

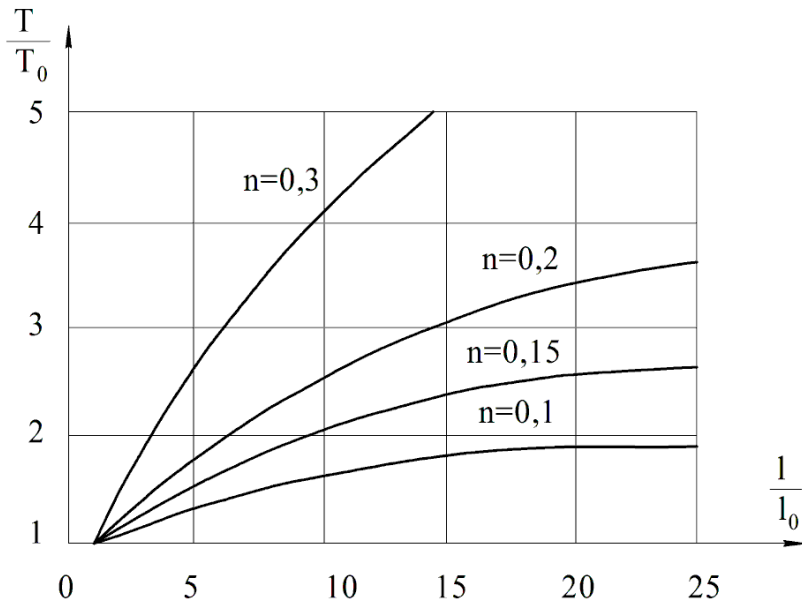
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ ГЕТЬМАНА ПЕТРА  
КОНАШЕВИЧА-САГАЙДАЧНОГО  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА  
ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ**

**III ВСЕУКРАЇНСЬКА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ  
СТУДЕНТІВ, АСПИРАНТІВ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ  
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ В УКРАЇНІ:  
ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ»**

*Матеріали Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції*



**Київ 27 - 28 квітня 2018 року**

### **Редакційна колегія:**

- Дем'янчук В.С. – д. т.н., проф., завідувач кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту ДУІТ
- Сьомін О.А. – к.т.н., доц., в.о. декана факультету експлуатації технічних систем на водному транспорті ДУІТ
- Губаревич О.В. – к.т.н., доц., доцент кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту ДУІТ
- Соколов В.І. – д. т.н., проф., завідувач кафедри машинобудування та прикладної механіки СНУ ім. Володимира Даля
- Кириченко І.О. – д.т.н., проф., професор кафедри електричної інженерії СНУ ім. Володимира Даля
- Шведчикова І.О. – д.т.н., проф., професор кафедри електроніки та електротехніки КНУТД

### **Голова оргкомітету конференції:**

- Губаревич О.В. – к.т.н., доц., доцент кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту ДУІТ

**Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє:** збірник тез наукових доповідей III Всеукраїнської інтернет-конференції м. Київ, 27-28 квітня 2018 р. – Київ: вид-во Державного університету інфраструктури та технологій, 2018. – 95 с.

До електронного збірника увійшли матеріали доповідей, поданих на III Всеукраїнську інтернет-конференцію студентів, аспірантів та молодих вчених «Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє», яка організована та проведена кафедрою електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій (м. Київ) при підтримці Міністерства освіти і науки України та спільно з Київським національним університетом технологій та дизайну, Навчально-наукового аерокосмічним інститутом Національного авіаційного університету, Східноукраїнським національним університетом ім. Володимира Даля (м. Северодонецьк) та Державним підприємством «Луганський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» (м. Лисичанськ).

Електронне наукове видання містить результати досліджень студентів, аспірантів та молодих учених в наступних галузях знань: електрообладнання та сучасні засоби автоматики водного транспорту, метрологія та інформаційно-вимірювальні технології; електроніка та приладобудування; енергозбереження та енергоефективність в техніці; автоматизація та інтелектуалізація проектування технічних систем; інновації в електротехніці та електромеханіці.

© Державний університет інфраструктури та технологій, 2018

## ЗМІСТ

### **Секція: ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА СУЧАСНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИКИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ .....7**

*Данченко Б.С. Гараженко М. І.*

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ АКСІАЛЬНИХ ДВЗ І МОЖЛИВОСТІ ЇХ  
ЗАСТОСУВАННЯ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ..... 7

*Єрьомін М.І., Тихомиров О.М.*

ЩОДО ПОБУДОВИ ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ  
ОЦІНУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
ВИБРАЦІОНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОКРЕМОГО ПРИСТРОЮ  
В УМОВАХ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ У МАШИННОМУ  
ВІДДІЛЕННІ СУДНА..... 13

*Саленко В.М., Колесник В.В.*

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗМЕНШЕННЯ ШВИДКОСТІ  
РУХУ НА ЕКОНОМІЮ ПАЛИВА ДЛЯ СУДЕН РІЗНОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ ..... 14

### **Секція: АКТУАЛЬНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....18**

*Бредихіна І.І., Кириченко І.О., Кузьменко Н.М.*

ПИТАННЯ З ПРОВАДЖЕННЯ ПОЛІТИКИ ЯКОСТІ  
В НАУКОВОМУ ЦЕНТРІ ..... 18

*Крисін В.В., Морнева М.О.*

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ..... 19

*Курочка В. В., Морнева М. О., Ляхова В.І., Кириченко І.О.*

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ  
ТЕМПЕРАТУРИ ФАКЕЛА ГАЗОВОГО ПАЛЬНИКА..... 22

*Ляхова В.І., Кириченко І.О., Кузьменко Н.М.*

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ..... 27

<i>Никитченко И.В., Шведчикова И.А.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЁТА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ .....	30
<i>Рязанцев А.О., Хорошун Г.М.</i> ВЛАСТИВОСТИ ЛАЗЕРНОГО СПЕКЛ-ПОЛЯ .....	35
<i>Суханова О.С., Кириченко І.О., Кузьменко Н.М.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ .....	37
<i>Фастовецький Д.В., Золотухін А.С., Кириченко І.О., Кузьменко Н.М.</i> КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ ГАЛУЗІ .....	40
<b>Секція: ЕЛЕКТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ .....</b>	<b>43</b>
<i>Бондарь А.И., Камышан В.С., Филимоненко К.В.</i> АНАЛИЗ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ДАТЧИКОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ С НЕПОДВИЖНЫМ ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ .....	43
<i>Запорожець М.О., Васильєв А.В.</i> ФОРМУВАННЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ КІНЦІВОК ГІДРОПРОВОДІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН .....	47
<i>Олійник О.Ю.</i> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДОБРОТНОСТІ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КАМЕРТОННОГО РЕЗОНАТОРА З НЕЛІНІЙНИМ ТЕРТЯМ....	50
<b>Секція ЕНЕРГОСБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ТЕХНІЦІ .....</b>	<b>53</b>
<i>Бушинський А.В., Кравченко О.П., Шведчикова І.О.</i> МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ .....	53
<i>Усманова Э.А., Голубева С.М.</i>	

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ  
И ОБЩЕГО ИНДЕКСА ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ  
СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА.....54

*Шевкун Р.Ю., Литовка Я.О., Жидков А.Б.*  
ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА  
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СЗШ .....59

**Секція: ІННОВАЦІЇ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ .....62**

*Лаптев А.В., Голубева С.М.*  
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ  
ОСВЕЩЕНИЯ DIALUX EVO ПРИ АНАЛИЗЕ  
ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.... 62

*Недов І.Д., Губаревич О.В.*  
ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ЩІТКОВО-КОЛЕКТОРНОГО ВУЗЛА  
МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ .....65

*Романченко Ю.А., Шведчикова І.О.*  
МЕТОДИ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ .....67

**Секція: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ  
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ .....70**

*Антощак А.Д., Ганжа С.Н.*  
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РАЗМЕЩЕНИЮ К РАЗМЕЩЕНИЮ  
РАЗНОГАБАРИТНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА МОНТАЖНОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ..... 70

*Антощак А.Д., Ганжа С.Н.*  
РАЗНЕСЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ  
ПО ЗОНАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ .....73

*Белущенко В.Н., Ганжа С.Н, Ганжа С.А.*  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ТОПОЛОГИИ МАТРИЧНЫХ БИС ..... 75

*Гриб Т.С., Бережний М.О., Соколов В.І.*

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРОПРИВОДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	76
<i>Захаров Е.В., Мелконов Г.Л.</i> СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БАЗИ ЗНАНИЙ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ .....	78
<i>Кавун Д.Ю., Ткаченко М.К., Степчук Я.І., Соколов В.І.</i> РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОМЕХАНІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ.....	80
<i>Кіхтенко М.Р., Деркач О.С., Соколов В.І.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ МАШИНОБУДІВНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	82
<i>Немцов П.В., Грохов Д.В., Соколов В.І.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРОПРИВОДУ З ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ .....	84
<i>Підгородецький О.В., Швачка О.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ .....	86
<i>Степанова О.Г., Соколов В.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ .....	89
<i>Шулевка В.В.</i> АЛГОРИТМ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА .....	92

**Секція: ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА СУЧАСНІ  
ЗАСОБИ АВТОМАТИКИ ВОДНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ АКЦІАЛЬНИХ ДВЗ І МОЖЛИВОСТІ  
ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ**

*Данченко Б.С.* – гр. ЕСЕУ-1417, факультет експлуатації технічних систем на водному транспорті, [danchenko93@yandex.ua](mailto:danchenko93@yandex.ua)

*Гаращенко М. І.* – старший викладач

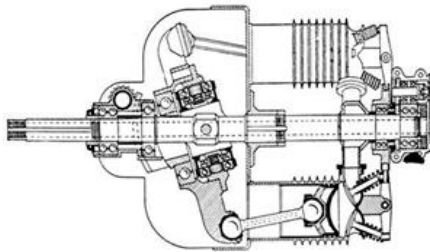
*Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного*

**Анотація.** В статті висвітлені питання історичного розвитку акціальних двигунів внутрішнього згоряння, можливості їх застосування на морському та річковому транспорті.

**Постановка проблеми.** На сьогодні одним з основних питань в галузі розробки ДВЗ є пошук альтернативних конструкцій поршневих ДВЗ. При цьому перевагу слід віддавати двигунам з мінімальними масо-габаритними складовими та мінімальним впливом на навколишнє середовище.

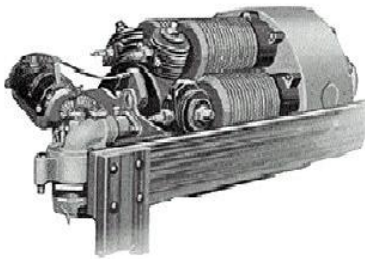
**Основні матеріали дослідження.** Ми звикли до класичної конструкції двигунів внутрішнього згоряння, які експлуатуються більше століття. Швидке згоряння горючої суміші всередині циліндра приводить до збільшення тиску за рахунок якого поршень переміщується від однієї мертвої точки до іншої і приводить в дію кривошипно-шатунний механізм двигуна. Якщо ми хочемо отримати двигун потужніший, в першу чергу потрібно збільшувати об'єм камери згоряння, що в свою чергу приведе до збільшення розмірів діаметрів поршня, втулки циліндра і ходу поршня. Збільшуючи розміри циліндрично-поршневої групи збільшується вага поршнів, що негативно позначається на збільшенні інерційних сил та лінійних розмірах двигуна в цілому. Такі конструк-

тивні зміни не завжди себе виправдовують, що пов'язано з умовами експлуатації у замкнутому просторі. На сьогоднішній день передові су



Мал. 1

двигун Макомбера). Їх ще називають «бочковими» двигунами (мал. 1).

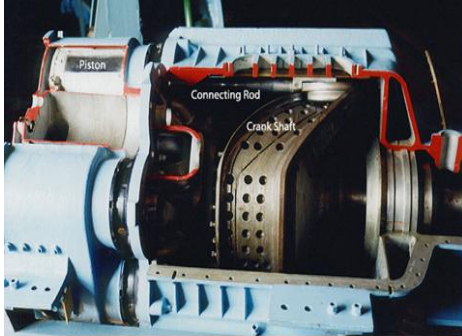


Мал. 2

Цей двигун був здатний працювати від 150 до 1500 обертів за хвилину, а при 1000 об / хв. мав потужність 50 к.с. Виготовлений з доступних у той час матеріалів, він мав вагу 100 кг і розміри 710 мм довжини, 480 мм ширини. Такий двигун був встановлений на літак «Срібний дротик Уолша» авіатора-першопрохідника Чарльза Френсіса Уолша.

Також, у 1912 році світ побачив двигун Треберта (мал. 2). Цей ротаційно-осьовий двигун літака був виготовлений Генрі Л.Ф. Требертом, який працював в Рочестері, штат Нью-Йорк. Циліндри і кривошипний корпус обертаються, а центральний вал залишається нерухомим. Це єдиний осьовий двигун, який не використовує ні хитну пластину, ні поперечину. Замість цього кожен осьовий циліндр приводив в рух невеликий колінчастий вал з конічними зубчастими колесами на внутрішньому кінці кожного вала, взаємодіючи з великою шестернею на центральному вихідному валу. Таким чином, оберти пропелера зменшилася до половини обертів колінчастого вала.

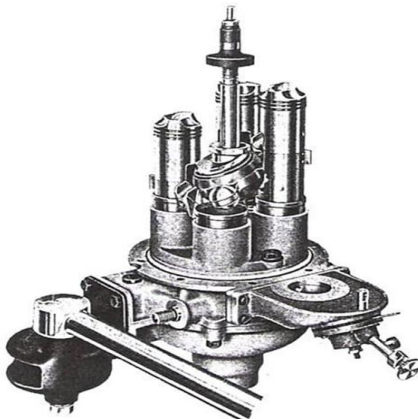
У 1916-му році в Росії був виготовлений перший аксіальний двигун конструкції А. А. Мікуліна і Б. С. Стечкина, а в 1924 р - двигун конструкції інженера В.С.Старостіна. При проведенні випробувань аксіального двигуна конструкції А. А. Мікуліна і Б. С. Стечкина в 1924 р.



Мал. 3

(мал. 3), виявили підвищені зношення на тертя і великі навантаження на окремі елементи цих двигунів. Тому, такі двигуни не набули широкого поширення в авіаційній техніці. Така схема циліндрично-поршневі групи двигуна до речі не прижилася в мотоциклах, де компактність відіграє велику роль.

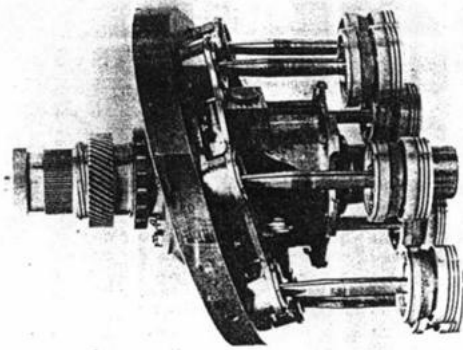
Першим осьовим двигуном який використовувався на водному транспорті був автоматичний двигун ALI у 1922 (мал. 4). Осьовий підвісний двигун ALI був спроектований Арвідом Ліндом у Швеції і вийшов на ринок в 1922 році. Це був популярний вибір для гоночних змагань, але його загальне використання було обмежене, оскільки його виробництво коштувало в два рази більше виробництва звичайного двигуна, і, коли винахідник помер в 1932 році, завод в Стокгольмі був закритий. ALI - двотактний бензиновий двигун з водяним охолодженням з чотирма робочими циліндрами над валом і чотири продувних циліндра насоса під ним, призначені для використання в якості підвісного двигуна для веслування.



Мал. 4

Двигун ALI має магнітне запалювання, що приводиться в рух від центрального валу за допомогою зубчастого колеса і шатунного валу.

У 1921 році Rolls-Royce виявив інтерес до осьового двигуна, а в наступному році отримав контракт на авіаційний двигун, що дозволило

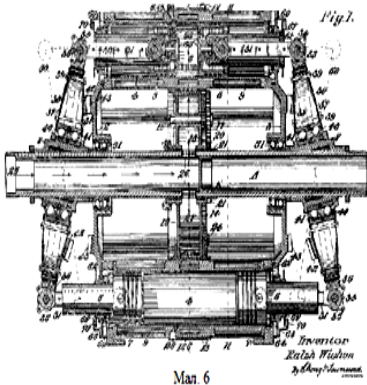


Мал. 5

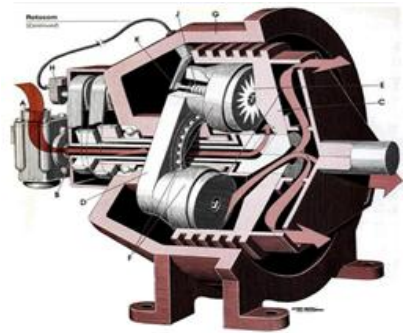
спроєктувати і побудувати перший експериментальний двигун (мал. 5). Це був семициліндровий пристрій з чавунними блоком і кришками циліндрів. Отвори впуску і випуску газів мали розміри в 3 дюйми, але їх ємність в даний час невідома. Використовувалися верхні клапани з пневмоприводом і карбюратор автомобільного типу. Деякі розробки були виконані, але до 1925 року інтерес до них ослаб, і про-

ект перейшов до компанії Napier.

Двигун Wishon (мал. 6) був заснований на хиткій пластині, запатентованим Ralph Wishon в 1923 році. (Патент США № 1476275). Це незвично, оскільки він прагнув об'єднати принцип осьового двигуна з



Мал. 6



Мал. 7

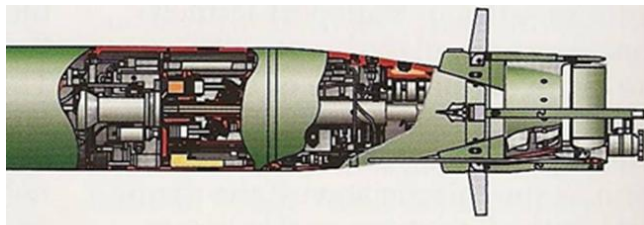
використанням протилежних поршнів з обертовими клапанами. Двигун мав дев'ять циліндрів і вісімнадцять поршнів.

Двигун Searle rotocom engine: 1981р. (мал.7), винайдений Расселом Сірлом з Санбері, Англія, був трициліндровий чотиритактний. Поршні жорстко закріплені на пластині під кутом 12 градусів до центральної осі. Блок циліндрів прикріплений до центрального валу, а кутова

пластина включає підшипник і призводить до того, що поршні в формі циліндра переміщуються і виходять з циліндрів. Форма стовбура необхідна, тому що поршні не ковзають всередину і назовні, але їх вісь переміщується в невеликій колі. Кожен поршень має кільце ущільнювача полімеру Du Pont Vespel, оброблене до сферичної поверхні. Стверджувалося, що воно є газонепроникним.

Двигуни осьової конструкції встановлюються в основному в торпедах - завдяки тому, що вони вписуються в корпус циліндричної частини торпеди. На мал. 8 зображено торпеду з встановленим осьовим двигуном, який був розроблений «Морським теплотехнічним науководослідним і проектно-конструкторським інститутом» Санкт-Петербургу (Росія).

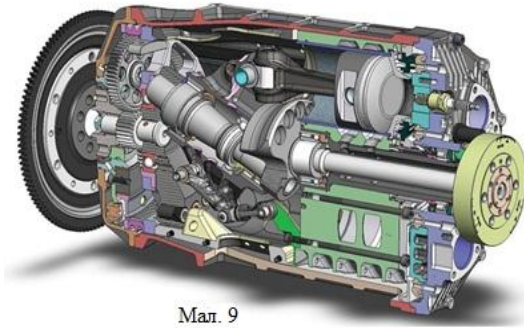
Ці двигуни встановлювались в торпедах різної потужності 300 - 1350 кВт (важка багатоцільова торпеда) або 60 -200 кВт (мала торпеда).



Мал. 8

Головна відмінна риса аксіального ДВЗ - компактність. Крім того, в його можливості входить зміна ступеня стиснення (об'єму камери згоряння) шляхом зміни кута нахилу шайби відносно осі валу. Зміна кута нахилу шайби (коливання шайби) на валу виконується завдяки сферичному підшипнику.

Новозеландська моторобудівна компанія «Duke Engines» в 2013 році запропонувала варіант аксіального двигуна, в складі якого п'ять циліндрів, три форсунки для впорскування палива і відсутня клапанна система (мал.9).



Мал. 9

За один оберт валу двигуна в сумі стільки ж робочих ходів поршня, як у 6-циліндрового рядного двигуна. При цьому вага аксіального двигуна на 30% менше 6-циліндрового рядного двигуна такої ж потужності. Крім того, інженери компанії «Duke Engines» стверджують, що і ступінь стиснення в бензинових двигунах компанії «Duke Engines» становить 15:1, а в стандартних автомобільних двигунах цей показник дорівнює зазвичай 11:1. Всі ці показники вказують на зменшення витрати палива, і як наслідок - зменшення забруднення навколишнього середовища.

**Висновки.** На сьогоднішній день компанія «Duke Engines» пропонує аксіальні (осьові) двигуни для експлуатації їх в сфері автомобільного транспорту, морського і річкового флоту (двигуни для моторних човнів, генераторів) і для малої авіації. Крім цього, доцільним буде використання двигунів компанії «Duke Engines» в рятувальних шлюпках, так як менші габарити і вага двигуна, дозволяють взяти на борт шлюпки більше запасів їжі та води, або інших необхідних речей. Зменшення витрат палива призведе до зменшення забруднення навколишнього середовища.

### Література

1. Friedman, Norman. The Naval Institute Guide to World Naval Weapons Systems, 1997-1998. — Naval Institute Press, 1997. — P. 694.
2. Axial Internal-Combustion Engines [Electronic Resource] <http://www.douglas-self.com/MUSEUM/POWER/unusualICeng/axial-ICeng/axial-IC.htm>
3. Аксиальные двигатели внутреннего сгорания [Електронний доступ] <https://geektimes.com/post/251620/>
4. Пятицилиндровый осевой двигатель Duke [Електронний доступ] <https://www.drive2.ru/b/853828/>
5. Duke Engines [Electronic Resource] <http://www.dukeengines.com/>

## ЩОДО ПОБУДОВИ ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЦНУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІОНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОКРЕМОГО ПРИСТРОЮ В УМОВАХ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ У МАШИННОМУ ВІДДІЛЕННІ СУДНА

*Єрьомін М.І.* – гр. 1319, факультет експлуатації технічних систем на водному транспорті

*Тихомиров О.М.* – старший викладач кафедри електрообладнання та автоматики на водному транспорті, [63tihan@gmail.com](mailto:63tihan@gmail.com)

*Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут водного транспорту імені  
гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного*

**Анотація.** Позначено варіант побудови дослідної установки, що дозволяє оцінити можливість оцінки параметрів вібрації окремого пристрою при наявності впливу на нього вібрацій інших пристроїв.

**Постановка проблеми.** В машинному відділенні суден знаходиться безліч пристроїв, що утворюють вібрації. Цей факт значно ускладнює використання дуже інформативної вібраційної діагностики технічного стану окремих елементів електромеханічних систем. Найчастіше нею користуються тільки при проведенні ремонтних робіт, коли відключені усі пристрої, окрім того, що перевіряється. На практиці дуже бажаною являється можливість проводити таку діагностику в процесі штатного функціонування судна, під час того, коли у машинному відділенні працюють інші пристрої, що утворюють вібрації.

**Основні матеріали дослідження.** Пропонується використати випадок, коли на одній платформі розміщено декілька електричних двигунів постійного струму з різноманітними параметрами, що отримують живлення через реостати. На валу кожного з двигунів встановлюються механічні гальма. З метою кращій передачі вібрацій від одного двигуна до іншого, платформа закріплена на прорезинених подушках. Об'єктом дослідження являється підшипник одного з двигунів. Значення вібрацій вимірюються в двох місцях – безпосередньо на підшипнику і на станіні двигуна, підшипник якого досліджується.

З метою цифрової обробки вимірювані параметри вібрацій повинні бути оцифровані. Оскільки вібрації елементів, що обертаються є періодичними, для вичленення параметрів вібрації підшипника з загальних вібрацій установки, пропонується використовувати спектральну

обробку вимірювальних параметрів. Для цього виміряні значення вібрацій розкладаються в ряд Фур'є, після чого виконується віднімання спектру вібрацій станіни двигуна від спектру вібрацій підшипника. Передбачається, що отриманий в результаті спектр буде спектром вібрацій підшипника, що досліджується.

За для перевірки достовірності результату дослід проводиться також при відключенні усіх двигунів, окрім того, підшипник якого досліджується. При цьому повинні бути збереженні положення гальма та реостату двигуна. В цьому випадку результати вимірів повинні бути аналогічними.

### **Висновки**

1. Схема установки, що запропонована, дозволяє досить подібно імітувати вібраційну ситуацію, що утворюється в машинному відділенні під час штатної роботи судна.
2. Наявність в дослідній установці реостатів в колі живлення двигунів та гальм на валах дозволяє провести досліди у різних режимах роботи двигунів – при різних обертах та навантаженнях. Це буде впливати на параметри вібрацій і дасть можливість однозначно дослідити, яким чином необхідно обчислювати дані вібраційних вимірювань, щоб отримати оцінку технічного стану окремого пристрою у машинному відділенні.

## **ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗМЕНШЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ НА ЕКОНОМІЮ ПАЛИВА ДЛЯ СУДЕН РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Саленко В.М.* – гр. ЕСЕУ-2(ск)  
*Колесник В.В.* – к.т.н., доц., [kolesnyk@email.ua](mailto:kolesnyk@email.ua)

*Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут водного транспорту імені  
гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного*

**Анотація** Розглянутий підхід до визначення обґрунтованого зменшення швидкості руху з урахуванням типу судна.

### Постановка проблеми

Витрата палива в процесі експлуатації суден суттєво залежить від швидкості їх руху. Так, для типового сучасного великого контейнеровоза типу «Панамакс», зменшення швидкості судна від номінальної на 4 вузли (з 25 до 21) призводить до зменшення потужності, що має розвивати двигун, практично в два рази. Але це зовсім не означає такого ж зменшення (потенційного) реальної витрати палива, враховуючи збільшення терміну плавання та інших обставин.

### Основні матеріали дослідження

Для розгляду проблеми введемо наступні позначення.

$N_{nom}$ ,  $V_{nom}$ ,  $\gamma_{nom}$  - номінальні (проектні) потужність головного двигуна [кВт], швидкість руху [км/год], питома витрата палива [кг/кВт·год] при русі зі швидкістю  $V_{nom}$ , відповідно.

$\alpha_V$  - степінь зменшення швидкості руху по відношенню до номінальної,  $0 < \alpha_V \leq 1$ .

$V = V_{nom} \cdot \alpha_V$  - реальна швидкість руху.  $\beta = \beta(\alpha_V)$  - степінь зменшення необхідної потужності двигуна при русі зі швидкістю  $V$ ;  $\beta(1) = 1$ .

$N(\alpha_V) = N_{nom} \cdot \beta(\alpha_V)$  - фактична необхідна потужність, двигуна при русі зі швидкістю  $V$ .

$\Delta\gamma(\alpha_V) = C_\gamma \cdot \left\langle \frac{N_{nom} - N}{N_{nom}} \right\rangle^2 = C_\gamma \cdot (1 - \beta(\alpha_V))^2$  - збільшення питомої витрати

палива внаслідок роботи двигуна в режимі, відмінному від номінального. Тут коефіцієнт  $C_\gamma$  інтегрально відображає реакцію різних складових систем двигуна на відхилення від номінального режиму роботи і, як результат, зменшення к.к.д. двигуна. Обчислення значення цього коефіцієнту для конкретного двигуна становить предмет окремого дослідження.

$\gamma(\alpha_V) = \gamma_{nom} + C_\gamma \cdot (1 - \beta(\alpha_V))^2$  - реальна питома витрата палива.

Таким чином, зменшення швидкості руху призводить не тільки до бажаного потенційного зменшення витрати палива, але й до погіршення умов роботи двигуна, а отже – до збільшення питомої витрати палива. Крім того, при вирішенні питання щодо степені зменшення швидкості руху, треба зважати на те, що таке зменшення збільшує час плавання. Тому має існувати гранична межа зменшення швидкості, піс-

ля якої сукупний вплив збільшення часу плавання та збільшення питомої витрати знівелює очікуваний ефект.

Суттєвим чинником при розгляді проблеми є наявність на судні сталих споживачів енергії (палива), збільшення часу роботи яких (часу плавання) означає лише додаткові витрати. Це різного роду допоміжні суднові механізми, системи керування судном та системи життєзабезпечення. Ці системи під час стоянки практично не споживають паливо, що знаходиться на судні, а споживання ними палива під час руху може різним.

Одночасно на судах певного типу додаткове суттєве споживання палива може бути пов'язаним з характером та кількістю вантажу, що транспортується. В першу чергу це судна рефрижераторного типу, що потребують значної кількості енергії для підтримання необхідної температури. Тому збільшення часу плавання для суден зазначеного типу безпосередньо призводить до додаткового збільшення витрат палива.

В загальному випадку, якщо сукупна потужність власних допоміжних систем судна та систем обслуговування вантажу дорівнює  $N_{ad}$  при питомій витраті палива  $\gamma_{ad}$ , а при плаванні на дистанції  $L$  зі швидкістю  $V$  загальний час плавання дорівнює  $\tau = L/V$ . то загальна витрата палива  $M$  [кг] за рейс становитиме

$$M = (N \cdot \beta \cdot \gamma + N_{ad} \div \gamma_{ad}) \cdot \frac{L}{V} = \{N_{nom} \cdot \beta(\alpha_v) \cdot [\gamma_{nom} + C_\gamma \cdot (1 - \beta(\alpha_v))^2] + N_{ad} \cdot \gamma_{ad}\} \cdot \frac{L}{V_{nom} \cdot \alpha_v}$$

Ефективність використання палива можна оцінити за допомогою приведенного коефіцієнта  $\mu = \frac{M}{N_{nom} \cdot L}$ , що відображає питому витрату палива на

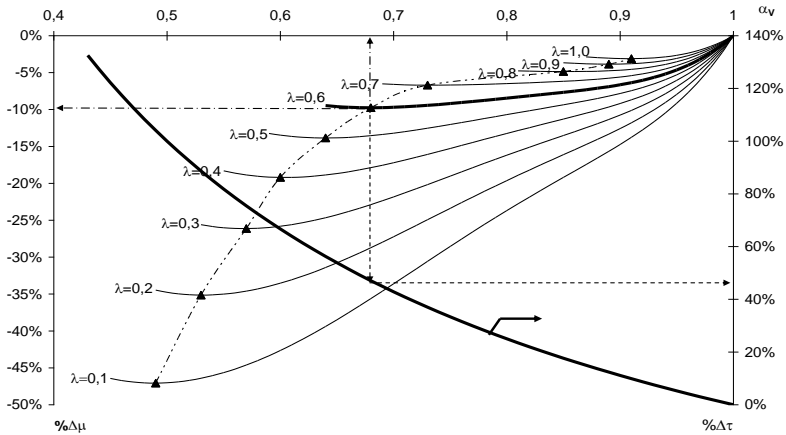
одиницю встановленої номінальної потужності двигуна на один кілометр руху [кг/(кВт·км)]. Якщо  $\lambda = \frac{N_{ad}}{N_{nom}}$ , то

$$\mu(\alpha_v) = \frac{1}{V_{nom}} \cdot \frac{\beta(\alpha_v) \cdot [\gamma_{nom} + C_\gamma \cdot (1 - \beta(\alpha_v))^2] + \lambda \cdot \gamma_{ad}}{\alpha_v}$$

Вплив степені зменшення швидкості руху судна можна оцінити по відсотку зменшення коефіцієнта  $\mu$  та відсотка одночасного збільшення часу плавання  $\tau$ , відповідно

$$\Delta\mu(\alpha_V) = [\mu(\alpha_V) / \mu(1) - 1] \cdot 100 = \left[ \frac{\beta(\alpha_V) \cdot [\gamma_{nom} + C_\gamma \cdot (1 - \beta(\alpha_V))^2] + \lambda \cdot \gamma_{ad}}{\alpha_V \cdot (\gamma_{nom} + \lambda \cdot \gamma_{ad})} - 1 \right] \cdot 100$$

$\Delta\tau(\alpha_V) = [1/\alpha_V - 1] \cdot 100$ . В якості приклада на графіку наведені розрахунки показника  $\Delta\mu(\alpha_V)$  для різних значень  $\lambda$ , на яких трикутником позначений максимальний відсоток зменшення цього показника, а суцільна жирна лінія відображає відсоток додаткового збільшення часу плавання у порівнянні з номінальним режимом. Показано, що для  $\lambda=0,6$  при зменшенні коефіцієнта  $\alpha_V$  в діапазоні  $[1;0,68]$   $\Delta\mu$  змінюється від 0 до  $-9,76\%$  з одночасним зростанням  $\Delta\tau$  від 0 до  $47\%$



### Висновки

Показано, що знання поточних морехідних якостей судна (залежність  $\beta(\alpha_V)$ ), стану головного двигуна (коефіцієнти  $\gamma_{nom}$ ,  $C_\gamma$ ), характеристики додаткових споживачів палива (коефіцієнти  $\lambda$ ,  $\gamma_{ad}$ ) дозволяє вибрати оптимальну швидкість руху в межах наявного ресурсу часу та можливого штрафу за запізнення прибуття в порт призначення.

**Секція: АКТУАЛЬНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ  
МЕТРОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-  
ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ПИТАННЯ З ПРОВАДЖЕННЯ ПОЛІТИКИ ЯКОСТІ  
В НАУКОВОМУ ЦЕНТРІ**

*Бредихіна І.І.* – гр.МВТ-17дм, магістр, [bredihinaii@rizicon.lg.ua](mailto:bredihinaii@rizicon.lg.ua)

*Кириченко І.О.* – д.т.н., проф., [i\\_kir@ukr.net](mailto:i_kir@ukr.net)

*Кузьменко Н.М.* – к.т.н., доц., [n\\_kuzm@ukr.net](mailto:n_kuzm@ukr.net)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Система управління якістю являє собою систему менеджменту якості в науковому центрі вивчення ризиків, що містить: взаємопов'язані та взаємодіючі процеси, організаційні та технічні заходи, цілі, плани, компетентний персонал, ресурси, документацію, тобто все, що необхідно для здійснення діяльності [1]. В кожній організації, установі, на кожному підприємстві в ідеалі вже існує система якості.

Науковий центр вивчення ризиків проводить політику, що забезпечує якість виконуваних їм науково-технічних робіт і експертиз, які відповідають світовому рівню.

Науковий центр є провідною науково-технічною, експертною і консалтинговою організацією в області промислової безпеки.

Головною метою підприємства є створення прибуткової і конкурентоздатної продукції для даного підприємства, Замовників і всіх зацікавлених Сторін.

Організація гарантує у визначений термін поставляти своїм Замовникам послуги, які відповідають їх вимогам або перевершують їх.

Конкурентоздатна продукція і послуги - результати праці співробітників, які представляють велику цінність для споживача, з точки зору його витрат і якості, чим аналогічні продукція і послуги наших конкурентів.

Здійснення даної політики має на увазі розуміння всіма співробітниками чекань споживачів і надання ним продукції або послуг відповідно до цих чекань [2].

Принципи наукової організації в області створення та впровадження системи управління якістю:

– працювати єдиною командою; кожному співробітникові з належною пошаною відноситися до своїх безпосередніх керівників і керівникам з тією ж пошаною і відповідальністю керувати своїми підлеглими;

– не відмовляючись від власних принципів і переконань, бути прибічником загальних інтересів підприємства;

безперервно удосконалювати свої професійні знання і компетентність і підтримувати їх на рівні сучасних досягнень науки і техніки;

– підтримувати на внутрішніх і зовнішніх ринках збуту репутацію виробника продукції стабільної якості;

– не жалюючи сил і часу, єдиною командою боротися і перевершити своїх конкурентів, підтримуючи один одного і ділячись знаннями і досвідом.

Для досягнення цієї мети науковий центр діє відповідно до положень нормативно-правових і нормативно-технічних документів, що визначають вимоги до виконуваних робіт, і вимог системи управління якістю, відповідною міжнародному стандарту ISO 9001:2015.

#### Л і т е р а т у р а

1. ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT)»
2. Міжнародний стандарт ISO 9004:2009 «Управління з метою досягнення стійкого успіху організації – Підхід з точки зору менеджменту якості»

### МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

*Крисін В.В.* – гр. МВТ17дм, магістр, [krysin.vlad@live.com](mailto:krysin.vlad@live.com)

*Морнева М.О.* – к.т.н., доц., [morneva@gmail.com](mailto:morneva@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи** є проведення оглядового аналізу метрологічного забезпечення якості продукції.

Сучасний етап розвитку багатьох країн характеризується зростанням темпів виробництва багатьох видів продукції. На ці темпи сильно впливають наукові досягнення також стан соціального та економіч-

ного розвитку. В цьому процесі розвитку важливу роль відіграє єдність вимірювань, їх актуальність та забезпечення.

Основою забезпечення єдності вимірювань є метрологічна діяльність, а також постійне удосконалення метрологічного забезпечення. Актуальністю є важливість, значимість чого-небудь на сьогодні, та позначає властивість інформації або норми. Яка нажаль може бути втрачена із часом, з появою свіжішої, сучаснішої інформації, властивості чи норми. Тому дуже важливо, щоб будь-яка продукція що виробляється на підприємстві відповідала актуальним нормам вимог щодо неї. А цього неможливо досягнути неактуальними приладами, методами виміру необхідних показників продукції, та засобів її виробництва.

Аналіз порівняно простих методів вимірювань показує, що на сьогодні похибки результатів вимірювань залежать значною мірою від засобів вимірювань, їх стану, класу точності, кваліфікації і підготовки персоналу, тощо. Досягнути високої точності вимірювань неможливо без забезпечення єдності засобів вимірювальної техніки, тобто такого їх стану, коли вони проградуїровані у прийнятих одиницях, а їх метрологічні характеристики відповідають нормам. Засоби вимірювань мають бути своєчасно відремонтовані, повірені у метрологічних установах і мати належне обслуговування. А також відповідати актуальним нормам та вимогам якості.

Нажаль при використанні сучасних складних методів вимірювання засоби вимірювань не завжди визначають сумарну похибку вимірювань, оскільки на похибку більше впливають недосконалість методу вимірювання, помилки експериментатора та зміна умов проведення вимірювання. Тому важливо забезпечити єдність засобів вимірювань, єдність вимірювань, умови проведення експерименту, а також чітко визначити мету та послідовність опрацювання результатів експерименту. Тому, важливими є вироблення і дотримання правил, що регламентують порядок підготовки, проведення і опрацювання результатів вимірювань (правила законодавчої метрології), встановлення еталонної бази і комплексу зразкових засобів вимірювань для передачі розміру одиниць фізичних величин від еталонів зразковим і робочим засобам вимірювань (повірочні схеми) та організація контролю за виконанням правил і норм законодавчої метрології та своєчасною повіркою і атестацією всіх засобів вимірювальної техніки в державі.

Метрологічне забезпечення (МЗ) – це встановлення та застосування метрологічних норм та правил, а також розроблення, виготовлення та використання технічних засобів, необхідних для досягнення єдності та потрібної точності вимірювань. МЗ має п'ять взаємопов'язаних

галузей: наукову, законодавчу, нормативну, технічну, організаційну. Наукова галузь ґрунтується на метрології як науці про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення потрібної точності. Законодавчою основою МЗ є закони, декрети, постанови та інші правові документи, які спрямовані на забезпечення єдності вимірювань в державі. Нормативною основою МЗ є нормативні документи (стандарти, методики, інструкції). Технічну основу МЗ становлять технічні засоби (еталони, робочі засоби вимірювань), призначені для відтворення, зберігання, передавання одиниць фізичних величин та виконання процедур порівняння з ними вимірюваних величин з метою отримання об'єктивної інформації про їхнє значення. Організаційною основою МЗ є мережа організацій, на які покладено функції адміністративного забезпечення єдності вимірювань.

Сьогодні процедури оцінювання якості вимагають все більше і більше об'єктивної інформації, про показники якості оцінюваної продукції. Основним джерелом об'єктивної інформації, яка використовується у всіх галузях МЗ, є технічна галузь. Тому очевидним є бажання до постійного вдосконалення технічних засобів вимірювальної техніки як основного стимулу розвитку інших галузей метрологічного забезпечення. Однак будь-який вид людської діяльності веде до певних затрат на її здійснення. Економія затрат завдяки ефективнішій побудови системи МЗ забезпечила би появу значних наукових і економічних ресурсів. Тому очевидно, що в сучасних умовах розвитку національної економіки важливим фактором є створення ефективного метрологічного забезпечення. Найболючішою проблемою вдосконалення системи МЗ є проблема «людського» фактору. Її можна вирішувати, впровадивши систему управління якістю в органах системи МЗ, чіткіше сформулювавши вимоги до персоналу, організувавши та здійснивши різноманітні заходи підвищення кваліфікації.

Важливою проблемою системі МЗ є технічний фактор. Як правило, в промисловості України використовується парк застарілих засобів вимірювальної техніки, для яких розроблено доволі ефективні методи контролю їх метрологічних характеристик, що забезпечують достатній рівень довіри до результатів вимірювань. При впровадженні актуальних засобів вимірювальної техніки часто виникає проблема неефективності існуючого МЗ. Для ефективності МЗ та спрощення формалізації процедур оцінювання якості продукції та підвищення достовірності результатів оцінювання, подальші дослідження системи МЗ необхідно вести в таких напрямках:

– розроблення математичної моделі системи;

- розроблення алгоритмів побудови оптимальних структур;
- створення концепції розвитку окремих галузей;
- впровадження нових наукових досягнень.

Отже, виконання перерахованих вище заходів дасть змогу створити ефективну систему метрологічного забезпечення оцінювання якості, що спростить вирішення важливих науково-технічних та народного-сподарських завдань з випуску якісної та надійної продукції.

### Л і т е р а т у р а

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1765- IV.
2. Фрумкин В.Д., Рубичев Н.А. Теория вероятностей и статистика в метрологии и измерительной технике / В.Д. Фрумкин, Н.А. Рубичев. – М.: Машиностроение, 1987. – 168с.
3. Дунаев Б.Б. Точность измерений при контроле качества / Б.Б. Дунаев. – К.: Техніка, 1981. – 152 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ФАКЕЛА ГАЗОВОГО ПАЛЬНИКА

*Курочка В. В.* – гр. МВТ17дм, магістр,  
[vladislav.kurochka.05081994@gmail.com](mailto:vladislav.kurochka.05081994@gmail.com)

*Морнева М. О.* – к.т.н., доц., [morneva@gmail.com](mailto:morneva@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля*

**Метою роботи** є удосконалення методу вимірювання температури факела та дослідження його структури.

Актуальність вимірів полягає в тому, що для оптимальної організації процесу горіння в топковій камері котла і, відповідно, ефективного використання газу необхідне знання структури факела полум'я пальника що використовується.

Для виконання даної задачі була розроблена експериментальна установка та структурна система контролю і управління процесом спалювання газового палива.

Було доведено, що оптимізація організації процесу горіння і, ефективність використання газу можлива за рахунок розробки додаткових елементів контролю (приладу), за допомогою яких, керуючи кількістю палива, що подається на пальник можна керувати структурою факела, отже, змінювати нагрівання конвекційних поверхонь.

Теплообмін у топці являє собою складний і дотепер ще недостатньо вивчений процес. Складність його пов'язана з тією обставиною, що перенос енергії від полум'я до теплосприймаючих поверхонь нагрівання відбувається в процесі хімічних реакцій у рухомій селективній випромінюючій, що поглинає й анізотропного середовища, що розсіює.

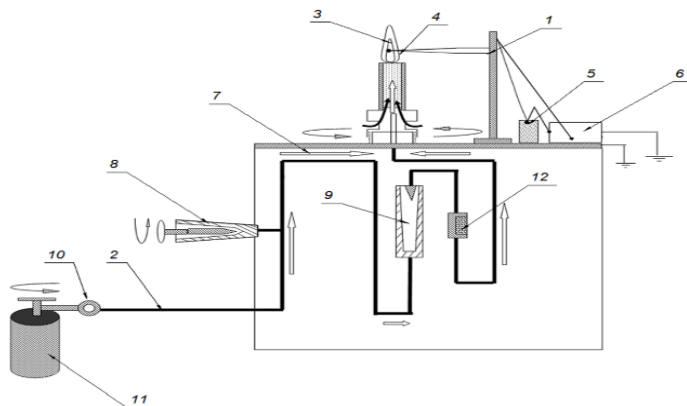


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

- 1 – препаративний, 2 – трубопровід, 3 – досліджуване полум'я,
- 4 – спайтермопари знаходиться в досліджуваному полум'я;
- 5 – спай термопари який знаходиться в кризі, 6 – осцилограф,
- 7 – напрям руху газу; 8 – голчастий клапан; 9 – вогнегасник (стружки металу);
- 10 – редуктор; 11 – газовий балон,
- 12 – вузол за допомогою якого регулюється подача повітря

Розроблювальний прилад є комплектом датчиків буде недорогим і надійним, здатним працювати без обслуговування тривалий час, і у відсутності на більшості ТЕЦ комп'ютерних інформаційних систем реального часу, спроможних обробляти й архівувати показання датчиків.

Висновки. Певний розподіл температур у факелі дозволяє зробити припущення про дифузійний режим горіння у сопла, і наступне зростання ролі кінетичного режиму горіння із збільшенням відстані від торця факела, і досягнення максимальних температур у нижнього краю зони жовтого світіння.

Сталість температур зовнішньої поверхні факела визначається дифузиею кисню з зовнішнього повітря в зону реакції.

Для отримання більш точних результатів і зокрема у верхній частині факела, необхідно застосовувати методики визначення температур оптичними методами, що володіють великим просторовим і тимчасовим дозволом.

### **Література**

1. Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 328 с.
2. Температурные измерения. Справочник. /Геращенко О.А., Гордов А.Н., Еремина А.К. и др.: Отв.ред. Геращенко О.А.-Киев: Наукова думка, 1989. 709 с.
3. Свет Д.Я. Оптические методы измерения истинных температур. М.: Наука, 1982. - 296 с.
4. Трофименко М.Ю. Особенности структуры факела пламени твердых смесевых систем на основе перхлората аммония. Диссертация на соискание степени канд. физ.-мат. наук, Одесса, 1999.
5. Линеверг Ф. Измерение температур в технике. Справочник. Пер. с нем. 1980. - 544 с.
6. Брамсон М.А. Инфракрасное излучение нагретых тел. М.: Наука, 1964.223 с.
7. Гейдон А.Г., Вольфгард Х.Г. Пламя, его структура, излучение и температура. Пер. с англ. –М: Металлург, 1959. -333 с.
8. Шейндлин А.Е. Излучательные свойства твердых материалов. М.: Энергия, 1974. - 350 с.

### **АКРЕДИТАЦІЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ТА КАЛІБРУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ЗА СТАНДАРТОМ ISO / ІЕС 17025:2017**

**Ляхова В.І.** – гр. МВТ-17дм, магiстр, [vikkisevero27@gmail.com](mailto:vikkisevero27@gmail.com)  
**Кириченко І.О.** – д.т.н., проф., [i\\_kir@ukr.net](mailto:i_kir@ukr.net)

*Східноукраїнський університет імені Володимира Даля*

За останні роки стандарт ISO / ІЕС 17025 « Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій», став міжнародним еталоном для проведення випробувань, а також для калібрувальних лабораторій, які надають більш достовірні і надійні результати. Міжнародний стандарт, опублікований спільно з ISO та ІЕС (Міжнародною електротехнічною комісією), містить вимоги, що дозволяють

лабораторіям розширити свої можливості з надання надійних результатів.

Акредитація лабораторії є одним з важливих механізмів забезпечення упевненості споживачів в якості і компетентності робіт, які може виконати лабораторія. Наявність акредитації означає офіційне визнання здатності лабораторії задовольнити вимоги замовників в області випробувань, вимірів або досліджень, а також її технічну компетентність при виконанні певних видів випробувань і вимірів.

Відповідність вимогам ISO/IEC 17025 дає можливість отримати акредитацію. Стандарт складається з двох частин: частини, яка стосується управління лабораторією, і частини технічної, яка містить технічні вимоги для методів випробувань або вимірів. Впроваджуючи Систему управління згідно зі стандартом ISO/IEC 17025, ми в той же час виконуємо вимоги ISO 9001, оскільки частина питань в стандарті щодо впровадження Системи управління якістю в лабораторії, пов'язана з вимогами СУЯ.

Стандарт може бути впроваджений у кожній організації, що проводить лабораторні роботи. Лабораторії можуть бути різні, з різним ступенем незалежності, навітьті, які є тільки частиною діяльності організації (напр., інспекції, контроль якості продукції). Розміри лабораторії, кількість працівників, вид діяльності не мають значення. Стандарт підходить для кожної лабораторії. Більш того, у стандарті йде мова й про можливість його використання для оцінки компетенції іншими сторонами (наприклад клієнтом).

Актуальна версія стандарту ISO / IEC 17025 вимагає розробки процедури навчання. Проект нової версії передбачає необхідність документування процесів, пов'язаних не тільки з навчанням персоналу, але й з вибором кадрів, спостереженням, наданням повноважень та постійним моніторингом. Процедури щодо персоналу, які функціонують в лабораторіях на сьогоднішній момент, зазвичай, регулюють ці питання.

В лабораторії проводиться велика кількість процесів і процедур, і вони все повинні бути проведені належним чином для забезпечення точності і надійності результатів аналізів. Помилка на будь-якому з етапів циклу може привести до неправильного результату. Щоб забезпечити якість, на кожному етапі лабораторного процесу потрібно застосовувати метод виявлення помилок.

Складність лабораторної системи вимагає, щоб багато факторів були враховані для забезпечення якості в лабораторії. До цих факторів належать:

- навколишнє робоче середовище,
- процедури контролю якості,
- передача інформації,
- ведення записів,
- компетентні і знаючі співробітники,
- якісні реагенти та обладнання.

Ключовою проблемою підтвердження технічної компетенції та, відповідно, впровадження системи менеджменту якості в лабораторію відповідно до вимог ISO / IEC 17025 є застосування концепції невизначеності вимірювань. Будь-які випробування / калібрування засновані на вимірах, отже, починати необхідно з забезпечення якості вимірювань на оперативному рівні. І вже на цьому рівні з'являється необхідність у застосуванні концепції невизначеності для оцінки точності і доказів достовірності вироблених вимірів [8].

Питання впровадження системи менеджменту якості до випробувальної лабораторії відповідно до вимог ISO / IEC17025, підтвердження технічної компетентності випробувальної лабораторії, застосування концепції невизначеності в вимірах розглядаються як основні на семінарах і симпозиумах міжнародного рівня, таких як харківський науково-технічний семінар "Невизначеність вимірювання: нормативні, наукові, методичні та виробничі аспекти" (Україна), созопольській науковий симпозиум "Метрологія та метрологічне забезпечення" (Болгарія) і ін., і в ряді публікацій провідних фахівців в галузі метрології (Володарський Є.Т. (Україна) [8, 10], Єфремова Н.Ю. (Білорусь) [9], Захаров І.П. (Україна) [11], Кузнецов В.П. (Росія) [12], Радев Х. (Болгарія), Фрідман А.Е. (Росія), Хорський Ю. (Чехія) і. ін.).

Таким чином, система управління якістю (СУЯ) випробувальної лабораторії, побудована на основі вимог стандарту ISO / IEC 17025: 2017, з одного боку, повинна органічно вписуватися в діяльність лабораторії і не повинна ламати основні процеси випробувальної лабораторії, з іншого боку, СМК лабораторії - це інструмент підтвердження технічної компетентності випробувальної лабораторії.

#### **Л и т е р а т у р а**

1. ДСТУ ISO 9001-2015 "Системи управління якістю. ВИМОГИ".
2. ДСТУ ISO/IEC 17025-2017 "Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій".
3. Новиков В.М. Основы метрологии и метрологическая деятельность - Киев: "Нова-принт", 2001.

4. Рамазанова-Стѣпкина Е.А. Основы стандартизации, сертификации и контроля качества: Курс лекций - Киев: НАУ, 2004.
5. Рудзинський В. Создание систем управления качеством - Стандарты, сертификация, качество, 2003.
6. ISO/IEC 17025: 2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
7. ISO 5725 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods. Part 1-Part 6. First edition, ISO, 1994-1998.
8. Володарский Е.Т., Харченко И.А. Особенности испытаний продукции по международному стандарту ISO 5725-94.
9. Ефремова Н.Ю. Руководство по применению стандартов СТБ ИСО 5725-Минск: "Теоретическая метрология", 2006.
10. Володарский Е.Т., Кошечая Измерительный контроль и неопределённость измерений //Сборник докладов. Неопределенность измерений... - ХНУР Харьков, 2006-С. 11.
11. Захаров И.П. Определение неопределенности косвенных измерений //Сборник докладов. Неопределенность измерений... - ХНУР Харьков, 2006-С. 16.
12. Кузнецов В.П. О новой редакции МИ 1317 //Сборник докладов. Неопределенность измерений... - ХНУР Харьков, 2006-С. 32.

## **КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ**

**Ляхова В.І.** – гр.МВТ-17дм, магістр, [vikkisevero27@gmail.com](mailto:vikkisevero27@gmail.com)

**Кириченко І.О.** – д.т.н., проф., [i\\_kir@ukr.net](mailto:i_kir@ukr.net)

**Кузьменко Н.М.** – к.т.н., доц., [n\\_kuzm@ukr.net](mailto:n_kuzm@ukr.net)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Отримання оперативної і точної інформації про стан водних ресурсів неможливе без метрологічного забезпечення засобами вимірювальної техніки, стандартами, методиками робіт з контролю водних ресурсів.

Найбільшого техногенного забруднення зазнають поверхневі води (води суходолу, що постійно або тимчасово перебувають на земній поверхні у формі різних водних об'єктів у рідкому (водотоки, водойми) і твердому (сніговий покрив, льодовики) станах у результаті водокористування і водоспоживання, тому потребують регулярного моніторингу.

Якість води в кожному конкретному випадку визначається вимогами споживача.

Якість води – це сукупність фізичних, хімічних, біологічних та бактеріологічних показників, які задовольняють вимоги споживачів. Вимоги до якості води нормуються державними галузевими стандартами або технічними умовами.

Водокористування – це використання водних об'єктів для задоволення потреб населення та об'єктів господарської діяльності.

Метод або сукупність методів очищення вибирають на основі вивчення властивостей вихідної води, її запасів у джерелі, необхідну кількість продукту, а також сприймаючу здатність каналізації для прийому виділених з води забруднень. У річках та інших водоймах відбувається природний процес самоочищення води. Однак він протікає повільно. Поки промислово - побутові скиди були незначні, річки самі справлялися з ними. У наше індустріальне століття у зв'язку з різким збільшенням відходів водоймища вже не справляються з таким значним забрудненням. Виникла необхідність знешкоджувати, очищати стічні води й утилізувати їх.

Очищення стічних вод - обробка стічних вод з метою руйнування або видалення з них шкідливих речовин. Звільнення стічних вод від забруднення - складне виробництво. У ньому, як і в будь-якому іншому виробництві є сировина (стічні води) та готова продукція (очищена вода). Очищення стічних вод - вимушений і дорогий захід, що представляє собою досить складну задачу, пов'язану з великою різноманітністю забруднюючих речовин і появою в їх складі нових сполук.

Методи очищення вод можна розділити на 2 великі групи: деструктивні та регенеративні.

В основі деструктивних методів лежать процеси руйнування забруднюючих речовин. Утворені продукти розпаду видаляються з води у вигляді газів, опадів або залишаються у воді, але вже в знешкодженому вигляді.

Регенеративні методи - це не тільки очищення стічних вод, а й утилізація цінних речовин, що утворюються у відходах.

Методи очищення води можна розділити на: механічні, хімічні, гідрохімічні, електрохімічні, фізико-хімічні та біологічні. Коли ж вони застосовуються разом, то метод очищення і знешкодження стічних вод називається комбінованим.

Застосування того чи іншого методу у кожному конкретному випадку визначається характером забруднення і ступенем шкідливості домішки.

Контролювання якості води — перевірка відповідності показників складу і властивостей води, встановлених у нормативах її якості.

Отримання оперативної і точної інформації про стан водних ресурсів неможливе без метрологічного забезпечення засобами виміральної техніки, стандартами, методиками робіт з контролю водних ресурсів.

Основною нормативною вимогою до якості води є дотримання встановлених стандартами та нормативними документами гранично допустимих концентрацій домішок у воді, які унеможливають несприятливий вплив на людину, природне середовище тощо використуваної води.

Для потреб питного водопостачання використовують поверхневі та підземні води, які містять певну обмежену кількість розчинних солей та нерозчинних домішок. У разі її перевищення природна вода підлягає очищенню. Джерело водопостачання обирають з урахуванням вимог стандартів ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання», а саме:

- санітарної оцінки умов формування і залягання вод підземного джерела водопостачання;
- санітарної оцінки поверхневого джерела водопостачання, а також прилеглої території вище і нижче водозбору за течією води;
- оцінки якості і кількості води джерела водопостачання;
- прогнозування санітарного стану на перспективу.

Визначення місця забору води, відбір проб і їх аналіз здійснює санітарно- епідеміологічна служба.

### **Л і т е р а т у р а**

1. Вимірювання в електроніці. Довідник під редакцією В.А. Кузнецова. - М. Вища школа, 1987.
2. Пісаревскій Е.А. Електричні вимірювання і прилади. М. Енергія, 1970.
3. ГОСТ 8.567-99 ГСИ. Вимірювання часу і частоти. Терміни та визначення.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЁТА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

<sup>1</sup>*Никитченко И.В.* – старший преподаватель, [inna.mia.lg@gmail.com](mailto:inna.mia.lg@gmail.com)

<sup>2</sup>*Шведчикова И.А.* – д.т.н., профессор [ishved89@gmail.com](mailto:ishved89@gmail.com)

<sup>1</sup>*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

<sup>2</sup>*Київський національний університет технологій та дизайну*

Целью работы является обзор существующих пакетов прикладных программ для расчёта магнитных полей, а также их

В настоящее время разработано большое количество прикладных программ, предназначенных для расчета магнитного и электромагнитного полей. Они отличаются классом решаемых задач, используемым численным методом, способом дискретизации области, структурой программного комплекса, а также функциональностью.

Следует отметить, что ценность любого программного комплекса для конкретного пользователя определяется точностью и скоростью решения задачи расчета поля, удобством работы с программой, а также точностью нахождения интересующих величин (локальных и интегральных характеристик поля и параметров устройств), рассчитанных с его помощью.

Известно достаточно много прикладных программ (ППП), расчет которых основан на методе конечных элементов (МКЭ). К наиболее популярным относятся такие продукты, как: ANSYS, ELCUT, COMSOL, FEMM, Elmer, Code Aster (Salome), QuickField, FEMM. Весь расчет с помощью таких программ проводится обычно в интерактивном режиме. Программа сама разбивает моделируемое пространство на конечные элементы (треугольники, прямоугольники, тетраэдры, параллелепипеды и пр.) [1].

Все конечно-элементные программы можно разбить на две группы: программы, специально предназначенные для расчета магнитных полей, и программы общего назначения, в которых метод конечных элементов используется для решения многих научно-технических задач. Программы для расчёта магнитных полей можно разделить на две группы: пакеты трехмерного (ANSYS, COMSOL Multiphysics) и двумерного (ELCUT, QuickField) моделирования.

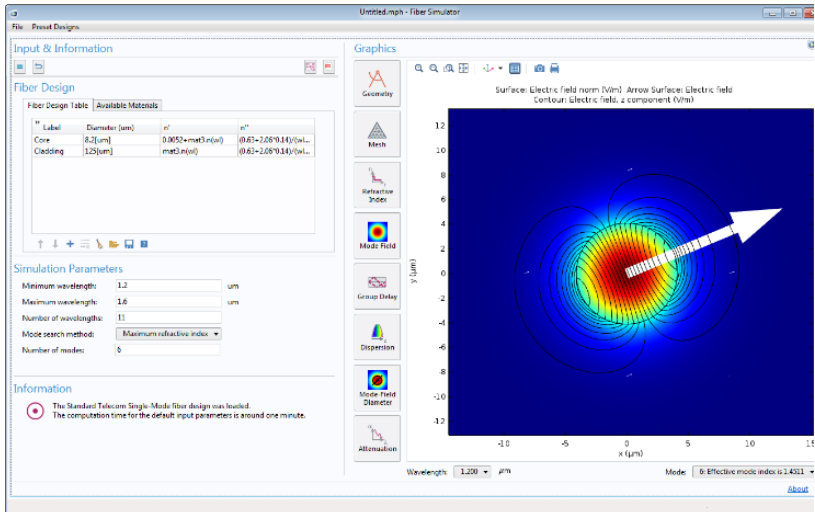
Программы первой группы (ELCUT) легки в освоении, но, как правило, предназначены для расчета только двумерных полей, что сильно сужает круг задач, которые стоят перед ними. Программы вто-

рой группы (ANSYS Multiphysics, Maxwell, COMSOL Multiphysics) обладают гораздо большими возможностями. Освоить их сложнее, стоимость их тоже существенно выше.

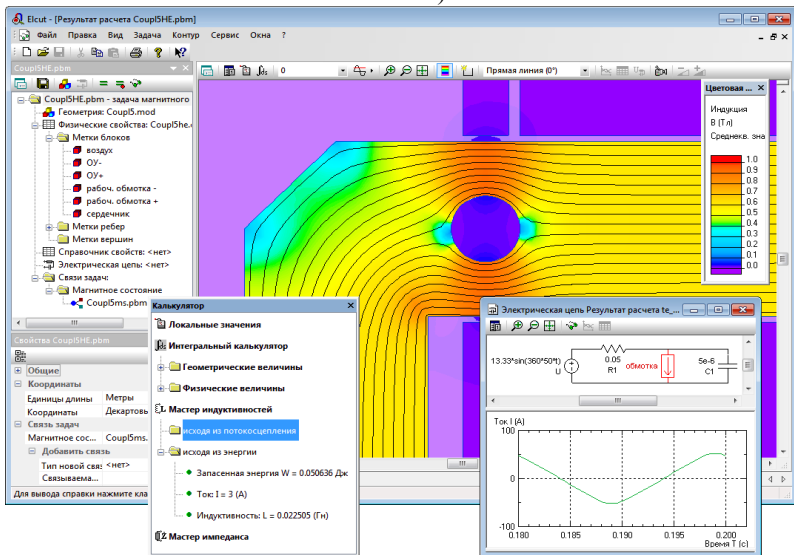
ANSYS Multiphysics – это единственный пакет, позволяющий моделировать переход материала из твердого состояния в жидкое и наоборот (фазовый переход). Комплекс содержит специальные междисциплинарные элементы, которые позволяют напрямую решать связанные задачи. Одним из элементов, входящих в ANSYS Multiphysics является ANSYS Emag. Этот пакет ориентирован на решение задач низкочастотных электромагнитных приложений, электродвигателей, реле и соленоидов [2]. Основные недостатки: высокая стоимость, сложность в освоении. Но эти стороны компенсируются широкими возможностями использования, а также высокая точность расчетов.

Пакет COMSOL Multiphysics (рис. 1а) позволяет моделировать практически все физические процессы, которые описываются частными дифференциальными уравнениями. Простая структура приложения обеспечивает простоту и гибкость использования. Пакет COMSOL Multiphysics, обладает почти такими же возможностями, как и пакет ANSYS, кроме этого, по сути, является инструментом пакета MATLAB и работает под его управлением, т.е. все возможности программирования, доступные в MATLAB, могут быть использованы и в COMSOL Multiphysics, например, при обработке результатов расчета. COMSOL Multiphysics обеспечивает возможность экспорта конечно-элементной модели в Simulink пакета MATLAB. Это позволяет моделировать работу объекта управления совместно с преобразователями электрической энергии, системами управления; исследовать частотные характеристики и устойчивость электротехнического комплекса. Но на практике трудности освоения интерфейса программы, накладываясь на ошибки создания моделей, делают процесс расчета недостаточно эффективным. Основные недостатки: высокая стоимость, труден в освоении [3].

ELCUT – это комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов (рис. 1 б). Основные плюсы данного программного комплекса: дружелюбный пользовательский интерфейс, простота описания моделей, широкие аналитические возможности комплекса и высокая степень автоматизации всех операций. Недостатки: двумерная геометрическая модель, а также отсутствует возможность одновременного решения полевых задач (например, электромагнитной и тепловой) [4].



a)



б)

Рис. 1. Примеры интерфейса программ для расчёта магнитных полей:  
 а) интерфейс программы COMSOL Multiphysics;  
 б) интерфейс программы ELCUT

Maxwell – специализированный программный комплекс для моделирования электромагнитных полей. Ключевые возможности: моделирование низкочастотных двумерных и трехмерных электромагнитных полей методом конечных элементов; переходный нелинейный анализ (при движении (вращение, поступательное движение, вращение по произвольной траектории) компонентов; стыковка с внешней электрической схемой; анализ размагничивания постоянного магнита; вычисление магнитных потерь); гармонический электромагнитный анализ: анализ вихревых токов с учётом скин-эффекта [2].

FEMM – это пакет программ для численного решения полевых задач в двумерных областях, выделяемых в устройствах с плоскопараллельной или аксиально-осевой симметрией. Конкретно, на основе МКЭ обеспечены расчеты магнитостатических полей и гармонически изменяющихся электромагнитных полей в линейных и нелинейных средах, а также электростатических полей в линейных средах. Уровень реализации программы и интерфейса таковы, что пользователю достаточно самых общих представлений о МКЭ и можно обойтись без знания алгоритмических языков программирования.

В табл. 1 представлена сравнительная характеристика ППП, определены их основные преимущества и недостатки.

**Выводы.** В работе проведен сравнительный анализ ППП для расчета магнитных полей. Установлено, что существующие программные продукты преимущественно основаны на использовании метода конечных элементов.

Таблица 1 Сравнительная характеристика пакетов прикладных программ

Возможности пакета	ANSYS Multiphysics	Maxwell	COMSOL Multiphysics	ELCUT	FEMM
Вид анализа					
Электромагнитный	+	+	+	+	+
Тепловой	+	+ (экспорт в ePhysics)	+	+	+
Гидрогазодинамический	+	-	+	-	-
Механический	+	+ (экспорт в	+	+	-

		ePhysics)			
Совмещенный	+	-	+	последовательный	+
Тип расчета					
Статический	+	+	+	+	+
Динамический	+	+	+	для тепловых задач	для тепловых задач
Геометрическая модель					
Двухмерная	+	+	+	+	+
Осесимметричная	+		+	+	
Трёхмерная	+	+	+	-	-
Выбор типа конечного элемента	+	+	-	-	+
Возможность моделирования внешних электрических цепей	+	+	+	-	-
		(экспорт в Simplorer)	(экспорт в Simulink)		
Недостатки	Высокая стоимость, труден в освоении.	Высокая стоимость	Высокая стоимость, труден в освоении.	Ограниченность решения задач, двумерная геометрическая модель.	Двухмерная постановка задачи
Достоинства	Широкие возможности использования, большая точность расчетов	Прост в освоении, удобен в использовании	Высокая точность расчетов, трёх мерное моделирование.	Доступная справочная система, большое количество учебного материала	Проста в освоении, сть бесплатные студенческие версии

### Л и т е р а т у р а

1. Жидков Е.П. Комплекс программ для моделирования магнитных систем / Е.П. Жидков, С. Лима, Полякова Р.В. и др. – Дубна, 1993.
2. Буль О.Б. Методы расчета систем электрических аппаратов. Программа ANSYS / О.Б. Буль. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 288 с.

3. Красников Г. Е. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics / Г.Е. Красников, О.В. Нагорнов, Н.В. Старостин. – М: НИЯУ МИФИ, 2012. – 184 с.
4. Elcut / Центр информационной поддержки клиентов продуктов Elcut. – Режим доступа: <http://elcut.ru/>. – Загл. с экрана.

## ВЛАСТИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО СПЕКЛ-ПОЛЯ

*Рязанцев А.О.* – гр. ПФ-17дм, магістр, [drew.ryazancev@gmail.com](mailto:drew.ryazancev@gmail.com)  
*Хорошун Г.М.* – к.ф.-м.н., доц., [an\\_khor@i.ua](mailto:an_khor@i.ua)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Метою роботи є проведення оглядового аналізу природи та методів отримання спекл-полів, що виникають в лазерному випромінюванні, а також презентація спекл-поля розповсюдженої лазерної указки. На сучасному етапі розвитку прикладної оптики спекл-структури лазерного поля знайшли широке метрологічне застосування в багатьох областях науки та техніки, включаючи машинобудування, медицину та нанотехнології. Плямісті світлові поля називають спекл-структурами. Спекл є перекладі з англійської мови за визначенням оксфордського словника є поверхнею з великою кількістю маленьких плям або плям різних кольорів.

Метод утворення світлових плям у лазерному полі наступний: випромінювання, у разі потрапляння на шорсткий об'єкт або проходження крізь мутне середовище, модулюється за фазою та амплітудою випадковим чином. Інтерференція світла з такою промудольованою хвилею призводить до появи спекл поля у структурі лазерного випромінювання.

З метою вивчення властивостей та параметрів лазерного випромінювання нами використовувалась стандартна лабораторна схема, в якій використовувався лазер, поляризатор, ПЗС-камера. Інтенсивність випромінювання лазера зменшувалась за допомогою поляризатора. Реєстрація отриманих зображень проводилась за допомогою ПЗС-камери Logitech, з'єднаної з комп'ютером.

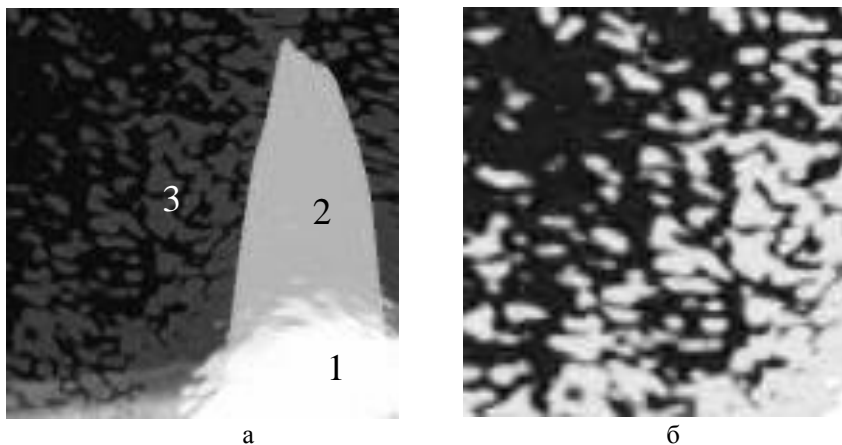


Рис.1. Лазерне випромінювання, що утворюється за допомогою лазерної указки. Частина основної моди гауссового пучку (1), додатковий сигнал більш слабкої інтенсивності (2), фон (3). Збільшена частина (3) на (б) є прикладом спекл-поля

В якості лазера використовувалась лазерна указка з довжиною хвилі 650—660 нм та потужністю випромінювання в декілька міліват. Робочим тілом в ній є лазерний діод з якістю, що відповідає ціні, тобто наявність вкраплень та якість шліфовки кристала є такими, які спричиняють утворення додаткових спекл-полів як в основному зображенні поля (1), так а також в фоновому (3) (рис. 1 а,б). Коліматор призводить до того, що інтенсивність має додатковий розподіл, схожий на дифракцію на щілині (2) на рис. 1а. Збільшена спекл-структура (рис. 1б) фонові компоненти є прикладом розвиненого спекл-поля, та відображає наявність білих плям з великою інтенсивністю, утворених внаслідок конструктивної інтерференції хвиль та чорних плям, які містять зони з нульовою інтенсивністю, утворені завдяки деструктивній інтерференції. Основним напрямком подальших досліджень є застосування цих об'єктів у спекл-інтерферометрії з метою подальшого розвитку метрології та інформаційно-вимірвальних технологій.

### Л і т е р а т у р а

1. Домініков М.М., Відновлення макропараметрів сильнорозсіюючих об'єктів за спекл-полем із використанням опорної хвилі, Дис. к.ф.-м.н., Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2005

2. С.С. Ульянов, Что такое спеклы, Соровский образовательный журнал, № 5, 1999, с.112-116
3. Wang W., Yokozeki T., Ishijima R., Wada A., Miyamoto Y., Takeda M., and Hanson S., "Optical vortex metrology for nanometric speckle displacement measurement," Opt. Express, 14, 2006, 120–127.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

**Суханова О.С.** – гр.МВТ-17дм, магістр, [olasuhanova4@gmail.com](mailto:olasuhanova4@gmail.com)  
**Кириченко І.О.** – д.т.н., проф., [i\\_kir@ukr.net](mailto:i_kir@ukr.net)  
**Кузьменко Н.М.** – к.т.н., доц., [n\\_kuzm@ukr.net](mailto:n_kuzm@ukr.net)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Організація системи управління якістю на підприємстві полягає у створенні організаційної структури в межах підприємства, яка охоплює всі сфери його діяльності й підрозділи в сукупності з відповідними функціями, процесами та ресурсами, що забезпечують здійснення ефективного функціонування даної системи на всіх етапах її життєвого циклу і в кожному її елементі.

Відомий американський спеціаліст Демінг ще в 1950 р. писав, що на 85% вирішення проблеми залежить не від людей, а від системи управління якістю [1].

Значну роль у підвищенні якості відіграють стандарти, які є нормативною базою систем якості. Загальновизнаними на сьогодні є міжнародні стандарти ІСО серії 9000, які сконцентрували досвід управління якістю, нагромаджений в різних країнах. У багатьох країнах, в тому числі і в Україні вони прийняті як національні, а в Україні введені в дію з 1 жовтня 2001 р.

Сучасна практика в менеджменті оперує досить широким спектром методів і інструментів, що дозволяють ефективно виконувати різного роду роботи. Однак швидкість, з якою відбуваються зміни у світі, їх неймовірна складність і тісний взаємозв'язок з усіма сферами життя людини, – обумовлює необхідність постійного пошуку нових, більш ефективних і таких, що відповідають вимогам сьогодення дня теорій, методів і інструментів організації і керування підприємницькою діяльністю.

Для більшості компаній існує розуміння, що довіра з боку клієнтів базується не тільки на фінансовій могутності, але й на високій якості менеджменту. Ринкова вартість акцій компаній теж відображає лояльність клієнтів та їх майбутні очікування щодо, того чи буде ця компанія краще за інших чи ні. Якщо клієнти відповідають так, то це тільки перемога сьогодення, незабаром вони можуть змінитися. Світова практика менеджменту показує що впровадження систем управління якістю, такі як наприклад «Total Quality Management», де одним з принципів проголошено постійне покращення та самовдосконалення системи управління якістю, позитивно впливають на організаційну, ринкову та фінансову стратегію надбання тривалих.

Кожна із провідних фірм світу йшла до успіху своїм шляхом, але через одні ворота: через ворота удосконалення менеджменту якості. Це стосується не тільки якості конкретної продукції, а йдеться про ділову досконалість фірм, про спосіб управління, його оптимізацію та гармонізацію, зацікавленість усіх працюючих у результатах своєї праці. Лідери світового ринку говорять: «У нас купують не продукцію і не послугу. У нас купують довіру до нас, тобто наше ім'я» [2]. А щоб ім'я було авторитетним, необхідно запроваджувати загальну культуру якості, яка включає і обладнання, і технологію, і систему менеджменту, і персонал, і стосунки між партнерами на різних рівнях тощо.

Такою системою є TQM – основа діяльності сучасних підприємств і міжнародних стандартів ІСО серій 9000 із питань організації забезпечення належного рівня якості продукції та виробництва. Концепція TQM передбачає цілеспрямоване й належно скоординоване використання методів управління якістю на всіх етапах виробничої діяльності – від досліджень та розроблень до післяпродажного обслуговування за цілісності системи управління і сфери реалізації при раціональному використанні технічних та інших можливостей. Тотальне управління якістю включає: контроль у процесі розроблення нової продукції; оцінювання якості дослідного зразка, планування (проекткування) якості продукції і виробничого процесу, контроль, оцінювання й планування якості матеріалів, що постачаються; вхідний контроль матеріалів; контроль готової продукції; оцінювання якості продукції (її сертифікація); оцінювання якості виробничого процесу (його сертифікація); контроль якості продукції та виробничого процесу; аналіз спеціальних процесів (спеціальні дослідження у сфері якості продукції); збирання та використання інформації про якість продукції; контроль апаратури, за допомогою якої отримується інформація про якість продукції та процесів; навчання працівників методам забезпечення якості, підвищення кваліфі-

кації персоналу; гарантійне обслуговування; координацію робіт у галузі якості; сумісну роботу з постачальниками із забезпечення якості продукції; управління і використання людського фактора шляхом сприяння зацікавленості всіх учасників у кінцевому результаті виконання їх обов'язків або роботи; розроблення державної політики (законодавчої бази, стандартів) в галузі якості, приведення національних стандартів у відповідність із діючими міжнародними стандартами якості продукції, послуг і робіт; розроблення відповідних галузевих, регіональних стандартів, стандартів якості підприємства, розроблення й утілення відповідних заходів на всіх рівнях підприємства; формування культури якості, матеріальної та інших форм заохочення всіх працівників і службовців у підвищенні якості продукції, підготовку управлінських кадрів для керівництва в галузі якості; розроблення критеріїв відповідальності за якість для всіх рівнів керівництва процесами впродовж усього життєвого циклу продукції та послуг.

Тотальна система управління якістю складається з:

1. Базова система – це способи, які використовуються для аналізу й дослідження. Вони базуються на використанні загальних принципів математики та статистичних методів контролю.

2. Система технічного забезпечення – це прийоми і програми, що дають змогу навчити персонал володіти базовою системою та правильно її використовувати.

3. Система вдосконалення і розвитку TQM передбачає адаптацію наукових підходів, економічних законів функціонування ринкових відносин, законів організації, структури й принципів управління якістю до конкретних умов і потреб ринку [1,3].

Мета тотального управління якістю – досягти більш високого рівня якості продукції та послуг.

### **Л і т е р а т у р а**

1. Чайка И.И. За какими системами качества будущее? // Методы менеджмента качества. – 2000. – №7.
2. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: Підручник. – 3-тє вид., перероб. і доп. – К.: Європ. ун-т фінансів, інформ. систем менеджм. і бізнесу, 2000.
3. Шаповал М.І. Менеджмент якості: Підручник. – К., 2003.

## **КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ ГАЛУЗІ**

**Фастовецький Д.В.** – гр.МВТ-17зм, магістр, [dmitriy77713@yahoo.com](mailto:dmitriy77713@yahoo.com)

**Золотухін А.С.** – гр.МВТ-17зм, магістр

**Кириченко І.О.** – д.т.н., проф., [i\\_kir@ukr.net](mailto:i_kir@ukr.net)

**Кузьменко Н.М.** – к.т.н., доц., [n\\_kuzm@ukr.net](mailto:n_kuzm@ukr.net)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Характер і призначення фармацевтичної продукції як товару принципово відрізняється від звичайної продукції масового споживання, оскільки споживання фармацевтичної продукції безпосередньо пов'язане з життям і здоров'ям людини. При цьому на виробника лягає величезна відповідальність за якість, ефективність і безпеку продукції, що випускається. Причинами, які зумовлюють відмінність фармацевтичної продукції (лікарські засоби – ЛЗ) від продукції інших галузей промисловості, є наступні:

- набуваючи ЛЗ, споживач найчастіше не може захистити себе потенційно від небезпечного для здоров'я і життя товару, якщо йому такий буде запропонований;

- споживач практично позбавлений можливості вибирати з наявних в реалізації аналогічних товарів оптимальний для себе варіант по співвідношенню якість/ціна;

- споживач, у багатьох випадках, не може утриматися від покупки, якщо не знаходить відповідний по показнику якість/ціна товар;

- купивши ЛЗ і переконавшись, що він йому не підходить, споживач не може повернути ні препарат, ні гроші, ні здоров'я;

- споживач не сам ухвалює рішення про покупку ЛЗ принаймні, відносно найбільш важливих в терапевтичному або профілактичному відношенні рецептурних препаратів);

При оцінюванні якості технологічного процесу контролюються і вимірюються параметри виконуваних технологічних операцій і переходів, послідовність їх виконання, а також технічні елементи технологічної системи і чинники, що роблять вплив на основні технологічні показники, на характеристики безпеки технологічних процесів і на якість продукції, що виготовляється.

Управління якістю продукції складається з двох етапів: отримання інформації про фактичний стан продукції (її кількісні і якісні ознаки); зіставлення отриманої інформації із заздалегідь встановленими тех-

нічними вимогами, тобто отримання вторинної інформації. При невідповідності фактичних даних технічним вимогам здійснюється керуюча дія на об'єкт контролю з метою усунення виявленого відхилення від технічних вимог.

Науковою основою сучасного технічного управління є математико-статистичні методи. Застосування цих методів, не вимагає великих витрат, дозволяє із заданим ступенем точності і достовірності судити про сутність досліджуваних явищ (об'єктів, процесів) у системі менеджменту якості, прогнозувати і вирішувати проблеми на всіх етапах життєвого циклу продукції і на основі цього виробляти оптимальні управлінські рішення.

Саме це направлення було вибрано для подальших дослідницьких робіт: збір статистичних даних, їх аналіз, визначення ризикових точок, розробка дій по поліпшенню чи усуненню причин, збір статистичних даних після впровадження розроблених дій. Об'єктом досліджень стало фармацевтичне підприємство ТОВ НВФ «Мікрохім». Предметом – технологічний процес виробництва ЛЗ у формі спрею. На стадії санітарної підготовки виробництва контролюються наступні показники за нормативами відповідно технічного регламенту та «Методичним рекомендаціям по виконанню санітарно-гігієнічних вимог та проведенню мікробіологічного контролю у виробництві нестерильних лікарських засобів»:

- повітря виробничих зон на мікробіологічну чистоту (клас Д) та вміст твердих часток;
- поверхні виробничих приміщень на мікробіологічну чистоту (МБЧ);
- поверхні обладнання та інвентарю на МБЧ, повноту видалення миючого дезінфекційного засобу та повноту видалення жирового бруду; одяг та руки персоналу на МБЧ;
- якість очистки обладнання після попереднього напрацювання за для усунення контамінації.

Вхідний контроль сировини, допоміжних та пакувальних матеріалів проводиться відділом контролю якості за стандартною робочою процедурою на відповідність нормам специфікацій. До видання висновка з якості сировини, допоміжні та пакувальні матеріали зберігаються на складі у карантинній зоні з ідентифікаційною етикеткою статусу. При позитивному результаті (*так*) сировину, допоміжні та пакувальні матеріали переміщують в другу складську зону та ідентифікують як «допущено у виробництво». При негативному результаті (*ні*) переміщують у складську зону зберігання невідповідної сировини, допоміжних

та пакувальних матеріалів та ідентифікують як «брак». Після стадії «пакування та маркування» готова продукція поступає на карантинний склад, де зберігається до видачі відділом технічного контролю висновок з якості готової продукції (на відповідність нормам аналітичної нормативної документації). Якщо результат позитивний готову продукцію переміщують на склад готової продукції, якщо результат негативний, то переміщують на склад зберігання браку для подальшого знищення у спецорганізації.

### **Л і т е р а т у р а**

1. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник.
2. ДСТУ ISO 9001-2001. Системи управління якістю. Вимоги.
3. ДСТУ ISO 9004-2001. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності.
4. Коваленко С.М., Лебединець В.О., Коваленко Св.М. Концептуальні основи систем управління якістю. Основоположні принципи міжнародного стандарту ISO 9000:2000: Навч. посіб. / Вид-во НФаУ; Х.: Золоті сторінки, 2003. – 96 с.

## Секція: ЕЛЕКТРОНІКА ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

### АНАЛИЗ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ДАТЧИКОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ С НЕПОДВИЖНЫМ ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ

**Бондарь А.И.** – аспирант, [ab18101991@gmail.com](mailto:ab18101991@gmail.com)

**Камышан В.С.** – гр. ЕЕ-16д, [kamyshan1998@gmail.com](mailto:kamyshan1998@gmail.com)

**Филимоненко К.В.** – к.т.н., доц., [kostiantyn.kun@gmail.com](mailto:kostiantyn.kun@gmail.com)

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

**Целью исследования** является анализ магнитных систем датчиков частоты вращения (ДЧВ) с неподвижным постоянным магнитом (ПМ).

По принципу построения магнитных систем (МС) исследованы ДЧВ, которые имеют неподвижные постоянные магниты (ПМ) и магниточувствительные элементы, а так же ДЧВ, МС которых имеют ПМ, прикрепленные к вращающемуся объекту (валу или диску), и устанавливаемые неподвижно магниточувствительные элементы, которые могут быть или индукционными или потокочувствительными.

Конструкции ДЧВ с неподвижными ПМ показаны на рис. 1 и 2.

На рис. 1 показана магнитная система с индукционным магниточувствительным элементом, который представляет собой обмотку, намотанную непосредственно на ПМ. МС этого типа могут иметь дополнительный магнитопровод, но принципом работы они не отличаются от вышеописанного. На рис. 2 показана схема МС с потокочувствительными элементами.

Обе МС реализуют одинаковый принцип работы – принцип модуляции магнитного потока ПМ при вращении зубчатого колеса; второй вариант, при возможности уменьшения габаритов ДЧВ и улучшения метрологических характеристик, является более перспективным. Индукционные ДЧВ не имеют перспективы уменьшения габаритов, так как имеют обмотку с большим количеством ( $10^3 \dots 5 \cdot 10^3$ ) витков.

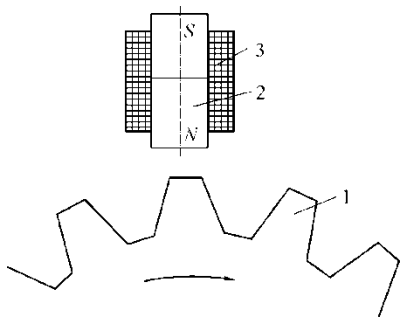


Рис. 1. МС с неподвижным ПМ и индукционным элементом:  
1 – ЗК; 2 – ПМ;  
3 – выходная обмотка

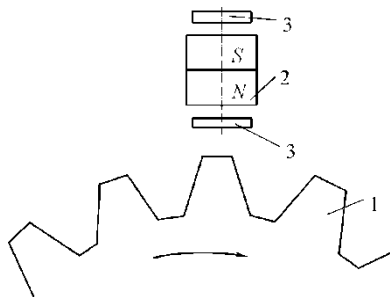


Рис. 2. МС с неподвижным ПМ потокочувствительным и магнито-чувствительным элементом:  
1 – ЗК; 2 – ПМ;  
3 – потокочувствительный элемент

Общим преимуществом этой группы ДЧВ является то, что составной частью датчика является зубчатое колесо (ЗК), которое в подавляющем большинстве является частью контролируемого механизма. Это обстоятельство значительно упрощает монтаж ДЧВ.

Группа ДЧВ имеет разнообразные конструктивные решения МС, но в своем большинстве они сводятся к МС, показанным на рис. 3 и 4.

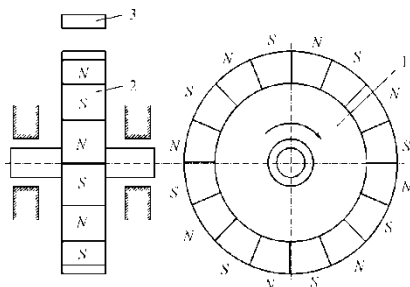


Рис. 3. Магнитная система с диском, содержащим ПМ:  
1 – диск; 2 – ПМ;  
3 – магниточувствительный элемент

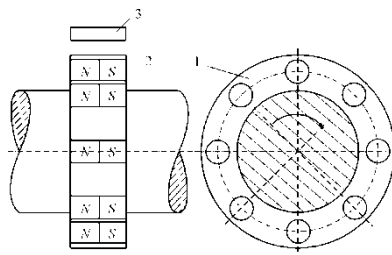


Рис. 4. Магнитная система ДЧВ гладкого вала с подвижным ПМ:  
1 – вал; 2 – ПМ;  
3 – магниточувствительный элемент

На рис. 3 показана МС, которая содержит диск (1), в который вмонтированы ПМ (2). У поверхности диска находится магнито-чувствительный элемент (3).

вительный элемент (3). Описанная МС может содержать несколько магниточувствительных элементов, на рис. 4 конструкция МС отличается от предыдущей тем, что на гладкий вал (1) крепится обойма с ПМ (2), которая вращается вместе с валом. Магнитное поле вращающихся ПМ регистрируется магниточувствительными элементами. В качестве данных элементов могут использоваться феррорезонансные, гальваномагнитные, иногда индукционные.

Для рассмотренных МС ДЧВ можно предложить обобщенную геометрическую модель МС, которая является основой математической модели МС и показана на рис. 5.

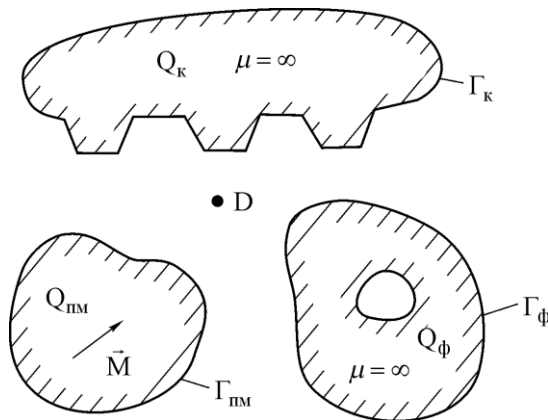


Рис. 5. Обобщенная модель МС ДЧВ

Область  $Q_{PM}$  представляет собой ПМ и характеризуется вектором намагниченности  $\vec{M}$ . Граница этой области  $\Gamma_{PM}$ . в зависимости от вида ПМ вектор намагниченности может быть  $Q_{PM} = const$  или изменяться в области  $Q_{PM}$ . Область  $Q_0 = R^3 / Q_{PM} \cup Q_\phi \cup Q_K$  заполнена немагнитным материалом, в ней в точке  $D$  располагается магниточувствительный элемент. Если МС имеет дополнительный ферромагнитный сердечник, то в обобщенной модели его представляет область  $Q_\phi$  с границей  $\Gamma_\phi$ , причем область  $Q_\phi$  может быть многосвязной. Область  $Q_K$  представляет собой какую-то часть ЗК, вала или диска. Существует соотношение:

$$Q_{PM} \cap Q_\phi \cap Q_K = \Phi.$$

При первом методе построения МС область  $Q_K$  перемещается относительно областей  $Q_\phi$  и  $Q_{PM}$ . При втором методе построения МС области  $Q_K$  и  $Q_{PM}$  жестко связаны друг с другом и синхронно переме-

щаются относительно  $Q_{ПМ}$ . При индукционном считывании информационного магнитного поля область  $Q_{ПМ}$  содержит обмотку, в которой индуцируется ЭДС выходного сигнала. Если съём информации осуществляется ФМЭ или гальваномагнитным датчиком, то последний помещается в точке  $D \in Q_0$ .

Из существующих конструкций ДЧВ наиболее перспективной является конструкция, содержащая в качестве источника магнитного поля постоянный магнит; рабочий магнитный поток сосредоточен в ферромагнитном магнитопроводе, а в качестве измерителя магнитной индукции используются или магниточувствительные элементы (феррозонды, датчики Холла) или индукционные обмотки.

По итогам анализа спроектированы образцы магнитных систем датчиков частоты вращения с улучшением метрологических характеристиками, разработана методика расчета магнитных систем датчиков частоты вращения, а так же создана математическая модель магнитного поля в рабочей области магнитной системы датчика частоты вращения.

### Л и т е р а т у р а

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий : справочник. – М: Машиностроение., 1986. – 488 с.
2. Bezkorovaynyy V. S., Branspiz M. U., Peter Mather, Yakovenko V. V. «Calculation of the magnetic field intensity in the core of ferroprobes induced by defect based on theorem of reciprocity» / V. S. Bezkorovaynyy, M. U. Branspiz, Peter Mather, V. V. Yakovenko // Вісник СНУ ім. В.Даля. – 2013. – № 3 (192). – С. 14–16.
3. Метод розрахунку магнітних датчиків діагностики зубчастих передач : [Електронний ресурс] / В. С. Безкоровайний, Таліб Сінан // Наукові вісті Далівського університету – 2013. – №10. Режим доступа к журналу [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nvdu\\_2013\\_10\\_12.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nvdu_2013_10_12.pdf)

## ФОРМУВАННЯ З'ЄДНУВАЛЬНИХ КІНЦІВОК ГІДРОПРОВІДІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

*Запорожець М.О.* – гр.. 401-ММ, [mariya.atamanchuk1512@gmail.com](mailto:mariya.atamanchuk1512@gmail.com)  
*Васильєв А.В.* – к.т.н., доцент, [523087@ukr.net](mailto:523087@ukr.net)

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

**Анотація.** Даний метод можна використовувати під час ремонту будівельних машин, а також обладнання до них. Ми описуємо процес вальцювання мідних труб підручним обладнанням, яке можна використати як на промисловості так і не в примислових масштабах. Для якісного розвальцювання труб треба досягти максимального тиску, а також повноцінного нагрівання, внаслідок обертання спеціального конуса, і, як наслідок утворення повноцінного тертя. З метою поліпшення пластичності металу при гарячому деформуванні в процесі вальцювання, здійснюється досягнення максимального тиску. Описується процес нагрівання та досягнення максимального тиску внаслідок обертання конуса, встановленого в електродрель. Наведено емпіричні формули, які визначають значення кута в зоні контакту, швидкість і частоту обертання. Зроблено висновки яким чином можливо досягти максимального тиску.

**Вступ.** У будівельних машинах чи обладнанні до них часто використовують з'єднання за допомогою мідних труб. Під час ремонту або заміні даних труб використовують такий метод як вальцювання. Іноді поблизу ми не маємо потрібного спеціального обладнання аби це зробити. Тому у данному випадку доцільно використати електродрель і розвальцювати трубу вручну.

**Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій.** Дане питання висвітлено авторами [1,2] у своїх публікаціях. Відображено подібні способи розвальцювання мідних труб і важливість альтернативного обладнання, яке можна використати не в промислових умовах. Але авторами не зображено, яким чином полегшити даний процес, при досягненні максимального тиску. Без деформації конусоподібних насадок.

**Постановка завдання.** Для вирішення цього питання потрібний сталевий конус, з кутом  $42^\circ$ , а також насадка під кутом  $90^\circ$ . Потрібно вручну розвальцювати мідну трубу, за допомогою електродрелі, а потім присадити краї труби, шляхов вдавлювання насадки. Необхідно надати торця мідній трубі потрібну форму, тобто, розширити його, зробити конусоподібним. Це потрібно, наприклад для забезпечення з'єднання

труби з фітингом в системах кондиціонування. Для цього застосовується вальцівка для мідних труб. У промисловому масштабі це робиться за допомогою прокатування по трубах високоміцних вальців. Ми ж розглянемо, як таку роботу виконати майже вручну. На рис. 1 зображено конус і насадку.

**Основний матеріал і результати.** Розглянемо загальний процес вальцювання, який доцільно використати: труби фіксують для знерухомилення і запобігання зсуву, після чого починають обкатувати спеціальним сталевим конусом, який насаджують на електродрель. При цьому в стінках труби створюються залишкові пластичні деформації, а на конусі пружні деформації, завдяки чому досягається необхідна міцність і герметичність вальцівного з'єднання. Для досягнення розвальцювання труби ми обертаємо конус для утворення максимального тиску, шляхом тертя стінки труби і конуса. Конус опускається в трубу за допомогою обертання в електродрелі. Виконуючи плавне вдавлення сталевого конуса в трубу. Вдається отримати потрібне розширення міді на кінці труби.

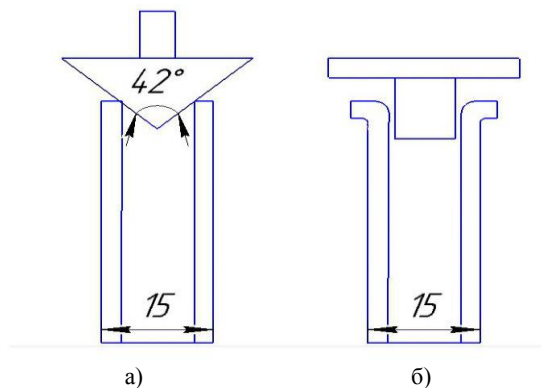


Рис. 1. Конус і насадка: а — конус для розвальцювання;  
б — насадка для вдавлення і присадки країв розвальцьованої труби

Як відомо вальцівні з'єднання успішно експлуатуються при робочих тисках до 8 МПа і температурах до 450°С. Разом з тим вони мають ряд вад. Явища повзучості і релаксації при високих температурах порушують герметичність з'єднання, у зв'язку з чим при робочих температурах понад 450°С для таких труб в подальшому варто використовувати комбіновані з'єднання. Щоб уникнути дефектів, потрібно чітко розуміти

яким повинна бути розвальцьована труба. На рис. 2 зображено якісну розвальцьовану трубу.

Для вальцювання конусом ми проводимо обертання його з частотою  $n$ , при відповідному тиску  $P$ . Досягаємо максимального тертя, потім притискаючи спеціальною прямокутною насадкою досягаємо розвальцювання мідної труби.

Таким чином застосувавши конусо-, прямокутноподібну насадки ми проводимо розвальцювання труби не в промислових умовах. На рис.3 зображено остаточний вигляд розвальцьованих мідних труб.



Рис. 2. Якісно розвальцьована труба: А — гладка дзеркальна поверхня, ширина розвальцьованої ділянки труби всюди по колу однакова; Б — край розвальцьованої ділянки труби рівний, без борозен і вм'ятин; В — чітка внутрішня кромка



Рис. 3. Зображення мідної труби після розвальцювання і конуса для розвальцювання

**Висновок.** Провівши ряд випробувань і проаналізувавши емпіричні формули, було встановлено, що при досягненні максимального тиску і при відповідному терті, мідну трубу можна розвальцювати без спеціального обладнання, а лише за допомогою електродрелі. Дане розвальцювання було зроблене з використанням двох насадок: першої — конусоподібної, з кутом при вершині  $45^\circ$ , другої — у вигляді П-подібного притискача ( кут дорівнює  $90^\circ$  ).

## Література

1. Полянський С.К., Жерновий А.С. Діагностика і технічне обслуговування будівельних машин. Практикум: Навчальний посібник / С.К. Полянський, А.С. Жерновий — К.: Либідь, 1995. — 321 с.
2. Скрябін С.О., Гунько І.В. Визначення поля температур у зоні контакту вальцьованих заготовок / С.О. Скрябін, І.В. Гунько // Машинобудування і транспорт. Вісник Вінницького політехнічного інституту — 2010. — № 6. — С. 108-122.
3. Лесько В.І. Прогнозні моделі надійності елементів гідроприводу будівельних машин // Техніка будівництва. — 2002. — № 11. — С. 90-95.
4. Назаренко І.І., Сердюк В.І., Лесько В.І. Основи організації використання і ремонту будівельної техніки. — К.: Леся, 2003. — 156 с.
5. Корсаков В.С. основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. — М.: Машиностроение, 1983. — 277 с.
6. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. — М.: Машиностроение, 1985. — 495 с.
7. Zamrik Sam Y. 2028 Vision for Mechanical Engineering / Sam Y. Zamrik. — NY.: Three Park Avenue, 2008. — P. 2-3.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДОБРОТНОСТІ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КАМЕРТОННОГО РЕЗОНАТОРА З НЕЛІНІЙНИМ ТЕРТЯМ

**Олійник О.Ю.** – к.т.н., доц., [oleinik\\_o@ukr.net](mailto:oleinik_o@ukr.net)

*Український Державний хіміко-технологічний університет,*

**Метою роботи є** розробка математичної моделі розрахунку добротності коливальної системи камертонного резонатора з нелінійним тертям при експериментальному визначенні добротності коливальної системи.

Роботи присвячені розрахунку добротності коливальних систем використовують рівняння коливань для резонаторів з лінійним в'язким тертям, коли узагальнена сила тертя залежить лінійно від узагальненої швидкості [1]. При цьому лінійна модель не завжди правильно відображає втрати енергії в системі [2]. У багатьох практичних завданнях залежність сил тертя від швидкості і амплітуди коливань має більш складний характер. У загальному випадку тертя є нелінійним [3].

Облік нелінійного тертя можна дещо спростити, якщо вважати, що форми прогинів резонатору не залежать від тертя, що правомірно для коливальних систем з великою добротністю.

Будемо вважати відомими власні форми коливань, тоді форми прогинів описуються наступним виразом:

$$u(y, t) = \sum U_r(y) S_{r(t)}, \quad (1)$$

де:

$$U_{r(y)} = \sin \frac{\lambda_r y}{l} - sh \frac{\lambda_r}{l} + \frac{ch \lambda_r + \cos \lambda_r}{\sin \lambda_r - sh \lambda_r} \cdot \left( \cos \frac{\lambda_r y}{l} - ch \frac{\lambda_r y}{l} \right),$$

$$S_r(t) = e^{-nt} (A_r \sin \omega_r^* t + B_r \cos \omega_r^* t),$$

$$\omega_r^* = \sqrt{\omega_\kappa^2 - n_r^2},$$

де  $U$  – вектор переміщення, що задає значення точки тіла з координатою  $y$  в момент часу  $t$ ;  $S$  – площа перерізу резонатору,  $r$  – радіус площини перерізу резонатора;  $l$  – довжина резонатору;  $\omega_\kappa$  – частота власних коливань резонатору;  $\lambda$  – довжина хвиль коливань резонатору;  $A$  і  $B$  – довільні постійні, що визначаються шляхом підстановки рівняння у межові умови;  $n$  – стала матеріалу.

Таким чином у всьому обсязі стержня за один період коливань розсіюється енергія, яку можна обчислити за наступною загальною формулою:

$$\psi_r = \beta E^{n+1} \Phi_r^{n+1} j^*(n) \int_0^l \left| \frac{d^2 U_r}{dy^2} \right|^{n+1} dy, \quad (2)$$

$$\text{де } j^*(n) = \int_s |u|^{n+1} ds.$$

У розробленій моделі енергію, що розсіюється можна визначити площею петлі гістерезису – в даному випадку площею еліпса:

$$\psi_M = b \Phi_M^{n+1}. \quad (3)$$

При цьому параметр  $b$  залежить від властивостей матеріалу, геометрії стрижня, власних форм коливань резонатора.

Визначимо для першої форми коливань добротність сталевго стрижня прямокутного перерізу з урахуванням тільки вузького гістерезисного тертя, вважаючи  $n = 2$ .

$$R_r = \int_0^{1,875r} |-\sin z - shz + 1,3622(\cos z + \sin z)|^3 dz = 7,0. \quad (4)$$

З урахуванням прийнятого значення  $U_1(l) = 2,7242$ ,  $\lambda_1 = 1,875$ , отримаємо:

$$\psi_1 = \kappa \beta E^3 \Phi_M^3 h e^4 l,$$

$$\text{де } \kappa = U_1^{-3}(l) \lambda_1^5 R^1 / 32.$$

Добротність  $Q$  визначаємо з урахуванням  $T_{\max} = \frac{1}{2} c_{33} \Phi_M^2$  за наступною формулою:

$$Q = 2\pi \frac{T_{\max}}{\psi_1} = 4\pi U_1^3 l^2 / 3\lambda_1 R_1 \beta \Phi_M e E^2.$$

За отриманим виразом  $Q$  можна обчислити добротність камерного резонатору з точністю до 0,1%. Для порівняльної оцінки потенційної точності отриманого виразу було визначено максимальну відносну похибку непрямих вимірювань добротності  $Q$  за виразом  $Q = \omega_r / \Delta\omega$ , яка склала 1,41%.

Таким чином, запропонована модель розрахунку добротності за амплитудним вимірюваннями з урахуванням пружно гістерезисного тертя має переконливі перспективи для використання при експериментальному визначенні добротності коливальної системи.

### Література

1. Lingcheng K. On the interaction between a quartz crystal resonator and an array of micro-beams in thickness-shear vibrations / K. Lingcheng, X. Xuan, Z. Jun, W. Yuxi, H. Yuantai // Acta Mechanica Solida Sinica. – 2015. – V. 28. – № 5. – P.464–470.
2. Теоретические основы проектирования трубчатых проточных резонаторов из кварцевого стекла. [Текст] / Ю.К. Тараненко, О.Ю. Олейник Минакова // Измерительная техника. – 2018. – Т. №3. – С. 71–75.
3. Zotov S. A. Quality factor maximization through dynamic balancing of tuning fork resonator/ S. A. Zotov // IEEE Sensors Journal. – 2014. – Vol. 14. – №. 8. – P.2706–2714.
4. Олейник О.Ю. Вибростержневые частотные преобразователи температуры [Текст] / О.Ю. Олейник, Ю.К. Тараненко, // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017. – Т. №3. – С58–64.

**Секція ЕНЕРГОСБЕРЕЖЕННЯ ТА  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ТЕХНІЦІ**

**МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИ-  
КУМУ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

*Бушинський А.В.* – гр. БЕЕ-14, студент  
*Кравченко О.П.* – к.т.н., доцент, [olgakravchenko111@gmail.com](mailto:olgakravchenko111@gmail.com)  
*Шведчикова І.О.* – д.т.н., проф., [ishved@i.ua](mailto:ishved@i.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

**Метою роботи** є розробка методичного забезпечення лабораторного практикуму з енергозбереження.

Широке застосування енергоефективних технологій, яке відбувається в різних сферах нашого життя, потребує висококваліфікованих спеціалістів з розробки та впровадження відновлювальних джерел енергії, енергоефективних систем електро-, тепло- та водопостачання тощо. У Київському національному університеті технологій та дизайну (КНУТД) з метою формування інноваційної інфраструктури у галузі енергозбереження та новітніх енергоефективних технологій на засадах партнерської взаємовигідної співпраці з провідними науково-технічними групами та компаніями створено навчально-наукову лабораторію (ННЛ) «Центр енергоефективності». Однією з головних задач Центру є виховання нового покоління молодих фахівців, у яких ощадливе ставлення до енергоресурсів буде покладене в основу професійної та освітньої діяльності. Для вирішення цієї задачі будуть залучені діючі зразки сучасного технологічного обладнання, які встановлені в навчальних лабораторіях Центру, зокрема: приливно-витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла, фотоелектричні модулі, освітлювальні прилади, теплові лічильники, насосні системи тощо.

Проведення навчальних занять на сучасному обладнанні потребує розробки інструктивно-методичних матеріалів до лабораторних занять як одного з основних компонентів науково-методичного забезпечення навчального процесу. Такі матеріали мають висвітлювати [1]: тему заняття; його цільове призначення, сформульоване як триєдина його мета (дидактична, розвивальна та виховна); перелік питань, які

підлягають розгляду на занятті; хід заняття; контрольні запитання для перевірки обсягу та рівня засвоєного навчального матеріалу; критерії оцінювання роботи студентів на занятті. У прив'язці до технологічного обладнання Центру розробляються інструктивно-методичні матеріали до наступних лабораторних робіт з енергозбереження: «Дослідження технічних характеристик електричних джерел світла», «Дослідження параметрів сонячної батареї в залежності від опорів навантаження», «Дослідження принципів роботи фотоелектричної системи електроспоживання» тощо.

Таким чином, методичні матеріали до виконання лабораторних робіт будуть сприяти кращій організації навчального процесу, формуванню у студентів навичок практичної роботи на сучасному енергоефективному обладнанні.

### **Л і т е р а т у р а**

1. Жорнова О. Науково-методичне забезпечення навчального процесу у вищій школі: усталені нормативи та сучасні вимоги / Олена Жорнова, Ольга Жорнова // Вісник Книжкової палати. – 2012. – № 2. – С. 1-4.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОБЩЕГО ИНДЕКСА ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА**

*Усманова Э.А.* – специалист IT, ООО «КРКА Украина»,  
[ee1iausmanova@gmail.com](mailto:ee1iausmanova@gmail.com)

*Голубева С.М.* – ст. преп. ВНУ им. В. Даля, [glbvnu@rambler.ru](mailto:glbvnu@rambler.ru)

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

**Целью работы** является вопрос результатов влияния излучения источников света на цвет поверхностей. Для этого необходимо провести сравнительный анализ основных колориметрических параметров, характеризующих источник света.

Споры о природе цвета и воздействии его на психику человека действительно имеют давнюю историю. Известно, что цвет как свойство лучистой энергии видимой части спектра является мощным биологическим фактором, оказывающим в одном случае стимулирующее влия-

ние на человека, на восприятие им информации из внешней среды, в другом – угнетающее. Как показывают исследования, в условиях дневного зрения глаз способен различать более 150 оттенков цветов, соответствующих равноярким излучениям различных длин волн.

Полная характеристика цвета должна включать в себя наряду с качественными показателями и количественный показатель, которым является яркость (или световой поток) оцениваемого излучения. Сам предмет не имеет цвета. Человек воспринимает цвет лишь в том случае, если будет обеспечено соответствующее освещение. Цвет и свет неразрывно связаны. Один и тот же монохроматический световой поток может вызвать различное ощущение цвета в зависимости от яркости излучения. Изменение цвета поверхностей при их освещении лампами различных типов приведено в таблице 1.

Следовательно, любой цвет следует рассматривать как результат действия излучения на глаз, определяемый тремя показателями: цветовым тоном, чистотой цвета и яркостью (световым потоком) излучения.

Излучение различных ИС значительно отличается от дневного света, что искажает цветопередачу. Поскольку искусственные ИС предназначены для воспроизведения естественного излучения, то определение ряда колориметрических параметров источников света базируется на сопоставлении с черным телом. Одним из основных параметров, который определяет цвет ИС является его цветовая температура  $T_{\text{цв}}$ . Это температура черного тела, при которой его излучение имеет такую же цветность, как и рассматриваемое излучение. Вторым параметром, характеризующим цветопередачу является общий индекс цветопередачи  $R_a$ . Максимальное значение коэффициента  $R_a$  составляет 100 (солнечный свет или источник с такой же цветопередачей как у опорного источника). Источники света по качеству цветопередачи разделяются на три класса: высокого ( $R_a \geq 85$ ), среднего ( $85 > R_a \geq 70$ ) и низкого ( $R_a < 70$ ) качества. В зависимости от цвета света лампы делятся на три группы: теплого (2000÷3000К), нейтрального (3300÷5000К), холодного (от 5000К). Значения цветовой температуры и индекса цветопередачи ИС приведены в таблице 2 [1,3].

Выбор ИС для местного и общего освещения основан, главным образом, на выполнении требований экономичности установки и правильной цветопередачи.

Таблица 1

**Изменение цвета поверхностей при их освещении искусственными источниками света**

Цвет поверхности при солнечном свете	Цвета поверхности при освещении лампами					
	накаливания	ЛДЦ	ЛБ	ЛТБ	ЛХБ	ДРЛ
Красный	Красный с большей насыщенностью	Красный	Красный светлый	Красный яркий	Более красный с синим оттенком, темнеет	Оранжево-красный более насыщенный
Оранжевый	Оранжево-красный светлый	Оранжевый	Желтеет	Оранжевый, более яркий	Оранжевый, грязнеет и темнеет	Желтый, более насыщенный
Желтый	Желтый, более светлый, более чистый	Желтый	Желтый	Желтый, более светлый, менее чистый	Желтый, светлый, приобретает зеленоватый оттенок	Зеленова-то-желтый
Желто-зеленый	Желтеет	Желто-зеленый	Желто-зеленый, более светлый	Желтеет	Желто-зеленый	Зеленова-то желтый, светлый
Зеленый	Зелено-желтый	Зеленый	Зеленый	Зеленый с оливковым оттенком	Зеленый темный	Желто-зеленый
Голубовато-зеленый	Становится серым	Голубовато-зеленый	Голубовато-зеленый, темнеет	Желтеет и блекнет	Сине-зеленый	Серо-зеленый
Голубой	Синеет	Голубой	Синеет	Темнеет, синеватый оттенок	Серо-голубой	Серо-синий
Синий	Синий с красноватым оттенком	Синий	Синий с пурпурным оттенком	Синий, светлый с синеватым оттенком	Слегка красноватый оттенок	Серовато-фиолетовый, более насыщенный

Фиолетовый	Краснеет	Фиолетовый	Розовеет	Фиолетовый с розовым оттенком	Серый	Фиолетовый
Серый	Серый с желто-оранжевым оттенком	Серый	Серый	Слегка краснеет	Серый	Розовеет

Для ламп накаливания (ЛН) в видимом излучении преобладают оранжево-красные лучи. Цветопередача, обеспечиваемая люминесцентными лампами (ЛЛ), более благоприятна по сравнению с другими газоразрядными лампами (ГЛ). Недостатком является меньшее излучение в красной области спектра, наличие голубых и зеленых линий ртутного разряда и избыточное излучение в желтой области спектра. Для повышения  $R_a$  используются ЛЛ с улучшенной цветопередачей. Подбирая соответствующее наполнение и условия разряда газоразрядных ламп, удастся создавать высокоэффективные источники излучения практически в любой части не только видимого, но также УФ и ИК спектров.

Таблица 2

**Значения цветовой температуры и индекса цветопередачи источников света**

Тип источника света	Общий индекс цветопередачи $R_a$	Цветовая температура $T_{цв}$ , К
Лампы накаливания:	$\geq 85$	2500-2800
-галогенные		2650
КГГО220-2500		3000-3200
КГМ30-300	90	
Люминесцентные лампы:	60-65	3500
ЛБ15-80	63-77	6000-6500
ЛД15-80	82-90	6000-7000
ЛДЦ15-80	65-68	4200-4500
ЛХБ15-80	52	2900-3000
ЛТБ15-80	85	3200-4200
ЛЕЦ36, ЛЕЦ58,	88-90	2700-3000
ЛЕЦ65	90-93	6000
ЛТБЦ40	90	5000-6000
ЛДЦУФ40	95	2650-2750
ЛХЕ40, ЛХЕЦ40		
ЛТБЦ15-40		

Газоразрядные лампы высокого давления:		
ДРЛ6-80-1000	45	4000-5000
ДРИ(Na,Sc)125-3500	55-60	3600-4600
ДРИ(Na,In,Tl)250-2000	55-80	5000-6000
ДРИШ575-3500	80-90	6000
ДНаТ50-400	21-24	2400
Светодиодные модули	80	5250-6250

### **Выводы**

1. Для внутреннего и наружного освещения могут применяться ЛН, в том числе галогенные ЛН, и ГЛ: ЛЛ и ГЛ высокого давления, к числу которых относятся лампы ДРЛ, МГЛ, НЛВД, ДКсТ.

2. Важным колориметрическим параметром характеризующим источник света является цветовая температура  $T_{\text{цв}}$  и общий индекс цветопередачи  $R_a$ .

3. Для местного освещения рекомендуются ЛН.

4. Для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно ГЛ. При необходимости допускается применять в одном помещении ЛН и ГЛ.

5. ЛЛ рекомендуется применять для внутреннего освещения большинства административных, учебных, лечебных и лабораторных помещений. В помещениях, где требуется правильная цветопередача.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике//Ю.Б. Айзенберг - М.: Энергоатомиздат.-1983.-472с.
2. Епанешников М.М. Электрическое освещение//М.М. Епанешников. - М.: «Энергия». – 1973. – 352с.
3. Пилипчук В. Колір у світлотехніці//В. Пилипчук: Світло. - Київ. - 2004. - с.50-52.

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СЗШ

*Шевкун Р.Ю.* – гр. ЕТ-151, [publik9511@gmail.com](mailto:publik9511@gmail.com)  
*Литовка Я.О.* – гр. ЕК-151, [yanochkalitovka@gmail.com](mailto:yanochkalitovka@gmail.com)  
*Жидков А.Б.* – к.т.н., доц., [zhand.cmw@ukr.net](mailto:zhand.cmw@ukr.net)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи** є встановлення зв'язку між енергоспоживанням середніх загальноосвітніх шкіл та зовнішніми факторами для розробки методики оцінки їх енергоефективності.

В якості основної гіпотези було розглянуто судження, що енергоспоживання (електроспоживання та теплоспоживання в опалювальний період) знаходяться в залежності від зовнішніх факторів, які було згруповано в 4 групи:

- клімато-метеорологічні показники;
- техніко-будівельні показники;
- енергоозброєність;
- організаційні особливості.

На думку авторів ці групи охоплюють всі значущі зовнішні фактори, що можуть вплинути на енергоспоживання. Є ще група факторів, які не входять до вищенаведених, і які умовно було позначено як «стиль споживання», тобто це внутрішні фактори, які визначають саме спосіб споживання енергії, який склався в організації.

Дослідження було проведено на базі двох загальноосвітніх шкіл м. Северодонецька СЗШ №17 та СЗШ № 18 при сприянні департаменту економічного розвитку і відділу освіти Северодонецької міської ради в межах виробничої практики студентами, які залучені до роботи у Ресурсному центрі зі сталого розвитку при СНУ ім. В. Даля в співпраці з кафедрою електричної інженерії СНУ ім. В. Даля.

В якості вихідних даних використовувалися кількість спожитою за добу електроенергії та тепла, за 2017 рік. Для оцінки клімато-метеорологічних факторів використовувалася база даних про погоду в м. Северодонецьку за 2017 рік, а саме: середня температура на вулиці вдень, тривалість світового дня, рівень хмарності, напрям та швидкість вітру.

Було проведено обстеження електрообладнання СЗШ та обстеження стану стін, покрівлі підвалу, вікон, окремо по фасадах, вхідних груп, заміри освітлення в типових приміщеннях, складення карти «ае-

родинамічної тіні» від оточуючих споруд. Загальні відомості про клімато-метеорологічні фактори та будівельні відомості про СЗШ наведено у табл. 1 та 2.

Таблиця 1  
**Екстремальні та середні значення клімато-метеорологічних факторів**

<b>впродовж року</b>				
Значення	Денна температура, °С	Хмарність, балів	Тривалість світового дня, год	Швидкість вітру, м/с
Мінімум	-14	0	8,235833	1
Максимум	39	1	16,19778	9
Середнє	14,14	0,63	12,26	2,73

Проведений розрахунок середнього опору теплопередачі зовнішніх стін для СЗШ (однакові матеріали та товщина) показав, що він становить 0,63 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, що практично в 5 разів менше значення яке вимагає ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» для Луганської області [1].

Таблиця 2  
**Будівельні відомості про СЗШ**

Об'єкт	Рік забуд.	Кільк. поверхів	Площа забудови, м <sup>2</sup>	Площа опалюв., м <sup>2</sup>
СЗШ №17	1981	2-3	10847,2	7087,8
СЗШ №18	1985	3	9360,4	6845,4

Заміри рівня освітлення показав, що є багато зон, де рівень освітлення, не відповідає встановленим нормам [2].

Загальні показники енергоозброєності СЗШ наведено в табл. 3.

Таблиця 3  
**Енергоозброєність СЗШ**

Об'єкт	Максимальна споживна потужність, кВт·год (%)			
	Освітлення	Обл. кухні	Інше електрообл.	Разом
СЗШ № 17	63,4	53,85	32,34	149,59
СЗШ № 18	80,9	55,3	47,25	183,45

Необхідно відмітити, що дах та підвал в СЗШ знаходяться в кращому стані, ніж у СЗШ № 17.

Далі проводився кореляційний аналіз для отримання тісноти зв'язку між параметрами, що використовували.

Аналіз дав наступні **результати**:

Вхідні величини не є незалежними. Температура та тривалість світлового дня є взаємо пов'язаними параметрами, що природньо. Організаційний фактор, який має два значення (1 – є заняття; 0 – заняття немає, однозначно впливає на енергоспоживання, що цілком зрозуміло) Для інших факторів коефіцієнтів кореляції більших за модулем 0,5, які б свідчили про наявний зв'язок між вхідними величинами та електроспоживанням виявлено для навчального року та канікул не було. Загалом, якщо оцінити суму абсолютних значень коефіцієнтів кореляції для об'єктів вони не перевищать 0,36-0,37, це опосередковано свідчить, що за стан вихідної величини «електроспоживання» переважно (на 63-64 %) відповідає фактори, які не розглянуті в моделі. Таким чином, на підставі проведеного аналізу, можна зробити висновок, що споживання електроенергії в досліджених об'єктах мало залежить від реальних потреб в ній. Це свідчить про поганий стан системи управління енергоспоживанням. Основними причинами є застаріле обладнання, відсутність засобів автоматичного управління освітленням, мала кількість вимикачів та застарілий стиль енергоспоживання.

СЗШ № 18 споживає тепла в середньому на 19 % менше, ніж СЗШ № 17, при практично однаковій опалювальній площі. Кореляційний аналіз показав наявність зв'язку між температурою та кількістю спожитого тепла. Причому для СЗШ № 17 він більш тісний, ніж для СЗШ № 18 (0,75 та 0,53 відповідно).

Зв'язку між споживанням тепла та електрики не виявлено. Інші фактори також впливають на споживання тепла незначно. Можна зробити **висновок**, що на досліджених об'єктах відсутня реальна можливість регулювання теплоспоживання і можливості для запровадження енергозберігаючих заходів без додаткових інвестицій.

#### Література

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-04-01]. Київ, 2017. 30 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення . [Чинний від 2006-10-01]. Київ, 2006. 78 с. (Інформація та документація).

## **Секція: ІННОВАЦІЇ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ DIALUX EVO ПРИ АНАЛИЗЕ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

*Лантєв А.В.* – гр. ЕСЕ-16зм, магістр, [lawworkemail@gmail.com](mailto:lawworkemail@gmail.com)

*Голубєва С.М.* – ст. преп. ВНУ ім. В. Даля, [glbvnu@rambler.ru](mailto:glbvnu@rambler.ru)

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

**Целью работы** является анализ современных программ расчета мощности ламп и количества светильников, проектирования и расчета внутренних инженерных систем освещения с учетом применения современных LED источников света.

От освещенности зависит здоровье, сопротивляемость стрессам, усталости, физическим и умственным нагрузкам. Наше зрение напрямую зависит от количества света в помещении. Основным нормируемыми показателями являются освещенность на рабочем месте, общий индекс цветопередачи, коэффициент пульсаций освещенности.

Перед началом монтажа освещения, стоит определиться со схемой расположения светильников, а также определить какой мощности должны быть источники освещения. На первый взгляд, это несложная задача, но от ее выполнения зависит, как уровень освещенности, так и экономия средств, затрачиваемых на оплату потребления электроэнергии. Трудоемкий процесс составления схемы и определение мощности можно упростить, воспользовавшись специальными программами.

Проанализируем простейшие программы для светотехнических расчетов:

1. Одной из лучших программ для расчета мощности ламп и количества светильников онлайн-калькулятор, который предлагает компания «Световые технологии» (Россия). Для использования нужно заполнить форму на ресурсе и выбрать необходимый тип светильников. Нажать на кнопку «рассчитать» и получить необходимые данные.

2. Следующая программа называется «Формула света» разработанная светотехнической компанией "Электро" (Россия). Она также вы-

полняет расчет освещения и обладает схожими функциями. Единственное ее отличие, это оформление интерфейса. Предложенная форма для внесения исходных данных также проста и понятна.

Однако эти программы хороши при решении небольших задач. Для анализа освещенности помещений производственного цеха они малоэффективны.

3. Autodesk Revit MEP (США) - это специализированное решение, предназначенное для проектирования и расчета внутренних инженерных систем, а также выпуска документации по ним. В его основе лежит технология информационного моделирования зданий (BIM). Ключевые возможности Revit MEP позволяют выпускать рабочую документацию, выполнять расчеты, проводить операции моделирования, а также обеспечивают широкие возможности для совместной работы.

В Autodesk Revit MEP реализована возможность совместной работы над проектами в параметрической среде моделирования. Есть несколько режимов совместной работы, в том числе общий доступ к проектным данным в реальном времени, формальное распределение проекта на рабочие наборы, а также полное разбиение проекта на отдельные элементы и системы.

4. Программа Europic 9 (Европа). Приложение разработано Европейским подразделением GE Lighting на базе программного пакета Litestar. Полная фотометрическая база данных светильников и прожекторов GE (General Electrics) трехмерное моделирование с использованием встроенных библиотек компонентов; расчет освещенности и яркости в любой плоскости; расчет цилиндрической и полуцилиндрической освещенности; расчет показателя ослепленности; вывод результатов в требуемой форме: кривые изолукс, диаграммы пятна и трехмерные диаграммы; генерация цветных изображений, близких к фотореалистичной.

5. Пакет программ CalcuLux (Нидерланды) от лидера среди производителей светодиодных ламп, бренда Philips. Программа, а точнее пакет программ, разработанный ведущим мировым производителем светотехники Philips, позволяет рассчитать освещенность промышленных объектов, спортивных площадок, дорог и других внешних зданий.

Выполнение расчетов на произвольной плоскости; расчет освещенности плоскости; расчет полуцилиндрической освещенности; расчет полусферической освещенности; расчет яркости расчет яркости вуалируются плащаница расчет индекса блеклости; расчет яркости дорожного покрытия; расчет равномерности в вертикальной плоскости и многие другие.

Эти программы достаточно объемны по своему функционалу и требуют значительного времени для их изучения. Хотя при определенном стремлении и затраченном времени на изучение пользователь получит достаточно мощный и гибкий инструмент для своей работы, избавится от решения трудоемких рутинных задач.

6. Исходя из анализа программ, которые работают над созданием сложных моделей хотелось бы выделить программу расчета и визуализации освещения DIALux EVO (Германия). Она в отличии от остальных имеет достаточной простой и легкий в понимании, освоении функционал и интерфейс. Главное ее достоинство она является бесплатным программным продуктом.

Разработана немецкой компанией DIAL GmbH программа Dialux на сегодняшний день является одной из наиболее универсальных и поэтому распространенных программ. Большинство производителей светотехнической продукции во всем мире имеют свои базы данных светильников для работы с программой.

Программа позволяет рассчитывать внутреннее и наружное освещение при заданном типе, количестве светильников и их расположении. При расчете учитывается геометрия помещений, цвет и текстура поверхностей, а также расставленная в помещении мебель, объекты. Наибольшим спросом среди результатов расчета является графическое изображение распределения освещенности по рабочим поверхностям и общий трехмерный вид освещаемого помещения. Кроме того, можно получить изолинии постоянной освещенности, таблицу и график освещенностей, ведомость светильников и их паспортные данные.

Производя анализ и расчет освещения производственного цеха с помощью программы Dialux EVO, с использованием современных LED источников света, можно получить следующую выходную документацию:

- 3D модель здания цеха с расположением светильников;
- цветовую схему освещенности помещений. Схема отражает распределение освещенности (Лк) в помещениях и на рабочих поверхностях;
- план помещения цеха с расположением технологического оборудования и указанием мест расположения рабочих поверхностей, требующих качественной освещенности;
- информация о наименовании помещений, освещенности (Лк), типов светильников и их количество, степень защиты и т.д.

**Выводы.** Из рассмотренных программ расчета мощности ламп и количества светильников, проектирования и расчета внутренних инже-

нерных систем освещения наиболее актуальной является DIALux EVO (Германия). Имеет достаточно простой и легкий в понимании, освоении функционал и интерфейс. Позволяет получить все необходимые данные по освещенности помещений, а также по подбору и количеству светильников. Обладает наглядностью и простотой в использовании. Из немаловажных достоинств - DIALux EVO является бесплатным программным продуктом. Данная программа наиболее подходит для решения актуальных задач по проектированию освещения производственных и социальных объектов строительства.

#### **Л и т е р а т у р а**

1. AUTODESK® REVIT Building, Учебное пособие Autodesk, Inc. 111 McInnis Parkway San Rafael, CA 94903 USA – 1048 с.
2. DIALux Версия 4.2, Стандартное программное обеспечение для расчета расположения освещения, 2006 DIAL GmbH Gustav-Adolf-Strasse 4 58507 Ludenscheid, Перевод на русский язык, Иванов С.Ю., 2006. – 242 с.
3. Кудашкина М. В. Современные программные средства для оценки светотехнических характеристик осветительных устройств/М.В. Кудашкина. – Саранск: Научно исследовательский мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева, 2007.

### **ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ЩІТКОВО-КОЛЕКТОРНОГО ВУЗЛА МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

**Недов І.Д.** – гр. ЕСЕЗА-СК17, [igorzzz98@gmail.com](mailto:igorzzz98@gmail.com)

**Губаревич О.В.** – к.т.н., доц., [oleg.gbr@ukr.net](mailto:oleg.gbr@ukr.net)

*Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут водного транспорту імені  
гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного*

Згідно експлуатаційної статистики по експлуатації машин постійного струму найбільша частина відмов доводиться на щітково-колекторний вузол та в середньому складає 52–66%. Основною причиною цих відмов складає знос елементів ковзаючого контакту - щітка і колектор, затягування ламелей, знос бічних поверхонь щіток, підвищене іскріння, перекидання по колектору і круговий вогонь.

Великий вплив на знос колекторів надають умови роботи (ступінь іскріння, нагрів в контакті та ін.), швидкість ковзання і величина тиску

щіток на поверхню та щільність струму в щітках. При надмірному натисканні щіток різко збільшується сила тертя між щітками та колектором, що приводить до підвищеного нагріву і зносу його поверхні (механічний знос). У випадку слабого натискання між щітками і колекторними пластинами виникає інтенсивне іскріння, що призводить до швидкого зносу колекторних пластин (електричний знос). При правильній установці на нейтраль іскріння щіток в процесі експлуатації виникає через їх вібрацію при взаємодії зі зношеною поверхнею колектору.

Основні причини незадовільної роботи колектору наступні:

- порушення циліндрової поверхні колектора, викликане поганою якістю шліфовки, або виробленням із за надмірного натиснення щітки,
- виступання міканіту;
- неправильне притирання щіток;
- неправильне розставляння щіток;
- не відповідна величина натиснення щіток;
- ослабіння щіток в гніздах;

Великий вплив на роботу колектора надає конфігурація і матеріал щіток. Щітка є активним елементом комутованого контура, тому розширення функціональних можливостей її і підвищення ресурсу є актуальним завданням і представляє науковий і практичний інтерес. У даний час проводяться дослідження за розрахунком швидкості зносу щіток різної форми з різних матеріалів для можливості прогнозування їх ресурсу (зносу). Відчутні в даний час труднощі, пов'язані з подальшим підвищенням експлуатаційної надійності щітково-колекторного вузла машин постійного струму, пояснюються тим, що відомі способи поліпшення якості їх комутації вже, практично, себе вичерпали. Для вирішення цього важливого і актуального завдання необхідна розробка нових конструктивних рішень по струмоznімному вузлу за рахунок подальшого вдосконалення матеріалу і форми безпосередньо щіток, а також розробка нових конструкцій щіткотримачів з вживанням спеціальних датчиків контролю сили натиснення щітки на поверхню колектора з можливістю оперативного регулювання натиснення у міру стирання і зменшення робочої довжини щітки.

Актуальність такого напрямку по підвищенню надійності щітково-колекторного вузла підтверджують сучасні розробки світових виробників по створенню нових різновидів щіток і щіткотримачів. Відомі виробники - крупна британська компанія Morgan Advanced Materials (LSE: MGAM), компанія Morgan Advanced Materials, Schunk Kohlenstofftechnik GMBH, Mersen та ін. [2 -4] розробляють нові конструкції щіткотримачів з врахуванням сучасних вимог та нові різновиди щіток для електричних

машин, які використовуються як в електричних транспортних засобах так і в гірничодобувній, аерокосмічній, енергетичній, машинобудівній промисловостях та для міського транспорту і морських судів. Крім того, ці компанії активно удосконалюють існуючі електрографітові і металографітні щітки МГ, МГСО, а весь ряд типів щіток, що випускаються для електричних машин, включає також і просмолені, бакелітографітові, обмідненні та посріблені [3].

В результаті проведеного аналізу стану питання підвищення надійності та покращення роботи щітково-колекторного вузла сформульовані конструктивні напрямки, які заключаються в необхідності розробки щітки, яка мала б більший ресурс і в той же час не розвивалась істотно її вартість при підвищеній зносостійкості, а також щіткотримача того, що створює або контролюючого постійну силу натиснення щітки на колектор.

### Література

1. Кутін В.М. Діагностика електрообладнання: навчальний посібник/ В. М. Кутін, М.О. Люхін, М.В. Кутіна.– Вінниця: ВНТУ, 2013.–161 с.
2. Офіційний сайт компанії «Morgan Advanced Materials» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.morganspecialtygraphite.com/en-gb/products-and-materials/>
3. Офіційний сайт компанії «Schunk Kohlenstofftechnik GmbH» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.schunk-group.com/en/company/about-schunk/>
4. Офіційний сайт компанії «Mersen» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://www.mersen.com/markets/process-industries>

### МЕТОДИ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ

<sup>1</sup>*Романченко Ю.А.* – викладач, [romanchenkojulia@i.ua](mailto:romanchenkojulia@i.ua)

<sup>2</sup>*Шведчикова І.О.* – д.т.н., проф., [ishved89@gmail.com](mailto:ishved89@gmail.com)

<sup>1</sup> *Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*  
<sup>2</sup> *Київський національний університет технологій та дизайну*

**Метою роботи** є огляд методів пошуку оптимальних параметрів, які застосовуються в інженерній практиці.

Вивченням проблем, пов'язаних з вибором оптимальних параметрів, займаються теорія дослідження операцій і теорія прийняття рішень.

Методи пошуку оптимальних параметрів розглядають в розділах класичної математики, пов'язаних з вивченням екстремумів функцій, в математичному програмуванні. Однак рішення тут – математичний об'єкт, основною властивістю якого є те, що він доставляє екстремум заданій функції або функціоналу. Найчастіше оцінка рішення проводиться по одному аспекту або критерію. На практиці рішення потрібно оцінювати з різних точок зору, з огляду на фізичні (габарити, вага), економічні (вартість, ресурсомісткість), технічні (реалізовані функції) та інші аспекти. Це вимагає побудови моделей оптимізації рішень одночасно за декількома аспектами або критеріями. Потрібно ввести критерій оптимальності, який визначає поняття оптимального рішення. Оскільки оптимальність рішення навіть в одній і тій же ситуації може розумітися по-різному, вид принципу оптимальності в моделях прийняття рішень заздалегідь не фіксують [1].

Методи оптимізації класифікують за рядом ознак [2]:

1. В залежності від числа керованих параметрів розрізняють методи *одновимірної* і *двовимірної* оптимізації, в перших з них керований параметр єдиний, в других розмір вектора  $X$  не менше двох. Реальні завдання зазвичай багатовимірні, методи одновимірної оптимізації відіграють допоміжну роль на окремих етапах багатовимірного пошуку.

2. Розрізняють методи *умовної* і *безумовної* оптимізації за наявністю або відсутністю обмежень. Для реальних завдань характерна наявність обмежень, проте методи безумовної оптимізації також представляють інтерес, оскільки завдання умовної оптимізації за допомогою спеціальних методів можуть бути зведені до завдань без обмежень.

3. Залежно від числа екстремумів розрізняють завдання одно- і багатоекстремальні. Якщо метод орієнтований на визначення будь-якого локального екстремуму, то такий метод відноситься до *локальних* методів. Якщо ж результатом є глобальний екстремум, то метод називають методом *глобального пошуку*. Задовільні по обчислювальній ефективності методи глобального пошуку для загального випадку відсутні і тому на практиці використовують методи пошуку локальних екстремумів.

4. Залежно від того, використовуються при пошуку похідні цільової функції по керованим параметрам чи ні, розрізняють методи декількох порядків. Якщо похідні не використовуються, то має місце метод *нульового порядку*, якщо використовуються перші або другі похідні, то відповідно метод *першого* або *другого порядку*. Методи першого порядку називають також *градієнтними*.

До методів *одновимірної оптимізації* відносяться методи дихотомічного поділу, золотого перетину, чисел Фібоначчі, поліноміальної апроксимації, послідовного перебору і ряд їх модифікацій.

*Методи безумовної оптимізації.* Серед методів нульового порядку в інженерній практиці знаходять застосування методи Розенброка, конфігурацій (Хука-Дживса), багатогранника, що деформується (Нелдера-Міда), випадкового пошуку. До методів з використанням похідних відносяться методи найшвидшого спуску, спряжених градієнтів, змінної метрики.

Серед *методів пошуку умовних екстремумів* виділяють метод множників Лагранжа, метод штрафних функцій. Серед методів штрафних функцій розрізняють методи внутрішньої (або метод бар'єрних функцій) і зовнішньої точки.

Конкретні методи визначаються наступними факторами:

- способом обчислення напрямку пошуку;
- способом вибору кроку;
- способом визначення закінчення пошуку.

Визначальним фактором є перший з перерахованих в цьому списку.

При пошуку оптимальних параметрів з ряду структур найбільш простим і надійним виявляється метод повного перебору [3]. Цей метод, який передбачає використання ЕОМ, полягає в послідовному уточненому розрахунку кожної структури з певної області варіантів однотипної конструкції. Частина з них потім відкидається по різного роду обмеженням. Решта конкурентних варіантів порівнюються за приведеними витратами з метою вибору найкращого варіанту.

**Висновки.** Огляд методів пошуку оптимальних параметрів показав, що в інженерній практиці широко використовуються методи одновимірної оптимізації, до яких відноситься метод послідовного перебору.

#### Л и т е р а т у р а

1. Макаров И.М. Теория выбора и принятия решений. – М.: Наука, 1982. – 328с.
2. Норенков И.П. Системы автоматизированного проектирования. – М., 2000. – 188 с.
3. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. – М. Химия, 1983. – 272с.

**Секція: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ  
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РАЗМЕЩЕНИЮ К РАЗМЕЩЕНИЮ  
РАЗНОГАБАРИТНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА МОНТАЖНОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ**

*Антощак А.Д.* – гр. РЭА – 14д, бакалавр  
*Ганжа С.Н.* – доц., [sng1@i.ua](mailto:sng1@i.ua)

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

Большая часть известных алгоритмов основывается на минимизации суммарной длины цепей, при этом за длину цепи принимается полупериметр прямоугольника, охватывающего все контакты цепи. В результате применения такой целевой функции, нередко оказывается, что при последующей трассировке, в некоторых областях монтажной поверхности нужно будет провести слишком большое количество цепей. В итоге, возможно, придётся проводить ручную доработку проекта трассировки, или использовать больший размер монтажной поверхности. То есть, в этих алгоритмах, качество автоматизированного размещения может оказаться низким, и неудовлетворяющим требованиям практики.

Данная работа посвящена попытке, формализовать эту идею, на основе понятия о плотности цепи. Авторами исследовался эвристический алгоритм формирования ортогонального дерева Штейнера для контактов цепи, и исследовались его статистические характеристики. В процессе этого исследования было установлено, что длина дерева Штейнера статистически связана с среднеквадратическими отклонениями контактов цепи по осям X и Y, следующими соотношениями.

$$M_x(c) = (\sum X_i(c)) / N(c); \quad (1)$$

$$M_y(c) = (\sum Y_i(c)) / N(c); \quad (2)$$

$$\sigma_x(c) = \sqrt{(\sum X_i^2(c) - \sum X_i(c))^2 / N(c)} / N(c); \quad (3)$$

$$\sigma_y(c) = \sqrt{(\sum Y_i^2(c) - \sum Y_i(c))^2 / N(c)} / N(c); \quad (4)$$

$$L(c) = (\sigma_x(c) \times \sqrt{N} + \sigma_y(c) \times \sqrt{N}) \times (1,5 \pm 0,14); \quad (5)$$

где  $X_i(c)$  и  $Y_i(c)$  - координаты  $i$ -го контакта цепи  $C$  по осям  $X$  и  $Y$ ;

$N(c)$  - число контактов цепи  $C$ ;

$M_x(c), M_y(c)$  - математические ожидания координат контактов цепи  $X$  и  $Y$ ;

$\sigma_x(c), \sigma_y(c)$  - несколько изменённые среднеквадратические отклонения контактов цепи от математических ожиданий;

$L(c)$  - длина дерева Штейнера, построенного по контактам цепи.

С целью проверки адекватности предложенной оценки реальной длине цепи, было проведено моделирование на ЭВМ. С помощью генератора случайных чисел создавались цепи в виде ортогональных деревьев Прима с количеством вершин от двух до двадцати. В результате были получены следующие усреднённые зависимости отношения  $L_{реал}/L_{оц}$  для цепей с различным количеством  $N$  (кривая 1) на рисунке.

Для сравнения  $L_{реал}/L_{оц}$  для полупериметра охватывающего прямоугольника (кривая 2).

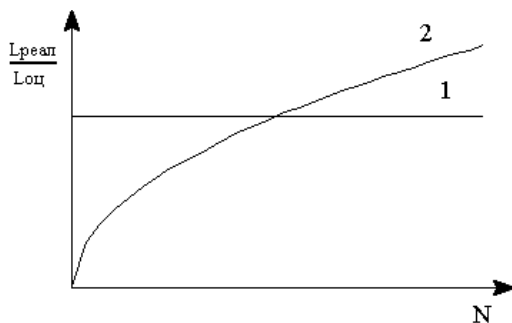


Рис. 1. Зависимость отношения  $L_{реал}/L_{оц}$  от количества контактов цепи

Как видно из графика, предложенная оценка не зависит от количества контактов цепи, пропорциональна длине цепи с постоянной погрешностью и, следовательно, более точно оценивает длину цепей.

Что касается положения цепи на монтажной поверхности, то оно хорошо описывается прямоугольной областью, определяемой следующими условиями:

$$x \in [M_x(c) - \sigma_x(c) \times \alpha, M_x(c) + \sigma_x(c) \times \alpha] \quad (6)$$

$$\& y \in [M_y(c) - \sigma_y(c) \times \alpha, M_y(c) + \sigma_y(c) \times \alpha] \quad (7)$$

$\alpha$  – коэффициент растяжения области цепи, который должен быть равен  $1,5 \pm 0,15$ .

Для определения «плотности» цепи, поделим длину цепи на размер прямоугольной области, предположительно, занимаемой цепью. Тогда получим следующее определение плотности цепи на этапе размещения компонентов:

$$P_c(x, y) = L(c) / (4 \times \sigma_x \times \sigma_y \alpha^2) \quad (8)$$

$$x \in [M_x(c) - \sigma_x(c) \times \alpha, M_x(c) + \sigma_x(c) \times \alpha] \quad (9)$$

$$\& y \in [M_y(c) - \sigma_y(c) \times \alpha, M_y(c) + \sigma_y(c) \times \alpha] \quad (10)$$

иначе

$$P_c(x, y) = 0, \quad (11)$$

где  $P_c(x, y)$  – «плотность» цепи  $C$  на монтажной поверхности.

Тогда, «плотность» всех цепей на монтажной поверхности, очевидно, будет определяться следующим выражением:

$$P(x, y) = \sum_c P_c(x, y) \quad (12)$$

где суммирование ведётся по всем цепям размещаемой схемы.

После этого, нетрудно сформулировать следующую целевую функцию, определяющую величину критерия качества размещения компонентов:

$$\iint_S P^2(x, y) \times dx \times dy \rightarrow \min \quad (13)$$

Анализируя данное выражение, нетрудно установить, что оно является безразмерным, и оценивает качество размещения безотносительно к масштабу размещаемых компонент и монтажной поверхности.

Учитывая, что в формуле для плотности, используются константы, которые не влияют на минимизацию интеграла, можно определить величину  $P_c(x, y)$  с помощью несколько иного выражения:

$$P_c(x, y) = \sqrt{N} \times (1/\sigma_x + 1/\sigma_y) \quad (14)$$

Отметим ещё одно преимущество предложенной оценки длины цепей по сравнению с традиционным охватывающим прямоугольником, которое особенно существенно при итерационных алгоритмах размещения. При перестановке элемента для расчёта периметра прямоугольника необходим просмотр и анализ координат всех контактов цепи для перерасчёта границ охватывающего прямоугольника. Такая необходимость отпадает при использовании предложенной оценки, если по каждой цепи хранить и, в случае переразмещения, корректировать суммы  $x_i(c)$ ,  $y_i(c)$ ,  $x_i^2(c)$  и  $y_i^2(c)$ , следовательно, трудоёмкость корректировки не зависит от количества контактов цепи.

## РАЗНЕСЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ЗОНАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

*Антощак А.Д.* – гр. РЭА – 14д, бакалавр

*Ганжа С.Н.* – доц., [sng1@i.ua](mailto:sng1@i.ua)

*Восточнукраинский национальный университет им. В. Даля*

В большинстве случаев при проектировании используются следующие критерии трассировки соединений на печатных платах – это количество межслойных переходов, число неразведённых соединений и количество технологически узких мест. В данном докладе рассматриваются вопросы трассировки двухсторонних плат с разбиением монтажного пространства на однослойные зоны с вертикальной и горизонтальной трассировкой. Для этого используются две процедуры: распределение соединений по зонам (предварительная трассировка) и трассировка внутри зон (точная трассировка).

Основная задача предварительной трассировки – качественная трассировка внутри зон. Следовательно, качество распределения соединений по зонам, должно быть оценено также, как и качество трассировки в целом:

- соответствие загруженностей зон и их пропускной способности;
- минимум количества переходов из вертикальных зон в горизонтальные (количество межслойных переходов);
- минимум суммарной длины электрических соединений (трасс);

- минимум числа соединяемых контактов, расположенных непосредственно у границ зон.

В данном перечне основным является первый критерий, так как перезагруженность зон является основным фактором увеличения количества неразведённых соединений. Последний критерий вызван практическим анализом работы алгоритмов внутри зон, так как контакты цепей вблизи границ зон уменьшают число допустимых вариантов взаимного расположения соединений внутри зон.

От того, как сформирована зона, зависят результаты предварительной трассировки. Но прогнозировать загруженность зон невозможно, поскольку разбиение монтажного пространства на зоны трассировки выполняется раньше предварительной трассировки. Основным критерием исходного разбиения платы на зоны является максимальное число цепей, имеющих два и более контакта в области одной зоны (чтобы уменьшить число межслойных переходов). Дополнительным критерием является минимизация числа соединяемых контактов вблизи границ зон.

После проведения первого этапа предварительной трассировки проводится ограниченный сдвиг границ зон с целью повышения пропускных способностей наиболее загруженных зон. Здесь минимизация количества межслойных переходов выполняется по другому принципу – положительным фактором является включение нескольких фрагментов одной цепи в одну зону, отрицательным – размещение одного фрагмента в двух соседних зонах. Такую коррекцию границ следует повторять несколько раз, чередуя с предварительной трассировкой.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Ганжа С.Н., Иванов В.Г. Критерий равномерного заполнения монтажного пространства электрическими соединениями при автоматизированном размещении элементов. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції „Наука в інформаційному просторі”. 15-16.10.2008, Дніпропетровськ, 2008.
2. Ганжа С.Н., Ганжа С.А. Подход к автоматизированному размещению разнogaбаритных компонентов на печатных платах. Матеріали 5-ої міжнародної науково-практичної конференції „Розвиток наукових досліджень 2009”. 23-25.11.2009 Полтава, 2009.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ МАТРИЧНЫХ БИС

<sup>1</sup>*Белущенко В.Н.* – гр. РЭА-14д, бакалавр

<sup>1</sup>*Ганжа С.Н.* – доц., sng1@i.ua

<sup>2</sup>*Ганжа С.А.* – препод.

<sup>1</sup>*Восточнoукраинский национальный университет им. В. Даля,*  
<sup>2</sup>*Северодонецкий химико-механический техникум ВНУ им. В. Даля*

Использование матричных БИС по сравнению с заказными СБИС позволяет значительно сократить экономические затраты при не очень больших программах выпуска электронной аппаратуры.

В связи со стремительным развитием микроэлектроники, появлением новых микросхем с постоянно растущей степенью интеграции, и, как результат, с увеличением количества их выводов, с каждым годом усложняется задача проектирования микросхем, в частности, трассировка. По этой причине актуальным вопросом становится оптимизация размещения компонентов, от которой в большей степени зависит качество трассировки.

Предлагается алгоритм автоматизированного размещения разногабаритных функционально насыщенных топологических фрагментов матричных БИС.

Критерием размещения является равномерное заполнение кристалла электрическими соединениями. Для этого весь кристалл разбивается на опорные прямоугольники, в ходе размещения оптимизируются пропорции по заполненности их цепями. Размещение фрагментов реализуется за счёт последовательной и итерационной процедур.

Электрические цепи оцениваются прямоугольником, стороны которого равны среднеквадратическим отклонениям по обеим координатам от геометрического центра цепи. Такая оценка более точно прогнозирует длину цепи по сравнению с традиционным полупериметром охватывающего прямоугольника.

Трудоёмкость процесса уменьшится, если количество опорных прямоугольников будет возрастать поэтапно за счёт постоянного деления площади кристалла.

При данной постановке задачи как накладываются жёсткие технологические ограничения, связанные с необходимостью обеспечения стопроцентной трассировки электрических соединений в двух слоях. Анализ полученных результатов показал, что применение предложенной целевой функции размещения, минимизирующей площади пере-

крытия цепей, обеспечивает более высокое качество трассировки по сравнению с критериями минимизации суммарной длины цепей.

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРОПРИВОДУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

*Гриб Т.С.* – гр. ІВ-17дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[tgrib@gmail.com](mailto:tgrib@gmail.com)

*Бережний М.О.* – гр. МВС-17дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[n\\_berzh@gmail.com](mailto:n_berzh@gmail.com)

*Соколов В.І.* – д.т.н., проф. СНУ ім. В. Даля,  
[sokolov.snu.edu@gmail.com](mailto:sokolov.snu.edu@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи** є удосконалення автоматичного об'ємного гідроприводу технологічного обладнання для механічної обробки матеріалів [1-3].

Відомі автоматичні гідроприводи, що містять робочий орган, гідромотор, механічну передачу, що сполучає гідромотор з робочим органом, насос з робочим об'ємом, що регулюється, та гідроапаратуру [1, 4, 5]. Недоліком даних приводів є наявність похибки керування, неможливість завдання оптимальних законів руху робочого органу по управлячій програмі [5, 6].

В роботі поставлено задачу удосконалення автоматичного гідроприводу для можливості завдання оптимальних законів руху по управлячій програмі, підвищення точності регулювання шляхом того, що у автоматичному гідроприводі розташовано пристрій для автоматичного регулювання робочого об'єму насоса та пристрій для автоматичного регулювання частоти обертів двигуна насоса, що приведе до підвищення якості обробки матеріалів на верстатах та технологічному обладнанні.

На рис. зображений автоматичний гідропривід, що містить робочий орган 1, гідромотор 2, механічну передачу 3, що сполучає гідромотор 2 з робочим органом 1, насос 4 з робочим об'ємом, що регулюється, гідроапаратуру 5, пристрій 6 для автоматичного регулювання робочого об'єму насоса 4 та пристрій 7 для автоматичного регулювання частоти обертів двигуна 8 насоса 4.

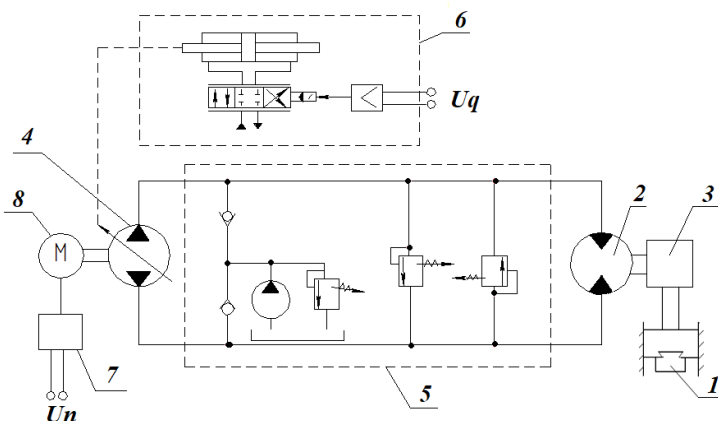


Рис. Автоматичний гідропривід

### Литература

1. Кріль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. - Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля. – 2016. - 160 с.
2. Sokolov, V., Rasskazova, Y.: Automation of control processes of technological equipment with rotary hydraulic drive. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 2, Issue 2 (80), 44–50 (2016), DOI: [10.15587/1729-4061.2016.63711](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.63711).
3. Харламов Ю.А., Соколов В.И., Кріль О.С. Трибологическая надежность металлорежущих станков. – Северодонецьк: ВНУ ім. В. Даля. – 2017. – 320 с.
4. Sokolov, V., Krol, O.: Installations criterion of deceleration device in volumetric hydraulic drive. Procedia Engineering, 206, 936–943 (2017), DOI: [10.1016/j.proeng.2017.10.575](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.575).
5. Соколов В.І., Кріль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля. – 2017. – 160 с.
6. Коваленко А. А., Соколов В.И., Уваров П.Е., Пазин В.В. Основы объемного гидравлического привода строительных и дорожных машин. - Луганск: ДонГАСА. – 1999. – 137 с.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

*Захаров Е.В.* – гр. ГМ-17д, бакалавр, [zaharov8912@ukr.net](mailto:zaharov8912@ukr.net)

*Мелконов Г.Л.* – к.т.н., доц., [g.melkonov78@gmail.com](mailto:g.melkonov78@gmail.com)

*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля*

Немаловажную роль при проектировании технологического процесса играет подбор оптимальных параметров механической обработки деталей. Применение интеллектуальных систем автоматизированного проектирования (САПР) при разработке технологического процесса позволяет повысить производительность и эффективность машиностроительного производства. При разработке интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов необходимо создание информационного обеспечения системы, основой которого является база знаний.

Перспективной формой представления знаний являются фреймы, благодаря своей универсальности и гибкости [1]. Фреймом называется структура для описания стереотипной ситуации, состоящая из характеристик этой ситуации и их значений. Характеристики называются слотами, а значения – заполнителями слотов. Совокупность фреймов, моделирующая какую-нибудь предметную область, представляет собой иерархическую структуру, в которую соединяются фреймы.

База знаний интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов должна содержать:

- информацию о технологическом оборудовании (станках), используемом при механической обработке детали;
- информацию об условиях обработки (жесткость системы станок-приспособление-инструмент-деталь, непрерывность резания и т. д.);
- сведения о режущем инструменте (его вид, тип, материал);
- режимные параметры, такие как скорость резания, подача, глубина резания, сила резания;
- параметры детали и требования к ее изготовлению;
- информацию о способе получения заготовки;
- информацию о способе закрепления заготовки в приспособлении.

Предлагается структура фреймовой модели базы знаний интеллектуальной САПР процессов механической обработки материалов,

показанная на рисунке 1 в нотации UML. База знаний состоит из единой системы связанных между собой фреймов, которые имеют иерархическую структуру. Фрейм можно представить в виде класса, атрибуты которого играют роль слотов. На вершине иерархии находится класс «Процесс механической обработки», определяющий вид механической обработки (точение, фрезерование, сверление и т. д.). В качестве атрибута выбран код технологической операции, согласно единой системе технологической документации.

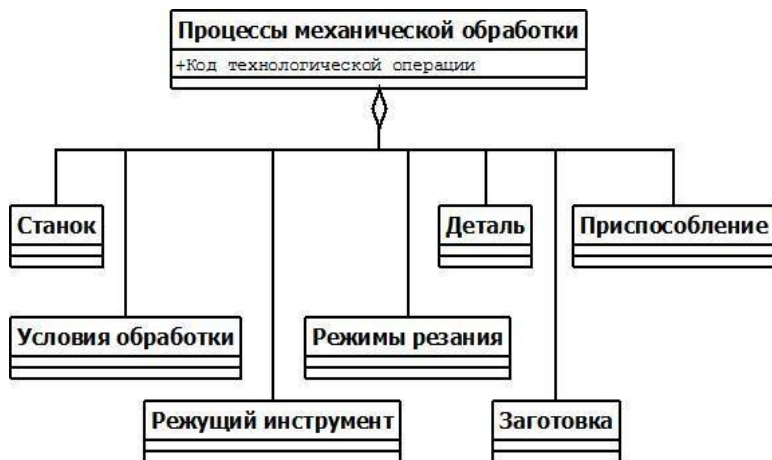


Рис. 1. Структурная схема базы знаний процессов механической обработки материалов

В базе знаний представлены структуры фреймов «Станок», «Условия обработки», «Режущий инструмент», «Режимы резания», «Деталь», «Заготовка», «Приспособление». Каждый из этих классов можно разделить на подклассы. Их атрибуты будут варьироваться в зависимости от конкретного процесса резания. Таким образом, разработанная структурная схема базы знаний позволяет учесть наибольший объем информации, необходимой при проектировании процессов механической обработки материалов.

### Л и т е р а т у р а

1. Минский, М. Фреймы для представления знаний / М. Минский; пер. с англ. – Москва: Энергия, 1993. – 152 с.

## РОЗРАХУНОК СТАТИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОМЕХАНІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ

*Кавун Д.Ю.* – гр. МВС-16дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[kavun.dmitriy@mail.ru](mailto:kavun.dmitriy@mail.ru)

*Ткаченко М.К.* – гр. МВС-16дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[misha-sport@mail.ru](mailto:misha-sport@mail.ru)

*Степчук Я.І.* – гр. МВС-16дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[zimogorevrka@mail.ru](mailto:zimogorevrka@mail.ru)

*Соколов В.І.* – д.т.н., проф. СНУ ім. В. Даля,  
[sokolov.snu.edu@gmail.com](mailto:sokolov.snu.edu@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи є** розробка методики розрахунку статичних та динамічних характеристик гідромеханічних слідкуючих приводів металорізальних систем.

В машинобудівному обладнанні та верстатах потужністю до 8...10 кВт широке застосування знайшов гідромеханічний та електрогідролінійний слідкуючий привід з дросельним регулюванням швидкості вихідної ланки [1, 2], що має копіювальне керування.

Широке використання гідроприводів в машинобудуванні визначається низкою їхніх істотних переваг перед іншими типами приводами і, перш за все, можливістю отримання великих зусиль та потужностей при обмежених розмірах гідроприводів [3, 4]. Гідроприводи забезпечують широкий діапазон безступінчатого регулювання швидкості (за умови хорошої плавності руху), можливість роботи в динамічних режимах з потрібною якістю перехідних процесів, захист системи від перевантаження і точний контроль діючих зусиль. До основних переваг гідроприводу слід віднести також досить високе значення коефіцієнту корисної дії (ККД), підвищену жорсткість і довговічність.

Вхідними даними для оцінки статичних та динамічних характеристик гідромеханічного слідкуючого приводу з поступальним рухом вихідної ланки приймаються наступні параметри:  $R_{max}$  - максимальне навантаження;  $V_{max}$  - максимальна швидкість стеження без навантаження;  $\varepsilon_{max}$  - максимальна погрішність стеження;  $H$  - хід;  $m$  - приведена маса рухомих частин. В якості статичних характеристик розглядаються залежності, що зв'язують швидкість стеження  $V$ , навантаження  $R$  і погрішність стеження  $\varepsilon$ .

Практичний інтерес представляє розрахунок характеристики навантаження  $V(R)$  при  $\varepsilon = \pm\varepsilon_{max}$ , швидкісної погрішності  $\varepsilon(V)$  для ряду значень  $R$  з діапазону від  $-R_{max}$  до  $R_{max}$  та погрішності навантаження  $\varepsilon(R)$  для ряду значень  $V$  з діапазону  $-V_{max}$  до  $V_{max}$ .

Представлена методика оцінки стійкості та дослідження перехідних процесів відповідно структурній схемі лінійної динамічної моделі третього порядку.

Результати досліджень рекомендуються для використання при удосконалюванні машинобудівного обладнання, зокрема, для підвищення його точності та поліпшення динамічних характеристик [5, 6]. Поліпшення якості динамічних характеристик підвищує рівень охорони праці на виробництві, а також надійність і довговічність обладнання.

### Література

1. Кріль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. - Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля. – 2016. - 160 с.
2. Харламов Ю.А., Соколов В.И., Кріль О.С. Трибологическая надежность металлорежущих станков. – Северодонецьк: ВХУ ім. В. Даля. – 2017. – 320 с.
3. Соколов В.І., Кріль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. – Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля. – 2017. – 160 с.
4. Коваленко А. А., Соколов В.И., Уваров П.Е., Пазин В.В. Основы объемного гидравлического привода строительных и дорожных машин. - Луганск: ДонГАСА. – 1999. – 137 с.
5. Sokolov, V., Krol, O.: Installations criterion of deceleration device in volumetric hydraulic drive. *Procedia Engineering*, 206, 936–943 (2017), DOI: [10.1016/j.proeng.2017.10.575](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.575).
6. Sokolov, V., Rasskazova, Y.: Automation of control processes of technological equipment with rotary hydraulic drive. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, Issue 2 (80), 44–50 (2016), DOI: [10.15587/1729-4061.2016.63711](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.63711).

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ МАШИНОБУДІВНОГО ОБЛАДНАННЯ

*Кіхтенко М.Р.* – гр. ІВ-17дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[kikhtenko@gmail.com](mailto:kikhtenko@gmail.com)

*Деркач О.С.* – гр. МВС-17дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[derkach\\_as@gmail.com](mailto:derkach_as@gmail.com)

*Соколов В.І.* – д.т.н., проф. СНУ ім. В. Даля,  
[sokolov.snu.edu@gmail.com](mailto:sokolov.snu.edu@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи** є удосконалення автоматичного об'ємного гідравлічного приводу машинобудівного обладнання, металорізальних верстатів і систем та іншого технологічного обладнання для механічної обробки матеріалів [1-3].

Відомі автоматичні гідроприводи, що містять робочий орган, гідромотор, механічну передачу, що сполучає гідромотор з робочим органом, насос з робочим об'ємом, що регулюється, та гідроапаратуру [4 - 6]. Недоліком даних приводів є наявність похибки керування, відсутність можливості реалізації оптимальних законів руху робочого органу.

В роботі поставлено задачу удосконалення автоматичного гідроприводу для можливості реалізації оптимальних законів руху по управляючій програмі, підвищення точності регулювання шляхом того, що у автоматичному гідроприводі розташовано датчик переміщень робочого органу, пристрій для регулювання робочого об'єму насоса, пристрій для регулювання частоти обертів двигуна насоса, регулятор робочого об'єму насоса та регулятор частоти обертів двигуна, що приведе до підвищення якості обробки матеріалів на верстатах та технологічному обладнанні.

На рис. зображений автоматичний гідропривід, що містить робочий орган 1, гідромотор 2, механічну передачу 3, що сполучає гідромотор 2 з робочим органом 1, насос 4 з робочим об'ємом, що регулюється, гідроапаратуру 5, датчик 6 переміщень робочого органу 1, пристрій 7 для регулювання робочого об'єму насоса 4, пристрій 8 для регулювання частоти обертів двигуна 9 насоса 4, регулятор 10 робочого об'єму насоса 4 та регулятор 11 частоти обертів двигуна 9 насоса 4.



## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРОПРИВОДУ З ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

*Немцов П.В.* – гр. ІВ-17дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[pavel\\_nemtsov@gmail.com](mailto:pavel_nemtsov@gmail.com)

*Грохов Д.В.* – гр. МВС-17дм, магістр СНУ ім. В. Даля,  
[dvgrokhov@gmail.com](mailto:dvgrokhov@gmail.com)

*Соколов В.І.* – *д.т.н., проф.* СНУ ім. В. Даля,  
[sokolov.snu.edu@gmail.com](mailto:sokolov.snu.edu@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи** є удосконалення автоматичного гідроприводу з об'ємним регулюванням, що може бути використаний у металорізальних верстатах та системах, спеціальному технологічному обладнанні, машинах для обробки матеріалів тиском тощо[1-3].

Відомі автоматичні гідроприводи, що містять робочий орган, гідромотор, механічну передачу, що сполучає гідромотор з робочим органом, насос з робочим об'ємом, що регулюється, та гідроапаратуру [3, 4, 5]. Недоліком даних приводів є наявність похибки керування, зменшення точності реалізації оптимальних законів руху робочого органу при стохастичному збуренні системи [4-6].

В роботі поставлено задачу удосконалення автоматичного гідроприводу для підвищення точності реалізації оптимальних законів руху робочого органу при стохастичному збуренні системи, зменшення похибки керування шляхом того, що в автоматичному гідроприводі розташовано датчик переміщень робочого органу, пристрій для регулювання робочого об'єму насоса та стохастичний оптимальний регулятор, причому, вхід стохастичного оптимального регулятора зв'язаний з датчиком переміщень робочого органу, а вихід з пристроєм регулювання робочого об'єму насоса, що приведе до підвищення якості обробки матеріалів на верстатах та технологічному обладнанні.

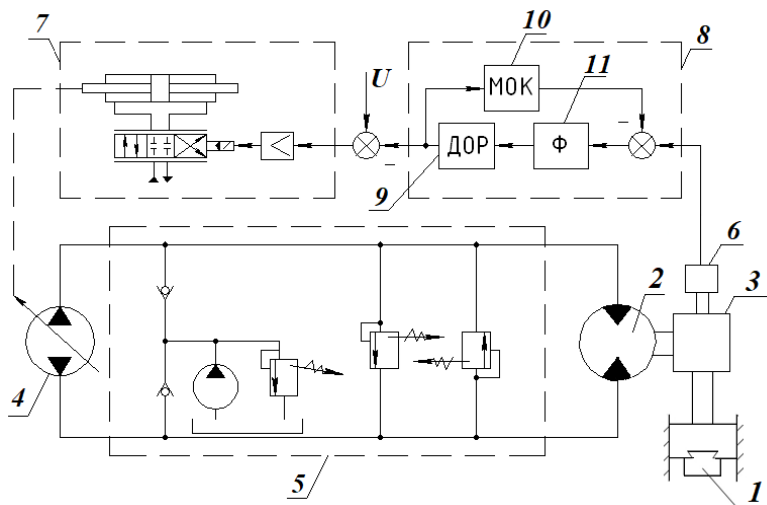


Рис. Автоматичний гідропривід

На рис. зображений автоматичний гідропривід, що містить робочий орган 1, гідромотор 2, механічну передачу 3, що сполучає гідромотор 2 з робочим органом 1, насос 4 з робочим об'ємом, що регулюється, гідроапаратуру 5, датчик 6 переміщень робочого органу 1, пристрій 7 для регулювання робочого об'єму насоса 4 та стохастичний оптимальний регулятор 8, який включає детермінований оптимальний регулятор 9, модель об'єкту керування 10 та фільтр Калмана-Бьюси 11.

### Литература

1. Харламов Ю.А., Соколов В.И., Кроль О.С. Трибологическая надежность металлорежущих станков. – Северодонецк: ВНУ им. В. Даля. – 2017. – 320 с.
2. Соколов В.И., Кроль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. – Северодонецк: СНУ ім. В. Даля. – 2017. – 160 с.
3. Кроль О.С., Соколов В.И. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. - Северодонецк: СНУ ім. В. Даля. – 2016. - 160 с.
4. Коваленко А. А., Соколов В.И., Уваров П.Е., Пазин В.В. Основы объемного гидравлического привода строительных и дорожных машин. - Луганск: ДонГАСА. – 1999. – 137 с.
5. Sokolov, V., Krol, O.: Installations criterion of deceleration device in volumetric hydraulic drive. Procedia Engineering, 206, 936–943 (2017), DOI: [10.1016/j.proeng.2017.10.575](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.575).

6. Sokolov, V., Rasskazova, Y.: Automation of control processes of technological equipment with rotary hydraulic drive. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 2, Issue 2 (80), 44–50 (2016), DOI: [10.15587/1729-4061.2016.63711](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.63711).

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ**

**Підгородецький О.В.** – студент, гр. 4-АВП-16,  
[podgorodeczkiy19@gmail.com](mailto:podgorodeczkiy19@gmail.com)

**Швачка О.І.** – к.т.н., доц., [aleksandrShvachka@gmail.com](mailto:aleksandrShvachka@gmail.com)

*ДВНЗ «Український хіміко-технологічний університет»*

**Метою роботи** є проведення оглядового аналізу основних інструментальних засобів оптимального налаштування ПІД- регулятора, а також оцінка результатів розрахунку з міркувань забезпечення необхідної якості регулювання.

Ефективне функціонування АСР визначається коректним вибором алгоритму регулювання та регулятора. Найбільшого поширення здобув пропорційно-інтегрально-диференційний (ПІД) закон, що є універсальним і може бути реалізований як на засобах мікропроцесорної техніки, так і у вигляді окремого регулятора. Але питання його налаштування залишаються актуальні. Це пов'язано з постійним дрейфом динамічних характеристик об'єктів, а також їх нелінійними властивостями. Крім того, відома проблема, що більшість промислових регуляторів працюють зі «слабкими» налаштуваннями, що прилаштовані під певний стан об'єкту та задаються вручну. Це, в свою чергу, викликає сумніви з приводу забезпечення належної якості та ведення процесу в оптимальному режимі.

Для вирішення поставленої проблеми є певні наробітки у вигляді інструментальних засобів, що дозволяють у автоматичному режимі провести процедуру налаштування. Крім того, у окремих випадках, є можливість підстроїки налаштувань на заданий показник якості.

Автоматичне налаштування у середовищі MatLab Simulink передбачає побудову структурної схеми системи з об'єктом керування та ПІД – регулятором (рис. 1).

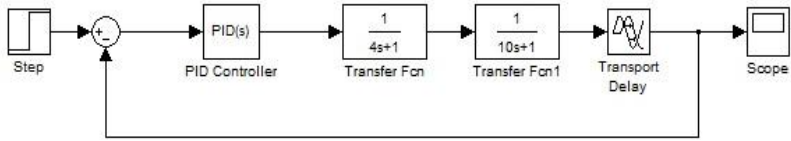


Рис. 1. Структурна схема системи з вбудованим ПІД- регулятором у MatLab Simulink

Розрахунок ініціюється кнопкою Tune та проводиться за допомогою блоку PID Controller, який містить встановлені за замовчуванням коефіцієнти підсилення пропорціональної ( $k_p$ ), інтегральної ( $k_i$ ) та диференціальної ( $k_d$ ) складових, коефіцієнту фільтру диференціатора. Для покращення показників якості та запасу стійкості системи можна скористатися параметром Response time, зміни якого супроводжуються оновленням параметрів системи.

За допомогою математичного пакету автоматизованого проектування MathCad реалізована процедура налаштування регулятора на мінімум частотного показника коливальності [1] (об'єкт, в поточному розрахунку та наступному, за рис. 1). Спочатку визначається частотна характеристика розімкненої системи при одиничному коефіцієнті передачі. Задаються фіксованим значенням відношення постійних часу диференціювання і інтегрування. Замкнутий контур буде задовольняти запасу стійкості, якщо КЧХ розімкнутого контуру не буде заходити в середину зони обмеженої  $M$  – колом.

На високорівневій мові програмування Python реалізована програма налаштування регулятора на основі критерію у вигляді суми лінійного та квадратичного показників якості [2]. Спочатку проводиться серія попередніх розрахунків при постійних часу диференціювання та інтегрування ( $\alpha = T_d/T_i$ ) та обирається кілька значень  $\alpha$ , що забезпечують найбільше значення відношення ( $k_p/k_i$ ). Приймаючи до уваги кілька варіантів налаштувань, необхідно побудувати для них перехідні процеси в замкнутій системі та по обраному критерію визначити оптимальні налаштування.

Для оцінки якості керування в замкнутій системі з ПІД - регулятором, використано ступінчатий вплив за каналами завдання (рис. 2) та внутрішнього збурення. Оцінка якості регулювання проведена по прямим показникам (швидкодія, перерегулювання, ступінь загасання, динамічна помилка), а також розрахунковим (рис. 3).

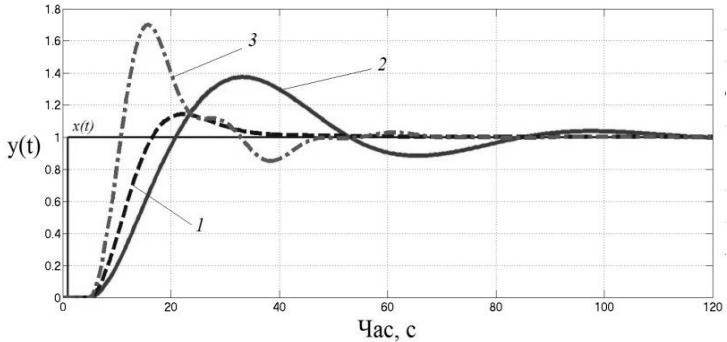


Рис. 2. Перехідні процеси (за каналом завдання) розраховані в:  
1 – MatLab Simulink, 2 – Python, 3 – MathCad

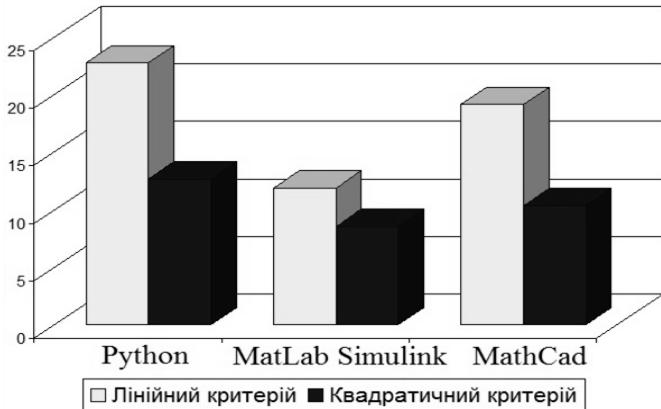


Рис.3. Порівнювальна діаграма інтегральних критеріїв якості  
(за каналом завдання) розрахунку налаштувань

Найкращі показники якості та інтегральні показники отримано з допомогою автоматичної настройки MatLab Simulink (обурення по завданню). Даний метод забезпечив найменший час регулювання, перерегулювання, інтенсивне загасання перехідного процесу та мінімальні значення інтегральних критеріїв якості. Метод налаштування у MathCad показав найкращі показники при внутрішньому збуренні (найменший час регулювання, динамічної помилки, інтегрального показника). Метод

налаштування в Python характеризується найкращим запасом стійкості по амплітуді та фазі при оцінці за логарифмічними характеристиками.

З точки зору відкритості алгоритму MatLab Simulink поступається Python і MathCad, оскільки розрахунок відбувається в закритому від користувача режимі і дозволяє лише частково вплинути на результати роботи програми за допомогою параметра Response time. Найпростішим у використанні слід вважати MatLab Simulink, який вимагає лише побудови структурної схеми системи. Методи реалізовані в Python і MathCad поступаються за даним показником MatLab Simulink, оскільки потребують знань в області програмування та ТАК. Однак при наявності таких, можна значно розширити функціональні можливості програми.

### **Л і т е р а т у р а**

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления / В.Я. Ротач. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 396с.
2. Тараненко Ю.К. Оптимизация настроек ПИД регулятора по интегральному критерию качества регулирования. Электронный ресурс. <https://habr.com/post/349686>.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ**

**Степанова О.Г.** – гр. ІВ-16дм, [ogstepanova@gmail.com](mailto:ogstepanova@gmail.com)  
**Соколов В.І.** – д.т.н., проф., [sokolov.snu.edu@gmail.com](mailto:sokolov.snu.edu@gmail.com)

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

**Метою роботи** є розробка та дослідження системи автоматичного керування (САК) технологічним обладнанням для механічної обробки матеріалів.

Запропоновано математичну модель технологічного обладнання з гідроприводом обертального руху як об'єкту автоматичного керування. Математичний опис представляє собою сукупність лінійних динамічних ланок [1 - 3], що мають характерні параметри, а саме: постійна часу процесу регулювання робочого об'єму насоса; постійна часу силової частини приводу; коефіцієнт передачі для кута нахилу шайби (блоку циліндрів) по керуючий напрузі; коефіцієнт передачі силової частини приводу; коефіцієнт передачі для кутової швидкості по навантажуючому моменту.

Розроблено САК обладнанням, що враховує шум спостереження та стохастичне збурення об'єкту керування. Рішення задачі стохастичної лінійної оптимальної системи при неповній інформації про стан відповідно до методу розподілу розбито на дві: задачу синтезу оптимального наглядача та детерміновану задачу синтезу оптимальної системи. Для синтезу оптимального лінійного регулятора використаний метод динамічного програмування.

Проведені дослідження динамічних характеристик САК. Показано, що в діапазоні можливих параметрів збурювання наглядач Калмана-Бьюси виконує функцію оптимальної фільтрації, зменшує тривалість перехідного процесу та забезпечує необхідну якість керування обладнанням. Досліджено вплив параметрів об'єкту керування та оптимального регулятора на якість перехідного процесу. Перехідні процеси при різних значеннях коефіцієнту передачі  $k_{\gamma U}$  блоку регулювання робочого об'єму насоса приведені на рис.1, а при різних значеннях коефіцієнту передачі  $K_2''$  регулятора на рис. 2.

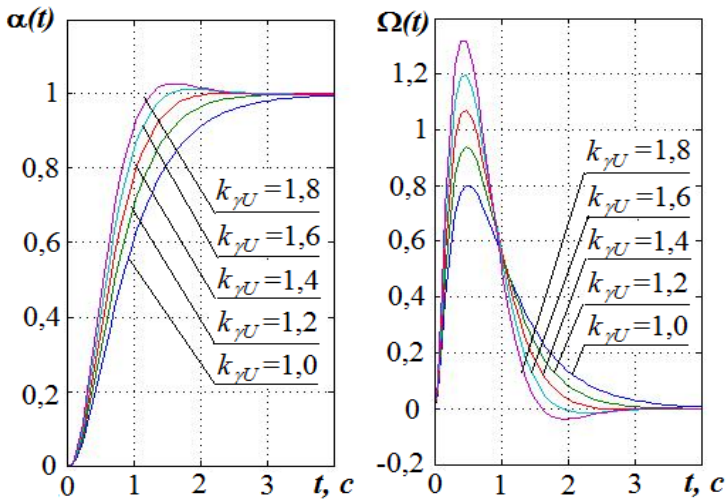


Рис. 1. Вплив на перехідний процес коефіцієнту передачі  $k_{\gamma U}$  блоку регулювання робочого об'єму насоса

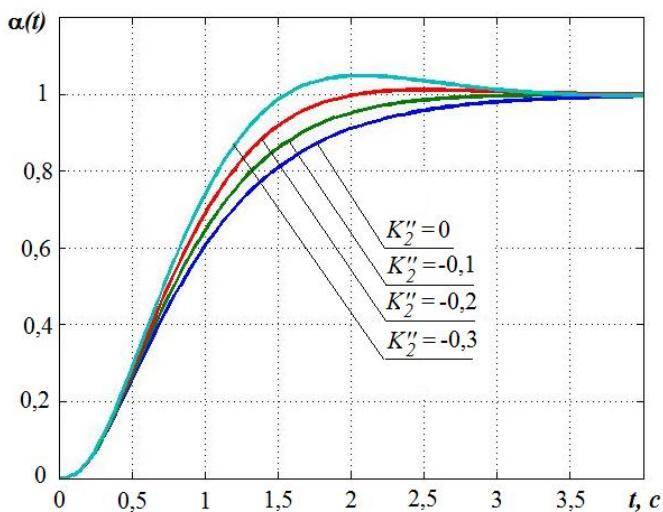


Рис.2. Вплив на перехідний процес коефіцієнту передачі  $K_2''$  регулятора

Результати досліджень можуть бути використані для удосконалення технологічного обладнання, зокрема, для розширення його функціональних можливостей та поліпшення динамічних характеристик [4 - 6]. Слід додати, що поліпшення динамічних характеристик підвищує надійність та довговічність обладнання, а також рівень охорони праці на виробництві.

### Л і т е р а т у р а

1. Sokolov, V., Rasskazova, Y.: Automation of control processes of technological equipment with rotary hydraulic drive. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 2, Issue 2 (80), 44–50 (2016), DOI: [10.15587/1729-4061.2016.63711](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.63711).
2. Коваленко А. А., Соколов В.И., Уваров П.Е., Пазин В.В. Основы объемного гидравлического привода строительных и дорожных машин. - Луганск: ДонГАСА. – 1999. – 137 с.
3. Соколов В.І., Кріль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. – Северодонецк: СНУ ім. В. Даля. – 2017. – 160 с.
4. Харламов Ю.А., Соколов В.И., Кріль О.С. Трибологическая надежность металлорежущих станков. – Северодонецк: ВНУ им. В. Даля. – 2017. – 320 с.
5. Sokolov, V., Krol, O.: Installations criterion of deceleration device in volumetric

hydraulic drive. Procedia Engineering, 206, 936–943 (2017), DOI: [10.1016/j.proeng.2017.10.575](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.575).

6. Кріль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. - Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля. – 2016. - 160 с.

## АЛГОРИТМ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

*Шулевка В.В.* – аспірант, [shulvasya@gmail.com](mailto:shulvasya@gmail.com)

*Національний авіаційний університет*

**Мета роботи** Алгоритм навчання нейронних мережі для класифікації технічного стану газотурбінного двигуна.

У якості приклада, розглянемо одношарову прямонаправлену нейронну мережу (НМ), яка наведена на рис. 1.

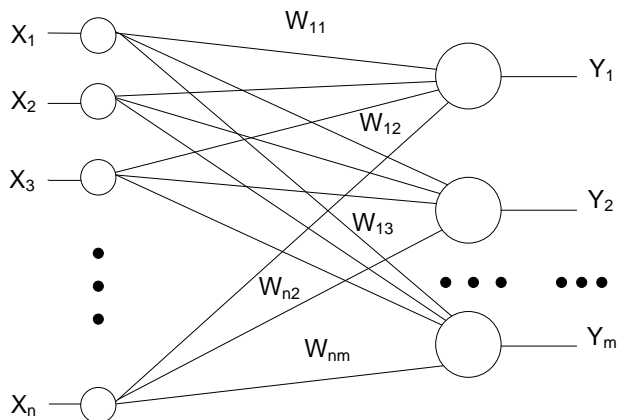


Рис. 1. Одношарова прямонаправлена НМ

На вхід НМ подається вхідний вектор, який складається з  $n$  нейронів

$X=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ , і вихідний вектор  $Y=[y_1, y_2, \dots, y_m]^T$ . Сумарну активацію  $i$ -го нейрона представимо у вигляді [1]:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j, \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

Синаптичні ваги  $w_{ij}$ , з'єднані  $i$ -м нейроном з виходом  $j$ -м, опишемо матрицею:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{m1} & w_{m2} & \dots & w_{mn} \end{bmatrix}, \quad \text{кожний елемент якої}$$

$w_{ij}$  задає величину  $i$ -го синаптичного зв'язку  $j$ -го нейрона.

Таким чином, процес діагностування ТС ГТД приведемо у матричній формі:

$$Y=f(XW),$$

де  $X$  і  $Y$  – відповідно вхідний і вихідний вектори;  $f(S)$  – активаційна функція.

Алгоритм навчання складається з наступних етапів [2,3,4]:

1. Вагам  $w_i(0)$  ( $i=1, \dots, N$ ) і функції активації  $\theta(0)$  задамо випадкові значення.
2. Подамо на вхід НМ вектор діагностичних ознак ГТД  $X_i$  з навчальної вибірки і бажаний клас  $K_i$ .
3. Обчислимо значення на виході кожного перцептрона по формулах

$$\begin{aligned} net &= \sum_{i=1}^N w_i(t)x_i(t), \\ y(t) &= f(net - \theta(t)). \end{aligned}$$

4. Якщо досягнута збіжність, то процедура навчання закінчується; а якщо ні, то – перехід до кроку 2.

Згідно з розглянутим алгоритмом спочатку проводиться ініціалізація параметрів перцептрона випадковими значеннями. Потім по черзі пред'являються набори діагностичних ознак (ДО) за відомою класифікацією ТС ГТД, обрані з навчальної вибірки, і корегуються ваги, відповідно до формул кроку 3. Процедура навчання триває доти, поки не буде досягнута збіжність, тобто поки не будуть отримані ваги, що забезпечують достовірну класифікацію для всіх ДО технічного стану ГТД з навчальної вибірки.

Алгоритм навчання багатозарової НМ задамо набором навчальних правил, які змінюють міжнейронні зв'язки у відповідь на вхідний вектор діагностичних ознак ГТД. На рис. 2 схематично зображено процедуру навчання багатозарової НМ.

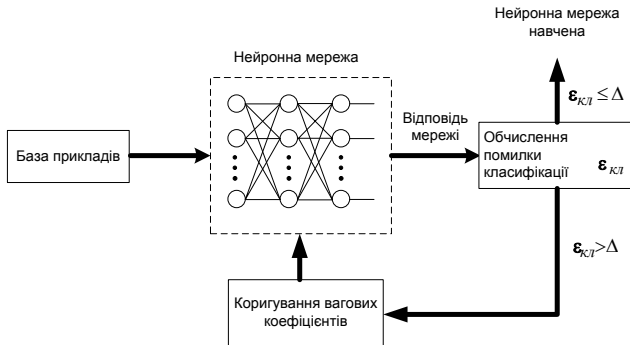


Рис. 2. Процедура навчання багатозарової НМ

Якщо помилка класифікації велика, тобто  $\varepsilon_{кл} > \Delta$ , то здійснюється підстроювання вагових коефіцієнтів для її зменшення (рис. 1). Для підстроювання вагових коефіцієнтів необхідно обчислити «градієнт помилки по всіх зв'язках НМ» і змінити всі ваги відразу на величину пропорційну відповідній похідній. Один з найбільш відомих методів, що дозволяє обчислити градієнт помилки – це метод зворотного поширення помилок.

### Л і т е р а т у р а

1. Барский А.Б. Нейронный сети: распознавание, управление, принятие решений / А.Б. Барский. – М.: Финансы и статистика, 2004 – 176 с.
2. Інтелектуальна система автоматичного діагностування та реконфігурації керування режимами роботи ГТД в особливих експлуатаційних ситуаціях України / Казак В.М., Гасиджак В.С., Шевчук Д.О., Кравчук М.П // Вісник Інженерної академії, 2012. – № 1. – С. 121 – 126.
3. Гасиджак В.С. Діагностика основних елементів газотранспортної системи за фактичним технічним станом з використанням інтелектуальних технологій / В.С. Гасиджак., В.М. Казак, Д.О. Шевчук // Проблеми інформатизації та управління. – 2008. – № 2(24). – С. 102 – 106.
4. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2–е издание / Хайкин Саймон; пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006 – 1104 с.

Наукове видання

**III ВСЕУКРАЇНСЬКА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ  
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ В УКРАЇНІ:  
ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ»**

*Матеріали Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції*

Відповідальний за випуск Губаревич О.В.  
[in\\_conference@ukr.net](mailto:in_conference@ukr.net)

Статті надруковано в авторській редакції.  
Редакційна колегія не несе відповідальність за достовірність інформації,  
що наведена в роботах і залишає за собою право не погоджуватися  
з думками авторів на розглянуті питання

**Видавництво**  
Державного університету інфраструктури та технологій  
Адреса університета: Кирилівська, буд. 9, м. Київ, Україна