежить:

- від трудових навантажень;
- професійної підготовки і професійної придатності до даного виду праці;
- мотивації.

Всі ці фактори зумовлюють трудове напруження, тобто підвищення інтенсивності фізіологічних і психічних процесів, які

забезпечують професійну діяльність. Спробу визначити працездатність людини через трудове напруження, зробили українські вчені О.О. Навакатикян, В.В. Крижанівська і В.В. Кальниш. Вони виходять з того, що різні види праці в залежності від їх напруженості спричиняють різне трудове навантаження організму. Проте одна й та сама робота зумовлює різне трудове навантаження у працівників, які різняться за віком, статтю, станом здоров'я, рівнем кваліфікації та мотивацією. Тому при визначенні працездатності ці вчені виходять з таких критеріїв, як стан здоров'я людини і ефективність праці. Отже, працездатність можна визначити як максимальну ефективність діяльності людини при такому рівні функціональної мобілізації, яка не викликає перенапруження організму. В даному випадку результати діяльності відповідають рівню адаптації людини до трудових навантажень. Фізична працездатність проявляється в різних формах м'язової діяльності. Вона залежить від «фізичної форми» або готовності (англ. «physical fitness») людини, її придатності до фізичної праці, фізичної культури та спортивної діяльності, залежить від морфологічного і функціонального стану різних систем організму. У повсякденному житті і в своїй професійній діяльності людина використовує тільки невелику її частку. На більш високому рівні вона проявляється, наприклад, у спорті, коли кваліфікований спортсмен в умовах змагань встановлює особистий рекорд. У боротьбі за життя в небезпечних умовах (війна, стихійне лихо) межа фізичних можливостей виявляється ще вище. І, нарешті, в психіатричній практиці зустрічаються випадки, коли індивідуум демонструє надзвичайну силу, що перевершує всі «норми». З цього випливає, що будь-який прояв фізичної працездатності і навіть «максимум зусиль» - величина умовна і її слід розглядати як відносну. Розрізняють ергометричні та фізіологічні (біохімічні) показники фізичної працездатності. Для її оцінки при руховому тестуванні зазвичай використовується сукупність цих показників, тобто результат виконаної роботи та рівень адаптації організму до даного навантаження. Зі сказаного видно, що «фізична працездатність» - поняття комплексне і на нього впливає ряд факторів (рис. 1) таких як стан м'язової системи; фізичний стан, психічний стан, патологічні зміни, енергопродукція аеробним та анаеробним шляхом; сила і витривалість м'язів, нейром'язова координація (спритність). Тому під час дослідження рівня фізичної працездатності врахування кожного з них вкрай необхідне. Основний руховий механізм організму – м'язи. Динаміка обміну речовин в них має дуже широкі межі. У працюючому м'язі у порівнянні з м'язом, що знаходиться в стані спокою, окислювальні процеси зростають в 50 разів і більше. Одночасно велике навантаження падає на

систему транспорту продуктів обміну - тканинну рідину і кров. Для збереження хімічної і фізичної рівноваги до клітин необхідно доставляти потрібну кількість поживних речовин і кисню, а також виділяти тепло і кінцеві продукти обміну речовин-воду, вуглекислий газ та ін. Тому при інтенсивному навантаженні здатність протистояти втомі багато в чому залежить від органів, що постачають м'язи кров'ю - системи кровообігу і дихання. Під час руху відбувається перетворення одних видів енергії в інші (хімічної в механічну і теплову), перетворення механічної енергії (кінетичної в потенціальну і навпаки). Дослідження джерел енергії, шляхів її переходу, умов індивідуального використання і її втрат необхідне для удосконалення систем фізичної працездатності.

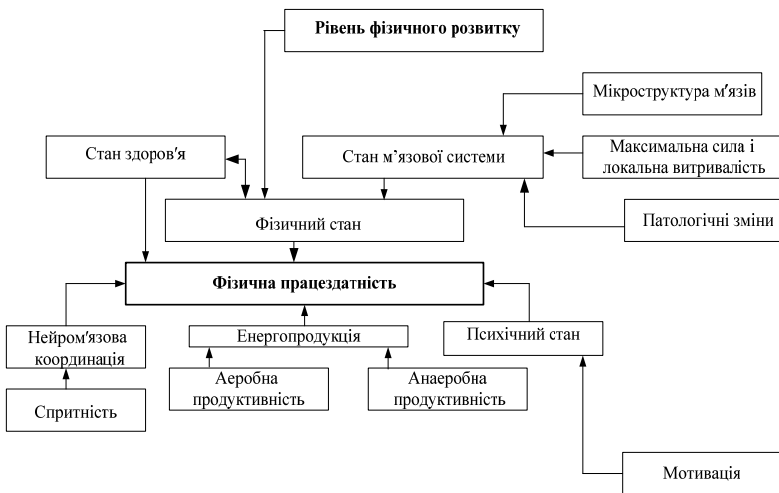


Рис. 1. Компоненти оцінки фізичної працездатності при руховому тестуванні

Механічний рух людини супроводжується зміною механічного стану тіла, цей стан визначається енергією біомеханічної системи. Величина і характер витрат енергії при русі залежить від його особливостей. Існує як найменше, два джерела енергії, яка використовується під час руху. Перше джерело – запас хімічної енергії, що знаходиться в м'язах, інших органах і крові 1. Друге джерело енергії руху – це механічна енергія зовнішнього оточення. Вона передається тілу в наслідок роботи зовнішніх сил: а) кінетична енергія об'єктів, що рухаються 3, б) потенціальна енергія положення 4. У цих випадках спортсмен рухається пасивно. Всі активні рухи здійснюються завдяки

перетворенню потенціальної енергії напружених м'язів в кінетичну енергію всього тіла 2. Накопичення енергії в м'язах відбувається іншим шляхом: коли м'язи розтягуються, стримуючи рух тіла. Кінетична енергія останніх перетворюється в потенціальну енергію пружно деформованих м'язів 2,1. І нарешті накопичення енергії може бути у вигляді потенціальної енергії тіла людини, коли він піднімає себе проти сили тяжіння 4,1. При всіх змінах енергії значна частина її перетворюється в теплову і розсіюється. По закону збереження енергії вона не зникає, але механічна енергія, перетворюючись в теплову, втрачається в процесі механічної роботи. Із витрат механічної енергії не більше $\frac{1}{4}$ іде на механічну роботу. У самій м'язовій клітині, перетворення енергії забезпечується аденозинтрифосфорною кислотою (АТФ) і креатинфосфатом (КФ). Накопичення та звільнення енергії відбувається шляхом приєднання або відщеплення фосфатних груп. Під впливом тригерного нервового імпульсу АТФ розщеплюється до АДФ. Частина звільненої енергії трансформується в м'язове скорочення. Таким чином м'язи перетворюють хімічну енергію в механічну роботу. Запас АТФ в м'язах невеликий. Для підтримки активності тканин на певному рівні необхідний швидкий ресинтез АТФ. Найбільш доступною речовиною, яка використовується для ресинтезу АТФ, в першу чергу слід назвати креатин-фосфат, що легко передає свою фосфатну групу на АДФ: $\text{КФ} + \text{АДФ} \rightarrow \text{Креатин} + \text{АТФ}$. Концентрація КФ в м'язах в 3-4 рази більша порівняно з АТФ. Поступове зниження (на 20 – 40%) вмісту АТФ одразу компенсується за рахунок КФ. Методом мікробіопсії доказано, що при роботі з максимальною інтенсивністю запаси КФ витрачаються в перші хвилини. Після цього вивільнені фосфатні групи з'єднуються з глюкозою і створюється наступне джерело енергії – окислення глікогену.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТОСТРИКЦІЙНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В ЗОНІ РЕОЛОГІЧНОГО ПЕРЕХОДУ

Гулаков Д.Г., студент,
Шаповалов О.І., аспірант,
Стенцель Й.І., професор, доктор технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
burboene@mail.ua

У хімічній та нафтопереробній промисловості використовуються засоби контролю рівня (ЗКР) рідинних середовищ (РС), побудованих на різних методах, серед яких є і магнітострикційний. У рекламних документах вказується, що абсолютна похибка таких ЗКР складає ± 2 мм при діапазоні вимірювання до 18 м. Основним елементом таких рівнемірів є хвилевод, виготовлений з магнітострикційного матеріалу. При подачі з генератора у феромагнітний хвилевід струмового імпульсу збудження (ГІЗ), останній, рухаючись по хвилеводу, створює навколо нього електромагнітне поле (ЕМП), котре переміщується по цьому хвилеводу синхронно ГІЗ. Коли ЕМП досягає магнітного поля постійного магніту, за рахунок їх взаємодії хвилевід починає коливатися, створюючи в ньому коливання власної частоти, котрі по хвилеводу досягають перетворювача торсійних імпульсів в електричний сигнал. Процес перетворення ЕЗІ тривалістю $\mathcal{G}$, який подається в хвилевід, виготовлений з магнітострикційного матеріалу, здійснює низку фізичних перетворень, у результаті котрих, цей струмовий імпульс перетворюється в ультразвуковий сигнал (УЗС) тривалістю t , який має змінну амплітуду $E(t)$ і частоту f_K . Виходячи з того, що магнітострикційний матеріал являє собою сплав різних компонентів, котрі містять відповідні домени, то в сукупності вони створюють у поперечному перетині струни елементарні RLC - кола, котрі з'єднані між собою послідовно. У кожному елементарному поперечному перетині провідника хвилевід існує еквівалентний контур RLC , який назовемо одиничним доменом D_i . Електрорушійна сила (ЕРС), яка створюється в одиничному домені за рахунок дії ЕЗІ, можна описати наступним диференціальним рівнянням:

$$\tau' \frac{de_1}{d\theta} + e_1 = k_1 I_0, \quad (1)$$

де $\tau' = RC$ - стала часу; e_1 - ЕРС самоіндукції, яка створена ЕЗІ за час θ ; k_1 - коефіцієнт передачі; I_0 - амплітуда ЕЗІ. Якщо активний одиничний домен попадає в магнітне поле постійного магніту, то за рахунок руху електричного поля цього домену в останньому наводиться ЕРС, яка описуватиметься таким рівнянням:

$$\tau'' \frac{de_2}{d\theta} + e_2 = k_2 e_1, \quad (2)$$

де $\tau'' = L/R$ - стала часу; e'' - ЕРС, яка наведена в одиничному домені зовнішнім магнітним полем за час θ ; k_2 - коефіцієнт передачі. Сумісне рішення рівнянь (1) і (2) при умові, що електромагнітні процеси в одиничному домені проходять одночасно, приводить до наступного рівняння другого порядку:

$$\tau_2^2 \frac{d^2 e_2}{d\theta^2} + \tau_1 \frac{de_2}{d\theta} + e_2 = K_1 I_0, \quad (3)$$

де $\tau_{2E} = \tau' \tau'' = \sqrt{LC}$; $\tau_{1E} = \tau' + \tau'' = \frac{L}{R} \left(1 + R^2 \frac{C}{L} \right)$ - сталі

часу; K_1 - коефіцієнт передачі.

Коливання в МСП є ультразвуковими, а значить відношення $\tau_1 / \tau_2 \ll 2$. Якщо активний опір ПВП незначний, то з певним наближенням можна прийняти, що процес є коливальним з максимальною амплітудою та частотою. Тоді рівняння (3) спрощується і приймає вигляд:

$$\tau_2^2 \frac{d^2 e_2}{d\theta^2} + e_2 = K_1 I_0. \quad (4)$$

Так як створена ЕРС $\mathcal{E}_2$ має напрямок руху протилежний до напрямку руху ЕЗІ, то УЗІ рухатиметься до початку хвильоводу, де знаходиться перетворювач. При проходженні УЗІ вздовж вторинної обмотки перетворювача в ній виникає напруга u_2 з частотою ультразвукових коливань (УЗК). Під дією магнітного поля цього магніту елементарні домени хвильоводу орієнтуються вздовж напрямку дії його силових ліній. Напрямок дії магнітного потоку постійного магніту є протилежним до напрямку дії магнітного поля ЕЗІ. Тому при досягненні ЕЗІ зони дії магнітного поля постійного магніту навколо хвильоводу сумарне магнітне поле різко зменшується, що призводить до зменшення зусилля $F_M = B_M l_M I$, де l_M - довжина хвильоводу, на яку діє сила магнітного потоку постійного магніту, I - амплітуда струмового імпульсу. Вільні загасаючі коливання описуються таким диференціальним рівнянням:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\delta_\beta \frac{dy}{dt} + \omega_{0M}^2 y = 0, \quad (5)$$

де y - відхилення елементарного домену; $\delta_\beta = \beta / 2m$ - коефіцієнт загасання; β - коефіцієнт тертя; m - маса елементарного домену; $\omega_{0M} = D_\partial / m = 2\pi f_0$ - власна кутова частота незагасаючих механічних коливань домену; D_∂ - жорсткість домену; f_0 - частота, Гц; t - поточний час коливань. Якщо $\delta = y$, то рівняння (5) перетворюється в зміну магнітного поля і приймає форму:

$$\frac{\partial \Phi_I}{\partial \theta} + \left(\frac{\Omega_0}{I_0} \right) \frac{\partial^2 \Phi_I}{\partial r^2} = \tau_{2M}^2 \frac{d^3 \Phi_\Pi}{dt^3} + \tau_{1M} \frac{d^2 \Phi_\Pi}{dt^2} + \frac{d\Phi_\Pi}{dt}, \quad (6)$$

$$\text{де } \Omega_0 = \sqrt{N_{\Delta V}} S_C \frac{C^2}{4\pi\sigma} \left(\frac{\omega_{0E}}{\beta} \right)^4 \sqrt{\frac{2\pi\theta_0}{\omega_{0E}}}; \quad \beta = \omega_{0E} \sqrt{LC} -$$

коефіцієнт розповсюдження ЕЗІ в ПВП; S_C - поперечний перетин

провідника ПВП; θ_0 - час розповсюдження ЕЗІ по хвилеводу довжиною l_0 ; I_0 - амплітуда струму ЕЗІ;

$$\tau_{2M}^2 = \frac{D_C C}{2I_0 \beta^2} \left(\frac{\omega_{0E}}{\omega_{0M}} \right)^2 \sqrt{\frac{8\pi\theta_0}{\omega_{0E} N_{\Delta V}}} ; \tau_{1M} = D_C \delta_\beta \left(\frac{C}{I_0} \right) \left(\frac{\omega_{0E}}{\beta} \right)^2 \sqrt{\frac{8\pi\theta_0}{\omega_{0E} N_{\Delta V}}}$$

- сталі часу механічних УЗК. Таким чином, з (6) випливає, що механічні коливання доменів в магнітному полі постійного магніту здійснюються в змінному електричному полі струмового імпульсу. З рівняння (6) видно, що магнітне поле Φ_I , котре створюється ЕЗІ, залежить від діаметра D_C струни МСП, амплітуди електричного (струмового) збуджуючого імпульсу, коефіцієнта розповсюдження ЕЗІ в струні та інших її параметрів. Відношення сталих часу

$$\frac{\tau_{1M}}{\tau_{2M}} = 2\delta_\beta \frac{\omega_{0M}}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{D_C}{2I_0}} \sqrt{\frac{8\pi\theta_0}{\omega_{0E} N_{\Delta V}}} . \text{ Згідно з методом квадратур}$$

кутова частота $\omega_{0M} = 1/\tau_{2M}$, де ω_{0M} - частота переходу дійсної частотної характеристики через частотну вісь, то стала часу

$$\tau_{1M} = \frac{2\delta_\beta}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{r_C}{I_0}} \sqrt{\frac{8\pi\theta_0}{\omega_{0E} N_{\Delta V}}} . \text{ Приймаючи, що стала часу}$$

$\tau_{2E} = 1/\omega_{0E}$, а амплітуда струму $I_0 = U_0 / R$, маємо

$$\tau_{1M} = 2\delta_\beta \sqrt{r_C \tau_{1E} \frac{\sqrt[4]{LC}}{U_0}} \sqrt{\frac{8\pi\theta_0}{N_{\Delta V}}} . \text{ З останнього рівняння}$$

випливає, що атестацію струни магнітострикційного перетворювача можна проводити за сталою часу τ_{1M} механічних коливань, яка визначається такими її фізичними параметрами як коефіцієнтом загасання δ_β , кількістю активних доменів $N_{\Delta V}$ в одиниці об'єму магнітострикційного матеріалу та такими електричними параметрами як електрична стала часу τ_{1E} , ємність C та напруга U ЕЗІ.

КІБЕРНЕТИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Єрмоменко О.О., студент,
Павлов С.В., професор, доктор технічних наук,
Стенцель Й.І., професор, доктор технічних наук

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Вінницький національний технічний університет*
olia.leli4ka@yandex.ua

Порушення здоров'я обумовлені комплексом факторів, що можуть сприяти розвитку психічного стресу, дезадаптації і хронічного патологічного десинхронізу, що створюють передумови для розвитку схованих патологій, які негативно відбиваються на їхній працездатності та успішності [1-3]. Вирішити задачі своєчасного визначення схильності організму до захворювання, при відсутності клінічних ознак, покликана донозологічна діагностика. Основною задачею даного виду діагностики є визначення спеціальної системи діагностичних ознак, що прогнозують розвиток захворювання за наявними клінічними ознаками. Формально цей вид діагностики подібний до загальної і диференціальної діагностики. Принципове розходження полягає в тому, що при прогнозуванні, факти спостереження ознак і можливого прояву захворювання рознесені в часі, тоді як при інших видах діагностики ці факти віднесені до того самого моменту часу. Цим фактично й обґрунтована необхідність доклінічної оцінки «функціонального стану» (ФС) організму. Однак рішення задачі діагностики ФС залишається дотепер відкритою. Зв'язано це не стільки з розробкою методів і засобів діагностики, скільки з виробленням поняття «функціональний стан». Кожен вчений вкладає в поняття «ФС» свої уявлення. У роботах Р.М. Баєвського [1] поняття «ФС» ґрунтується на уявленнях про гомеостаз і адаптацію з виділенням класів: фізіологічна норма, донозологічний стан, преморбідний стан, зрив адаптації. У роботі [2], з позицій поняття надійності, ФС розглядається з точки зору здатності людини виконувати діяльність на заданому рівні точності, сучасності і безвідмовності. У цьому випадку оцінка ФС виробляється по виснаженню сил організму. З погляду на функціональні системи, стан людини являє собою результат динамічної взаємодії організму з зовнішнім середовищем. У загальному випадку, ФС – це системна відповідь організму, що робить його адекватним середовищу. Саморегуляція в живих організмах відрізняється від машинних пристроїв своєю ощадливістю в здійсненні

функцій, надійністю, при розподілі ресурсів і багатоваріантністю, при одержанні того самого пристосувального ефекту. Структура функціональних систем, як правило, тісно зв'язана з метою, що досягається при роботі системи. Метою функціонування всіх життєвих систем організму в першому наближенні можна вважати забезпечення повноцінної життєдіяльності в зовнішньому середовищі. Структура живого організму сформувалася, як єдність метаболічної частини – біохімічної машини з фізіологічним оснащенням та інформаційно-кібернетичної частини, що дозволяє фізіологічному оснащенню працювати в ще більш складних умовах оточення. У цьому контексті можна говорити і про функціональні інформаційно-кібернетичні механізми саморегуляції в організмі. Загальні кібернетичні принципи регулювання в біологічних системах різного ступеню складності були сформульовані й експериментально виявлені на живих організмах різного еволюційного розвитку академіком П.К. Анохіним набагато раніше, ніж «батько» кібернетики Н.Вінер теоретично описав зворотні зв'язки в суспільних явищах і технічних пристроях. По своїй архітектурі функціональні системи живих організмів відповідають кібернетичним моделям з різноманітними (у тому числі і новими) типами зворотніх зв'язків, тому вивчення і моделювання таких систем приведе до подальшого розвитку методів теорії корекції і діагностики. Під функціональною системою розуміється таке сполучення процесів і механізмів, яке, динамічно формуючись і в залежності від необхідної ситуації, приводить до кінцевого пристосувального ефекту. При роботі функціональних систем важливу роль грають процеси одержання, розпізнавання, збереження і передачі інформації. Однак на відміну від класичної теорії інформації, де вирішуються кількісні питання при передачі й обробці інформації, при функціонуванні живих систем найбільш важливим стає питання про корисність (значимість) інформації для організму в цілому. Звідси випливає, що функціональна система може бути складена з різнорідних елементів, що можуть бути досить віддаленими в анатомічному відношенні. Це означає, що структура функціональної системи і її діяльність визначаються цілим органом, що не є конкретним фізіологічним апаратом або анатомічною близькістю компонентів, а є динамікою об'єднання, що диктується якістю кінцевого результату. Поняття про функціональну систему було вперше сформульоване в 1935 році Анохіним П.К. У загальній схемі функціональної системи можна виділити два основних системоутворюючих елементи (рис. 1) – кінцевий корисний ефект (загальна стійкість організму) і рецепторну підсистему.

Формально діагностичний процес можна описати наступним чином. Позначимо через $X = \{x_i\}, i=1, 2, \dots, N_x$ – кінцеву множину ФС

організму людини, через $Y=\{y_j\}$, $j = 1, 2, \dots, N_y$ - кінцеву множину керуючих впливів на організм, через $Z=\{Z_t\}$, $t = 1, 2, \dots, N_z$, $Z_t=\{z_{tk}\}$, $k = 1, 2, \dots, N_k$ - множину фізіологічних процесів на часовому інтервалі At , k - номер процесу; через $S=\{s_n\}$, $n = 1, 2, \dots, N_n$ - множину оцінок станів, які будуються на основі інформації, що отримана за допомогою методів дослідження. Якщо Z досить повно характеризує множину станів організму X , то існує відбиття $f_1: Z \rightarrow X$. Тоді задача синтезу оптимальної сукупності методів дослідження ФС організму зводиться до побудови алгоритму отримання даних про Z , яке адекватне деякому відбиттю $f_2: Z \rightarrow S$, що забезпечує взаємну однозначність $f_3: X \rightarrow S$. Така формалізація процесу дослідження має велике значення для визначення методу вивчення об'єкту. При визначенні методу вивчення об'єкту треба враховувати і передумови функціональних змін організму. Деякі зміни в організмі, при довготривалому негативному впливі на нього навіть з амплітудою меншою критичної, можуть закінчитися «зламом» біологічної системи. Розвиток процесу «зламу» починається з порушення узгодженості обміну між потоками енергії і ентропії в системі. Тому, розглядаючи адаптаційні можливості біосистем, необхідно враховувати не тільки кібернетичний механізм самоорганізації, але і «ентропійний контроль» за процесами, що відбуваються.

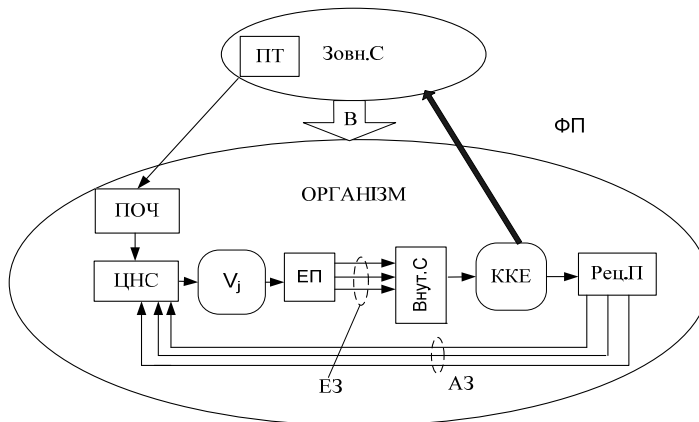


Рис. 1. Функціональна схема організму: Внут.С – внутрішнє середовище організму; АЗ – аферентні зв'язки; ЦНС – центральна нервова система; ПОЧ – підсистема органів почуттів; Зовн.С – зовнішнє середовище; ЕП – ефекторна підсистема; Рец.П – рецепторна підсистема; ККЕ – кінцевий корисний ефект; ЕЗ – ефектні зв'язки

Л і т е р а т у р а

1. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск заболеваний / Баевский Р.М., Берсенева Л.П. – М.: Медицина, 1997. – 223 с.
2. Буняев В.В. Донозологическая диагностика методами рефлексологии / Буняев В.В., Кореневский Н.А. – Биомед. радиоэлектроника. – 2001. – № 3. – С. 21 –27.
3. Чижевский А. Л. Космический пульс жизни. Земля в объятиях Солнца / Чижевский А. Л. – Гелиотараксия. –М.: Мысль, 1995. – 484 с.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В МЕМБРАННОМУ УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Котельніков Д.В., студент,
Літвінов К.А., аспірант,
Стенцель Й.І., професор, доктор технічних наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
deadr00@mail.ru

В ультразвукових засобах вимірювального контролю рівня (УЗЗКР) рідинних середовищ (РС) п'єзокерамічний елемент (ПКЕ) одночасно служить як випромінювачем, так і приймачем ультразвукової енергії. Електричний збуджуючий імпульс (ЕЗІ) формується у формі напруги розряду конденсатора з амплітудою E_0 . Тривалість часу t_0 ЕЗІ визначається електричними параметрами ПКЕ (активним опором, ємністю та індуктивністю). У процесі активізації пластини ПКЕ енергія ЕЗІ, яка передається ПКЕ, зменшується до нуля, а енергія, яка накопичена цим елементом зростає від нуля до деякого максимального значення. Взаємодія двох енергій згідно зі законом Ампера створює електродинамічне зусилля (ЕДЗ), яке приводить до переміщення центра мембранного ультразвукового перетворювача (МУП) на відстань x_0 . Графіки незворотних реологічних переходів (НРП) для перетворення ЕЗІ в напруженість електричного поля ПКЕ показані на рис. 1.

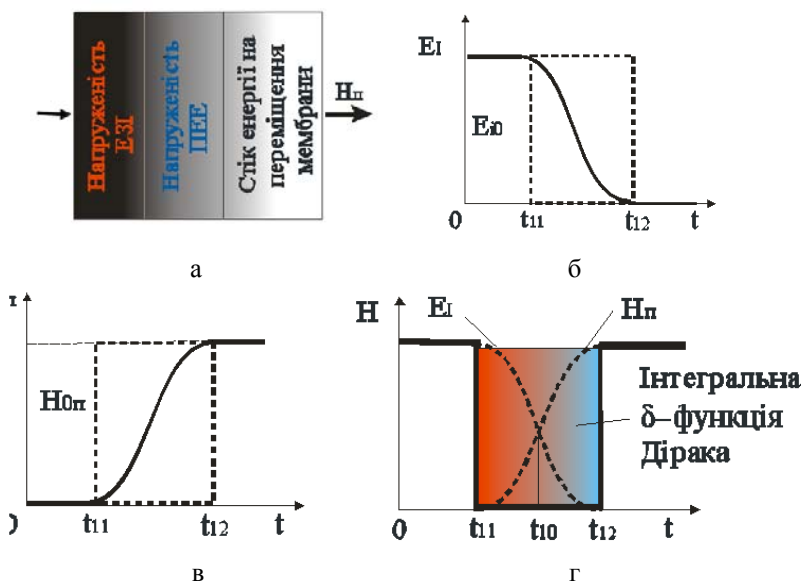


Рис.1. Фізична модель: а – і графіки НРП; б – графік НРП ЕЗІ в НЕП;
в – графік НРП НЕП у переміщення мембранного блоку;
г – графік інтегральної імпульсної дельта функції Дірака

Структурно-логічна модель (СЛМ) спаду напруженості ЕЗІ являє собою ступінчасту функцію, яка може бути описана рівнянням (рис. 1,б):

$$E_I(t) = \begin{cases} 1 & t \leq t_{11}; \quad t_{11} < t_{12} \\ 0 & t \geq t_{12}; \quad t_{11} < t_{10} < t_{12} \end{cases} \quad \text{СЛМ зростання НЕП}$$

ПКЕ теж являє собою ступінчасту функцію, яку можна описати таким рівнянням (рис. 1,в):

$$H_{\Pi}(t) = \begin{cases} 1 & t \geq t_{12} \\ 0 & t < t_{11} \end{cases} \quad \text{Тривалість фазового}$$

переходу залежатиме від електричних параметрів ПКЕ. Згідно з теорією узагальнених функцій, похідна ступінчастої функції приводить до

символьної рівності: $\delta_1(t) = \frac{d}{dt} f_1(t)$, де $\delta_1(t)$ - дельта функція

Дірака; $f_1(t)$ - деяка довільна функція. Якщо функція $f_1(t)$ описує

процес перенесення НЕП зі спадковістю, то функція Дірака є асиметричною й описується таким рівнянням (рис. 1, з):

$$\int_{t_{11}+0_1}^{t_{12}} f_1(\xi) \delta(\xi - t_{10}) d\xi = \begin{cases} 0 & t_{10} < t_{11}, \quad t_{10} \geq t_{12} \\ f_1(t_{10} + 0) & t_{11} < t_{10} < t_{12} \end{cases},$$

де ξ - деяка змінна; $\delta(\xi - t_{10})$ - ядро лінійного інтегрального перетворення; t_{10} - час фазового незворотного реологічного переходу.

Згідно з теорією реологічних перетворень в мембранному ультразвуковому перетворювачі (МУП) можуть мати місце наступні послідовні реологічні переходи:

- енергія ЕЗІ з амплітудою E_0 створює в МУП ЕДЗ E_d (зусилля Ампера);
- ЕДЗ приводить до механічного руху ПКЕ з наклеєною на нього мембраною;
- вільний механічний рух МУП x створює механічні УЗК з частотою f ;
- механічні УЗК індукують ЕРС E , яка створює напруженість H електромагнітного поля (ЕМП) в ПКЕ;
- ЕМП викликає вторинну механічну дію ПКЕ, яка направлена протилежноосновним УЗК;
- механічні УЗК випромінюються в ГС, в якому терплять відповідне поглинання енергії, що призводить до часткової їх деформації;
- частина енергії УЗК, яка дійшла до МУП, приводить мембрану в механічний рух, що призводить до появи в ПКЕ ЕРС U , яка вимірюється електричною вимірювальною схемою (ЕВС) та обробляється за відповідним алгоритмом.

Так як ПКЕ характеризується активним опором, ємністю та індуктивністю, то під дією ЕЗІ в ньому виникає сила струму, яка викликає зміну напруженості електричного поля (НЕП) E_I . Реологічне перетворення ЕЗІ в НЕП описується таким рівнянням:

$$\frac{\partial E_I}{\partial \theta} = -div(D_E \nabla E_I) + \gamma_E(\bar{r}_{II}, t), \quad (1)$$

де D_E - коефіцієнт перенесення ЕЗІ в напрямку $\bar{r}_{E\Pi}$, м²/с; ∇E_I - градієнт зміни НЕП за координатами x, y, z ; - θ - час реологічного перетворення енергії ЕЗІ в енергію НЕП; t - час стоку НЕП.

Стоком $\gamma_E(\bar{r}_{E\Pi}, t)$ цього перетворення є електродинамічне зусилля (ЕДЗ) $F_\Pi(\bar{r}_{H\Pi}, t)$, котре пропорціональне НЕП. Якщо врахувати, що індуктивність ПКЕ незначна, то швидкість стоку ЕМП проходить за таким законом:

$$\gamma_E(\bar{r}_{H\Pi}, t) = \tau_{H\Pi} \frac{d^2 F_\Pi(\bar{r}_{H\Pi}, t)}{dt^2} + \frac{dF_\Pi(\bar{r}_{H\Pi}, t)}{dt}, \quad (2)$$

де $\tau_{H\Pi} = RC$ - стала часу ПКЕ.

Згідно з методом нульового градієнта рівняння (2) приймає форму системи двох рівнянь:

$$\frac{\partial E_I(x, t)}{\partial t} + D_E \frac{\partial^2 E_I(x, t)}{\partial x^2} = 0; \quad (3)$$

$$\tau_{H\Pi} \frac{dF_\Pi(x, t)}{dt} + F_\Pi(x, t) = k_E E_I(x, t). \quad (4)$$

де x - напрямок дії напруженості електричного поля ЕЗІ.

Рішенням рівняння (3) буде

$$E_I(x, t) = E_{I0} \operatorname{erf}(x / 2\sqrt{D_E t}), \quad (5)$$

де E_{I0} - максимальне значення ЕЗІ.

Стоком цього реологічного перетворення є швидкість переміщення мембранного блоку УЗВ під дією ЕДЗ ЕМП. Приймавши до уваги, що рух МУП є одностороннім у напрямку x , то для вільної складової цього руху маємо:

$$\gamma_x(x, t) = \tau_M \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = k_{H\Pi} H(x, t), \quad (6)$$

де τ_M - стала часу переміщення мембранного блоку.

Підставивши (6) у рівняння (5), маємо:

$$\frac{dF_{\Pi}(x, \xi)}{d\xi} + k^2 \frac{d^2 F_{\Pi}(x, \xi)}{dx^2} = \tau_M \frac{dx(t)}{dt} + x(t). \quad (7)$$

Згідно з фізичною моделлю реологічного перетворення на границі розділу інтегральної імпульсної дельта-функції Дірака маємо:

$$\frac{\partial F_{\Pi}(x, \xi)}{\partial \xi} + k^2 \frac{\partial^2 F_{\Pi}(x, \xi)}{\partial x^2} = 0; \quad (8)$$

$$\tau_x \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = k_x F_{\Pi}(x, \xi). \quad (9)$$

де $\tau_x = \sqrt{mk_1 / c_2^2}$ - стала часу мембранного блоку УЗВ; m – маса МУП; k – коефіцієнт демпферування МУП; c – механічна жорсткість.

Після припинення дії ЕДЗ, вільне падіння мембранного блоку призведе до її коливального процесу. Реологічне перетворення переміщення МУП в механічні ультразвукові коливання (УЗК) описується рівнянням:

$$\frac{\partial x(y_M, \varsigma)}{\partial \varsigma} = \text{div}(D_{y_M} \nabla^2 x(y_M, \varsigma)) + \gamma_y(y_M, t), \quad (10)$$

де y_M - напрямок коливального руху МУП.

Стоком реологічного перетворення є УЗК мембранного блоку, тобто

$$\gamma_y(y_M, t) = \tau_{22}^2 \frac{d^3 y_M(t)}{dt^3} + \tau_{12} \frac{d^2 y_M(t)}{dt^2} + \frac{dy_M(t)}{dt}, \quad (11)$$

де $\tau_{21} = k_1 / c_1$; $\tau_{22}^2 = m / c_1$ - сталі часу мембранного блоку;

k_{y_M} - коефіцієнт передачі.

У результаті отримуємо наступне нелінійне диференціальне рівняння:

$$\frac{\partial x(y_M, \varsigma)}{\partial \varsigma} + D_{y_M} \frac{d^2 x(y_M, \varsigma)}{dy_M^2} = k_{y_M} \left[\tau_{22}^2 \frac{d^3 y_M(t)}{dt^3} + \tau_{12} \frac{d^2 y_M(t)}{dt^2} + \frac{dy_M(t)}{dt} \right]. \quad (12)$$

При наявності вільних механічних коливань мембранного блоку ПКЕ, який жорстко закріплений до металевої мембрани, теж коливається з такою частотою. У результаті цього в пластині ПКЕ створюється ЕДС, котра стає джерелом його електричного живлення, що призводить до появи вторинного електродинамічного зусилля, котре відхиляє мембранний блок від стану рівноваги, а значить змінює його рух.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Крючко І.О., Петросян Л.І. лікар-кардіолог;
Стенцель Й.І., професор, доктор технічних наук

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Севєродонецька багатопрофільна лікарня*
var.vpao@mail.ru

Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи (ССС) організму людини під час занять фізичною культурою і спортом відіграє першочергове значення у зв'язку з немалою роллю даної системи у пристосуванні до фізичних навантажень різного характеру, оптимальному функціонуванні організму в найрізноманітніших за своїм змістом умовах тренувальної і змагальної діяльності. Більш об'єктивним буде комплексний підхід до оцінки функціонального стану ССС, а саме: проведення реєстрації основних фізіологічних параметрів системи кровообігу у стані відносного спокою в поєднанні з аналізом їх реакції на дозовані тестуючі навантаження. Отже, комплекс методів оцінки функціонального стану ССС осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, охоплює:

1. Традиційні методи визначення інтегральних показників системи кровообігу (ЧСС, АТ, СОК (сistolічний об'єм крові), ХОК (хвилинний об'єм крові), СІ (серцевий індекс), УІ (ударний індекс)).

2. Розрахункові методи визначення інтегральних параметрів серцево-судинної системи.

3. Функціональні проби системи кровообігу, за допомогою яких оцінюється тип реакції апарату кровообігу на дозоване фізичне навантаження, орто- і кліно-ортостатичні проби, що надають можливість оцінки функціонального стану вегетативної регуляції системи кровообігу).

Величину артеріального тиску (АТ, мм рт.ст.) прийнято розглядати як гомеостатичний показник, у зв'язку з чим його відхилення в той або інший бік може свідчити про певні зміни в загальному функціональному стані організму. При його дослідженні вимірюється тиск на ліктьовій артерії з використанням тонометру або сфігмоманометру. Манжет накладається на оголене плече, за допомогою груші накачується повітря приблизно до 150-160 мм. рт. ст. Повільно випускають повітря (зі швидкістю 2 мм рт.ст./сек), реєструють тони. Поява звуків відповідає АТс, зникнення - АТд. Різниця між ними називається пульсовим тиском (АТп). Величина АТс визначається в значній мірі силою серцевого скорочення, а АТд - тонусом судин. Традиційно виокремлюють такі основні види артеріального тиску, величини яких також традиційно вимірюють за допомогою непрямого методу Н.С. Короткова з використанням тонометру і фонендоскопу: АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст; АТп – пульсовий артеріальний тиск, який розраховується як різниця між величинами артеріального тиску систоли і діастоли, мм.рт.ст. Згідно з останніми даними значення систолічного і діастолічного тиску наведені в табл 1.

Таблиця 1

Значення систолічного і діастолічного тиску

	Норма		Критерії зриву	
	Чоловіки	Жінки	Чоловіки	Жінки
Артеріальний тиск систолічний мм. рт.ст.	125	120	170	150
Артеріальний тиск діастолічний, мм. рт.ст.	75-80	75-80	>95	>85

Частота серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв), як інтегральний показник рівня функціонування системи кровообігу, підтримується в діапазоні нормальних значень завдяки діяльності безлічі компенсаторних механізмів. Тести із зростанням навантажень до досягнення максимальної частоти серцевих скорочень призводять до виснаження і на практиці використовуються лише в спортивній і космічній медицині. За рекомендацією ВООЗ допустимими вважаються навантаження, при яких ЧСС досягає 170 уд/хв, і на цьому рівні зазвичай зупиняються при визначенні переносимості фізичних навантажень і функціонального стану серцево-судинної і дихальної систем. Нормальна ЧСС дорослої людини в спокої в середньому складає 60-89 уд/хв. ЧСС менша за 60 уд/хв. (брадикардія) може бути виявлена у спокої у спортсменів, що тренуються на витривалість, як показник економізації функції кровообігу (при гарному самопочутті), а у осіб, що не займаються фізичними тренуваннями може бути ознакою порушення атріовентрикулярної, або внутрішньопередсердної провідності, а також слабкості синусового вузла. Для швидкої оцінки діяльності ССС у стані спокою було використано *індекс Робінсона*, який на інтегральному рівні визначає ступінь економізації серцево-судинної діяльності. Розраховується індекс наступним чином:

$$\text{Індекс Робінсона} = \frac{(\text{АТ}_c \cdot \text{ЧСС})}{100}.$$

Для оцінки індексу Робінсона можна скористатися даними Г.Л. Апанасенко, що наведені в табл. 2. Значно доповнює інформацію про діяльність ССС визначення таких гемодинамічних характеристик як серцевий (CI) та ударний індекси (UI) за такими формулами.

Таблиця 2

Дані індексу Робінсона

Оцінка	Одиниці
високий рівень	69 і менше
вище середнього	70 – 84
середній рівень	85 – 94
нижче від середнього	95 – 110
низький рівень	111 і більше

Серцевий індекс: $CI = XOK / S$, де CI – серцевий індекс, л/(хв·м²); XOK - хвилинний об'єм кровообігу, л/хв; S – площа поверхні тіла у м².

СІ в умовах основного обміну у здорової людини в середньому дорівнює $3,2 \pm 0,3$ л/(хв·м²). При збільшенні СІ слід говорити про погіршення функціонального стану. З урахуванням значень ударного індексу (УІ) можливо зробити висновок про тип гемодинаміки (табл. 3):

$UI = \frac{XOK \cdot S}{ЧСС}$, де XOK - хвилинний об'єм кровообігу, л/хв; S – площа поверхні тіла у м²; $ЧСС$ – частота серцевих скорочень, уд/хв.

Таблиця 3

Оцінка типу гемодинаміки за даними вимірювання ударного індексу (мл/м²)

Тип гемодинаміки	Значення УІ
еукінетичний	39,5 – 54,5
гіпокінетичний	менше 39,5
гіперкінетичний	більше 54,5

Адаптаційні можливості організму людини в значній мірі залежать від гемодинамічних типів. Різні типи кровообігу мають своєрідність перебігу патологічних процесів в організмі. За Н.Н.Савицьким виділяють три типи кровообігу: гіпокінетичний (ГТК), еукінетичний (ЕТК) та гіперкінетичний (ГрТК). У людей, що мають гіперкінетичний тип реакції, серце працює в найменш економічному режимі й діапазон компенсаторних можливостей цього типу кровообігу обмежений. Відомі дані свідчать про те, що гіперкінетичний тип кровообігу вимагає великих витрат і менш ефективний у гемодинамічному відношенні, тобто осіб з даним типом кровообігу можна розглядати як недостатньо адаптованих до виконання робіт, особливо при тренуваннях на витривалість. У здорових людей розмір серцевого індексу залежить від статі і віку. Гіпокінетичний тип реакції вказує на ослаблення можливостей серця з перекачування крові. При даному типі кровообігу найбільш часто виявлялися дезадаптивні реакції гемодинаміки на функціональні проби. При гіпокінетичному типі кровообігу серцево-судинна система має більш динамічний діапазон і діяльність серця найбільш економічна. Встановлено, що у осіб з ГТК спостерігається більш високий рівень споживання кисню при навантаженні, також у них найбільш економно витрачаються резерви міокарду. Еукінетичний тип кровообігу по показникам серцево-судинної

системи займає проміжне положення між розглянутими вище типами. Найбільш оптимальним для практично здорових осіб являється саме цей тип гемодинаміки, однак у добре тренованих осіб, особливо спортсменів високої кваліфікації, у стані спокою переважно відзначається гіпокінетичний тип. Адаптація як загальна універсальна властивість живого забезпечує життєздатність організму в умовах, що змінюються і представляє процес адекватного пристосування його функціональних і структурних елементів, до навколишнього середовища. Загалом дослідження процесу адаптації та її механізмів, слід віднести до міждисциплінарної проблеми, яка може стати ключовою в розумінні багатьох аспектів розвитку тренуваності, здоров'я та захворюваності спортсменів. Адаптаційні можливості організму та рівень здоров'я можна визначити з використанням формули розрахунку адаптаційного потенціалу (АП) серцево-судинної системи за Р.М. Баєвським:

$$АП = 0,011 \cdot ЧСС + 0,014 \cdot АТ_c + 0,008 \cdot АТ_d + 0,014 \cdot В + 0,009 \cdot МТ - 0,009 \cdot ДТ - 0,273,$$

де АП– адаптаційний потенціал серцево-судинної системи, у.о.;

ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв;

АТ_с– артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.;

АТ_д– артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст.;

МТ– маса тіла, кг;

В– вік, літ;

ДТ– довжина тіла, см; 0,27; 0,014; 0,011; 0,009; 0,008 – коефіцієнти рівняння множинної регресії.

У поняттях «адаптація, адаптованість», з одного боку, і «тренування, тренуваність», з іншого боку, мають багато спільних рис, головною з яких є досягнення нового рівня працездатності на основі утворення в організмі спеціальної адаптивної функціональної системи з певним рівнем фізіологічних констант. Адаптація організму до фізичних навантажень полягає в мобілізації та використанні функціональних резервів організму, у вдосконаленні наявних фізіологічних механізмів регуляції. Ніяких нових функціональних явищ і механізмів у процесі адаптації не спостерігається, просто наявні вже механізми починають працювати досконаліше, інтенсивніше і економічніше. В основі адаптації до фізичних навантажень лежать нервово-гуморальні механізми, що включаються в діяльність і удосконалюються при роботі рухових одиниць (м'язів і м'язових груп). При адаптації спортсменів відбувається посилення діяльності ряду функціональних систем за рахунок мобілізації і використання їх резервів, а системоутворюючим

фактором при цьому повинен бути пристосувальний корисний результат – виконання поставленого завдання, тобто кінцевий спортивний результат.

СУЧАСНИЙ СТАН МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РІВНЯ РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ

*Назаров В.Є., студент,
Літвінов К. А., аспірант*

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
kirsan.vladislav@gmail.com

Загальний матеріальний баланс технологічних апаратів хімічних, нафтопереробних, харчових, енергетичних та інших галузей промисловості забезпечується шляхом підтримування в них певної висоти (рівня) РС. У технологічних апаратах рівень РС може змінюватися від мінімального до максимального значення, або підтримуватися на деякому установленому технологічним регламентом значенні. Рівень РС у технологічних апаратах підлягає як візуальному, так і автоматичному контролю, а при його зміні нижче мінімального або вище максимального - сигналізації та блокуванню. У залежності від параметрів РС, таких як температура, агресивність, густина, в'язкість, наявність твердих домішок, а також параметрів і конструкцій технологічних апаратів використовують ті чи інші засоби вимірювального контролю рівня (ЗВКР), які засновані на різних фізичних методах. Широке розповсюдження отримали ЗВКР РС, які відносяться до контактних методів вимірювального контролю рівня (ВКР). До основної групи ЗВКР відносяться наступні методи: візуальний, поплавковий, буйковий, гідростатичний, електричний; електромагнітного випромінювання, ультразвуковий і магнітострикційний.

Візуальний метод заснований на візуальному контролі границі розділу газового середовища (ГС) і РС, або двох РС з різними фізико-хімічними властивостями, наприклад, вода-бензин, вода-мастило тощо. Спостерігаючи за положенням меніска рідини в трубці, судять про величину рівня РС. ЗВКР мають довжину не більше, 0,5м. Абсолютна

похибка ЗВКР з оптичними пристроями дорівнює 0,5-1 мм. Скляні рівнеміри використовуються до тисків 2,94 Мпа і температури - 300 °С.

Поплавковий та буйковий метод ВКР. В основу їх роботи покладено закон Архімеда. ЗВКР, у котрих використовується поплавковий метод, розділяються на засоби з поплавком постійного та змінного занурення. ЗВКР випускаються двох типів: фланцеві та камерні. Конструктивно такі ЗВКР мають кулькоподібний поплавок діаметром 80-200 мм. Мінімальний ДВК поплавкових рівнемірів вузького призначення складає -10...0...10 мм, а максимальний - -200...0...200 мм. відносно деякого нульового (заданого) значення рівня. При зміні рівня РС змінюється глибина занурення поплавка, яка викликає зменшення або збільшення дії сили Архімеда. У поплавкових ЗВКР ця дія компенсується таким чином, щоби занурення поплавка залишилося початковим. У буйкових ЗВКР сила Архімеда змінює вагу буйка, яка перетворюється в тиск, електричний або цифровий сигнал. Мінімальний діапазон вимірювального контролю (ДВК) складає 0...10 м, а максимальний - 0...20 м. Абсолютна похибка вимірювального контролю (ПВК) відповідно дорівнює ± 4 і ± 10 мм. До суттєвих недоліків поплавкових ЗВКР слід віднести неможливість їх використання в апаратах, які працюють при високих тисках.. Первинним перетворювачем служить циліндричний буйок, виготовлений з суцільного матеріалу або пустотілим. Фірма Fisher-Rosevount спеціалізується на розробці та випуску буйкових рівнемірів різноманітного призначення. ЗКР типу Level-Trol® серії 249 випускаються з електронними перетворювачами серії 2390 і контролерами серії 2500. Довжина буйка рівнемірів моделі 2390-249 може змінюватися від 356 до 3048 мм. Може використовуватися для вимірювання рівня РС з температурою від мінус 198 до плюс 427°С. Абсолютна похибка ВКР при нормальних умовах експлуатації не перевищує 5 мм. Похибки поплавкових ЗКР за даними Американського інституту нафти і газу, які використовуються для ВКР нафтопродуктів у емкостях великих розмірів, можуть перевищувати 15 мм.

Гідростатичний метод ЗВКР РС заснований на зміні гідростатичного тиску РС. Тиск РС в апаратах контролюють або манометром (якщо тиск в апараті рівний атмосферному) (рис. 1) або дифманометром (якщо апарат працює під тиском (рис.2)).

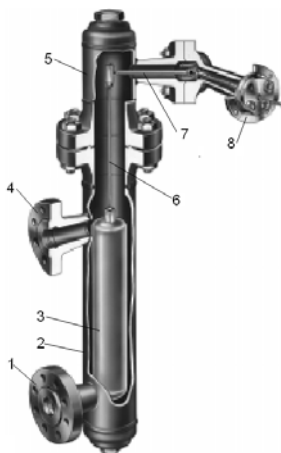


Рис. 1. Схема буйкового рівнеміра з проточною камерою:
1, 4 – фланці; 2 – проточна камера; 3 – буйок; 5 – кришка;
6 – тяга; 7 – торсійна трубка;
8 – фланець кріплення перетворювача

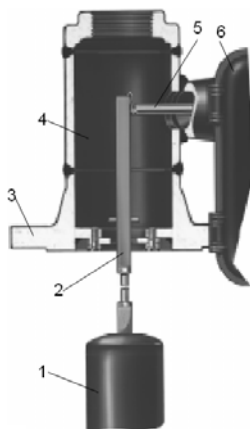


Рис. 2. Схема буйкового рівнеміра погрузного типу:
1 – буйок; 2 – тяга; 3 – кришка;
4 – циліндр; 5 – торсійна трубка;
6 – перетворювач

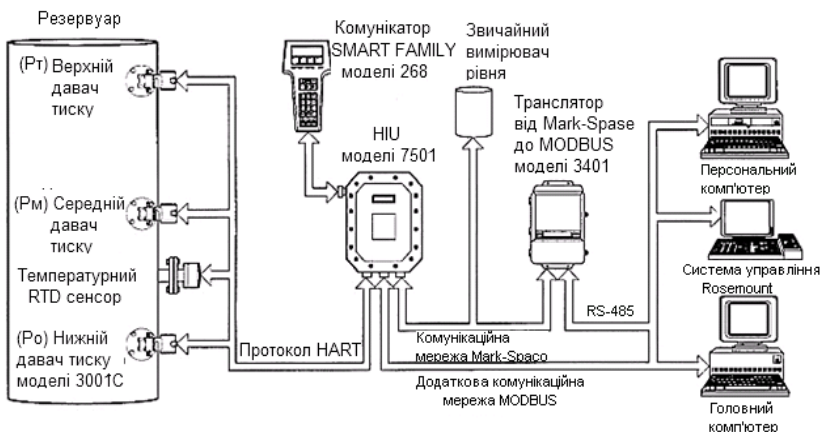


Рис. 3. Гідростатична система вимірювання(ГСВ) рівня SMARTTANK

У ГСВ (рис. 3) використовуються високоточні давачі тиску, один з яких розташовується поблизу дна резервуару, а другий – на відстані приблизно 2,4 м від першого. Давач температури розташовується між цими давачами тиску. Різниця тисків між двома здавачами тиску дозволяє визначити густину нафтопродукту, а знаючи останню, можна розрахувати рівень і об'єм. На точність розрахунку маси та рівня впливають не тільки неточності калібрування, яка складає до 15,3 мм, але й дрейф нуля давачів тиску. Сумарна похибка вимірювального контролю ГСВ складає 30,5 мм. У більшості випадках контроль тиску здійснюється тензоелектричними перетворювачами. Деформація чутливого елемента змінює електричний опір мостової вимірювальної схеми, який перетворюється в уніфікований аналоговий або цифровий сигнал. До недоліків таких ЗКР слід віднести залежність ПВК від густини РС, здатності речовин осідати на чутливий елемент та залежність ПВК від тиску в апараті.

Електричні методи засновані на залежності електричної ємності давача від рівня РС. Чутливий елемент давача складається з двох коаксіально розміщених електродів 1 і 2, котрі частково занурені в рідину. Електроди створюють циліндричний конденсатор, міжелектродний простір якого до висоти h заповнений РС, а простір $\Delta l = H - l$ - пароговастою сумішшю. Для фіксації взаємного розміщення електродів передбачено ізолятор 3. Електрична ємність конденсатора описується рівнянням: $C = 2\pi\epsilon\epsilon_0 / \ln(D/d)$, де ϵ - відносна діелектрична проникливість РС, яка заповнює міжелектродний простір; ϵ_0 - діелектрична проникливість вакууму; D і d - діаметри зовнішнього та внутрішнього електродів відповідно. Чутливий елемент являє собою металевий електрод, який покритий фторопластовою ізоляцією. Електрод частково занурений у рідину. Кондуктометричні ЗВКР, як правило, використовуються як сигналізатори рівня електропровідних РС з питомою провідністю більше 10^{-3} Сл/м .

Метод направленої електромагнітного випромінювання заснований на технології TDR (time domain reflectometry – рефлектометрія з часовим розділенням. Згідно з цим методом вимірюється коефіцієнт відбиття електромагнітного випромінювання методом суміщення прямого та відбитого випробувальних сигналів і визначається час проходження випроміненого імпульсу до поверхні РС.. Відстань до контрольованої поверхні пропорційна інтервалу часу між моментом випромінювання імпульсу та моментом приймання ехо-

сигналу. Для рефлектометричних ЗВКР характерною є зона нечутливості, котра досягає до 0,6 м. ДВК складає від 6 до 25 м. До недоліків слід віднести вплив налипання або забруднення зонду на точність та ДВК рівня в'язких або липких середовищ.

Магнітострикційні методи контролю рівня (МСМКР) РС засновані на взаємодії зовнішнього магнітного поля з ЕМП, яке створюється в результаті переміщення ЕСІ по хвилеводу. У місці проходження ЕСІ в об'ємі хвилеводу створюються вихрові струми, котрі створюють місцеве ЕМП напруженістю H . Важливою характерною особливістю МСЗКР, є висока точність вимірювань при широкому ДВК (до 18 м). До основних недоліків МСЗКР слід віднести велику залежність від зміни температури, магнітного поля постійного магніту та ЕЗІ, а також зміни натягу хвилеводу. Окрім того, до недоліків, притаманних цим МСЗКР нафтопродуктів, слід віднести наявність інерційності у визначенні температури нафтопродуктів, обумовленої конструкцією МСП. Основним недоліком МСЗКР є необхідність в магнітострикційних матеріалах зі стабільними в часі фізичними параметрами.

Ультразвуковий метод (УЗМ) контролю рівня заснований на визначенні часу проходження ультразвуковим імпульсом (УЗІ) відстані від ультразвукового випромінювача (УЗВ) до РС. Цей метод простіший в реалізації за інші безконтактні. ЗКР, засновані на цьому методі, мають достатньо високу точність (від $\pm 0,25\%$) та ДВК (деякі – до 120 м). До недоліків слід віднести залежність контролю рівня від параметрів ГС, наявність зони нечутливості, вплив внутрішніх конструктивних елементів апаратів на точність ВКР та багато інших. Існує два способи ВКР: через ГС і РС. Останній метод використовується для ВКР РС і зріджених газів у залізничних й автомобільних цистернах, технологічних ємностях та апаратах з вільним доступом до їх дна. У ЗКР, заснованих на цьому методі, використовують накладні ультразвукові перетворювачі, які встановлюються на дні ємності та вимірюють рівень через її стінку. Рівень РС в ємності визначається за наступною формулою: $l = 0,5ct$, t - час, за який УЗІ проходить подвійну відстань у РС від УЗВ до поверхні РС, c - швидкість ультразвукового імпульсу. До недоліків відносяться: вплив на достовірність контролю та точність ВКР зміни температури та складу РС; неможливість використання цього методу у ємностях з багатошаровими стінками.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПЕРЕТВОРЕНЬ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СИГНАЛ

Прибильський Є.О., студент, *Шаповалов О.І.*, аспірант,
Стенцель Й.І., д.т.н., проф., *Рябіченко А.В.*, к.т.н.

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля;
Сєвєродонецьке НВП «Мікротерм»
mcboom1312@gmail.com*

Електричний збуджуючий імпульс (ЕЗІ) подається від генератора прямокутних імпульсів, до магнітострикційного засобу контролю рівня (МСЗКР) рідинного середовища (РС). В якості магнітострикційного перетворювача (МСП) використовується хвилевід, виготовлений з магнітострикційного матеріалу. Такий МСП можна характеризувати елементарними елементами (ЕЕ) довжиною x_i з активним опором R_i , індуктивністю L_i та ємністю C_i . Так як хвилевід розташовується в захисній трубці, то створюється відповідне електричне коло. Електрична провідність G_i умовного конденсатора характеризує діелектричні втрати струму на кожному ЕЕ хвилеводу. ЕЗІ, який характеризується прикладеною напругою U_0 і струмом I_0 , подається на вхід хвилеводу. Якщо діелектричні втрати незначні, то приходимо до схеми заміщення з трьома електричними параметрами – $R-L-C$. Якщо $U_0 = const$, то струм $I_0 = I_i$ і визначатиметься найбільшим опором R_i i -го ЕЕ. Окрім того приймаємо, що індуктивності та ємності на всіх ЕЕ є однаковими, тобто $L_i = L_0$ і $C_i = C_0$, а діелектричні втрати незначні, якими можна знехтувати. Електрична енергія ЕЗІ прямокутної форми, може бути визначена за формулою $W_0 = U_0 I_0 \vartheta$, де $C_i L_i U_0$ – напруга; I_0 – сила струму; ϑ – тривалість електричного імпульсу. ЕЗІ переміщається по хвилеводу, в результаті чого його енергія перетворюється в теплову на активному опорі, напруженість електромагнітного поля (ЕМП) на індуктивності та напруженість електричного поля (НЕП) на ємності. Так як кількість електричної енергії, яка переноситься через ЕЕ в одиницю часу, дорівнює кількості енергії, яка перетворюється в електромагнітну та електричну енергію, то приймаючи до уваги, що перетворення енергії

ЕЗІ в теплову є незначними, такий процес можна описати наступним нелінійним диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial W_i(\theta, x)}{\partial \theta} + D_E \frac{\partial^2 W_i(\theta, x)}{\partial x^2} = \tau_2^2 \frac{d^3 W_i(t)}{dt^3} + \tau_1 \frac{d^2 W_i(t)}{dt^2} + \frac{dW_i(t)}{dt} \quad (1)$$

де $W_i(\theta, x)$ – електромагнітна енергія, котра перетворюється в i –тому ЕЕ за час θ на відрізку x хвилеводу; D_E – коефіцієнт перетворення; $\tau_1 = L_i/R_i$, $\tau_2 = \sqrt{L_i C_i}$ – сталі часу стоку енергії за час t .

Використовуючи метод нульового градієнта, рівняння (2) розділяється на наступну систему:

$$\frac{\partial W_i(\theta, x)}{\partial \theta} + D_E \frac{\partial^2 W_i(\theta, x)}{\partial x^2} = 0; \quad (2)$$

$$\tau_2^2 \frac{d^2 W_i(t)}{dt^2} + \tau_1 \frac{dW_i(t)}{dt} + W_i(t) = W_i(\theta, x). \quad (3)$$

При граничних умовах: $x = 0 \quad W_i(\theta, x) = W_{0i}$, а при $\frac{\partial W_i(\infty, x)}{\partial \theta} = 0$ рішенням рівняння (2) буде:

$$W_i(x, \theta) = W_{0i} \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_E \theta}} \right) \quad (4)$$

де W_{0i} – енергія, яка поступає в елементарний елемент. Як показують результати експериментальних досліджень, при проходженні ЕЗІ через ЕЕ, стік енергії має слабо виражений коливальний характер. Тому приймаючи, що $\tau_1/\tau_2 < 2$, при початкових умовах: $t = 0$

$W(0) = W(x, \theta)$, а при $t = \infty \quad \frac{dW(\infty)}{dt} = 0$ маємо:

$$W_i(t) = W_i(\theta, x) \left\{ \exp(-t\alpha) \left[\cos(\omega_0 t) + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin(\omega_0 t) \right] \right\}. \quad (5)$$

Підставивши рівняння (4) у (5) отримуємо аналітичне рішення нелінійного диференціального рівняння в такій формі

$$W_i(t) = W_{E1} \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_E \vartheta}} \right) \left\{ \exp(-t\alpha) \left[\cos(\omega_0 t) + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin(\omega_0 t) \right] \right\}. \quad (6)$$

З достатньою для практики точністю можна прийняти, що час стоку електромагнітної енергії в елементарному елементі дорівнює тривалості ЕЗІ, Тоді (6) спрощується та приймає вигляд:

$$W_i(x) = W_{E1} K_g \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_E \vartheta}} \right) \quad (7)$$

$$\text{де } K_g = \exp(-\vartheta\alpha) \left[\cos(\omega_0 \vartheta) + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin(\omega_0 \vartheta) \right].$$

Електромагнітна індукція, яка виникає в ЕЕ хвилеводу, $B_i = \mu_a I_i / 2\pi a$, де I_i - сила струму; μ_a - магнітна проникливість; a - відстань від поверхні хвилеводу. Якщо прийняти, що площа, через яку проходять лінії електромагнітної індукції, розташована до них перпендикулярно, то магнітний потік

$$\Phi_i = B_i S = \mu_a I_i S / 2\pi a. \quad (8)$$

Враховуючи сказане, рівняння (8) приймає вигляд:

$$\Phi_i(x) = I_0 K_g \frac{\mu_a S}{2\pi a} \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_E \vartheta}} \right) \quad (9)$$

Якщо імпульсне ЕМП 2 (рис. 1) хвилеводу 1 досягає області магнітного поля постійного магніту 4, який знаходиться на поплавку 3, то між цими полями виникає зусилля, що призводить до відхилення доменів ЕЕ від стану рівноваги. Приймаючи до уваги, що зусилля, яке створюється магнітним полем постійного магніту повністю витрачається на лінійне переміщення доменів, то отримуємо нелінійну математичну модель для перетворення електромагнітного зусилля (ЕМЗ) в переміщення доменів хвилеводу в такій формі:

$$\frac{\partial F_M(\theta, z)}{\partial \theta} + D_F \frac{\partial^2 F_M(\theta, z)}{\partial z^2} = \tau_F \frac{d^2 F_C(t)}{dt^2} + \frac{dF_C(t)}{dt} \quad (10)$$

При відповідних початкових умовах аналітичним рішенням рівняння (10) буде:

$$F_{\text{mex}}(t) = F_{\Pi 0} \operatorname{erf}\left(r / 2 \sqrt{D_{\Pi} \theta}\right) \cdot [\exp(-\alpha t) \cos(\omega_0 t)] \quad (11)$$

де $\alpha = -\tau_{1\text{mex}} / 2\tau_{2\text{mex}}^2$ - ступінь загасання механічних коливань;

$\omega_0 = \sqrt{1/\tau_{2\text{mex}}^2 - (\tau_{1\text{mex}} / 2\tau_{2\text{mex}}^2)^2}$ - частота власних механічних коливань.

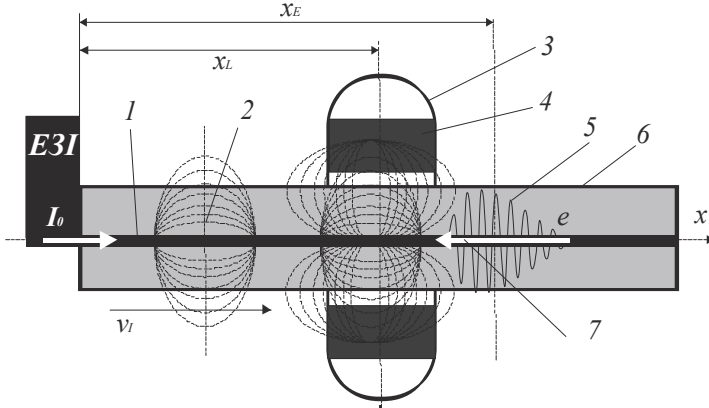


Рис. 1. Фізична модель перетворення ЕМП хвильоводу в УЗС: 1 – хвильовід; 2 – електромагнітне поле, створене струмом; 3 – поплавок; 4 – постійний магніт; 5 – ультразвуковий сигнал; 6 – захисна трубка; 7 – напрямок переміщення УЗС

Так як початкове ЕМЗ $F_{\Pi 0}$ дорівнює стоку магнітного зусилля постійного магніту, то, приймаючи до уваги, що $F_{\Pi 0} = F_C(z)$ і підставивши (16) у рівняння (22), отримуємо

$$F_{\text{mex}}(t) = F_{M0} \operatorname{erf}\left(\frac{z}{2\sqrt{D_F \theta}}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{r}{2\sqrt{D_{\Pi} \theta}}\right) \cdot [\exp(-\alpha t) \cos(\omega_0 t)] \exp\left(-\frac{z}{v_E \tau_F}\right), \quad (12)$$

Враховуючи, що $F_{\text{mex}}(t)$ визначається жорсткістю доменів хвильоводу, $F_{\text{mex}}(t) = D_j y(t)$, де D_j - жорсткість коливальної системи доменів; $dy(t)$ - лінійне відхилення механічних коливань за час t , отримуємо наступні перетворення

$$e = \frac{d\Phi}{dt} = B_0 \frac{dS}{dt} = B_0 \pi \Re \frac{dy}{dt} = \frac{\pi \Re B_0}{D_j} \frac{dF_{\text{мех}}}{dt} = \frac{\Phi_i(x)}{\Re D_j} \frac{dF_{\text{мех}}}{dt}, \quad (13)$$

де $S = \pi \Re y$ - площа, яка накривається магнітним потоком Φ ; $\Re$ - радіус хвилеводу; y - лінійний розмір механічного коливання, яке викликається зусиллям $F_{\text{мех}}(t)$ і накривається магнітним полем хвилеводу $\Phi_i(x)$.

Підставивши в (13) рівняння (9) і (12), після відповідних перетворень отримуємо аналітичну модель для електрорушійної сили, яка створюється в хвилеводі, в такій формі

$$e = -\frac{I_0 K_g}{\Re D_j} \frac{\mu_a S \alpha}{2\pi a} F_{M0} K_1 \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{D_E g}}\right) \exp(-\alpha t) \left\{ \cos(\omega_0 t) - \frac{\omega_0}{\alpha} \sin(\omega_0 t) \right\}, \quad (14)$$

$$\text{де } K_1 = \exp\left(-\frac{z}{v_E \tau_F}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{z}{2\sqrt{D_F \theta}}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{r}{2\sqrt{D_{\Pi} \theta}}\right).$$

Наукове видання

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ В УКРАЇНІ:
ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ»**

Збірник тез наукових доповідей

Відповідальний за випуск Губаревич О.В.

in_conference@ukr.net

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 18.05.2016 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 6,5. Обл. друк. арк. 7,9.
Наклад 100 прим. Вид. № 3055. Ціна вільна

Видавництво
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Радянський 59-а
м. Северодонецьк, 93400, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com