

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Інститут модернізації змісту освіти

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ, ТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ

**МАТЕРІАЛИ**  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ  
УЧЕНИХ І СТУДЕНТІВ



м. Івано-Франківськ  
2020



**Міністерство освіти і науки України  
Інститут модернізації змісту освіти  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Інститут інформаційних технологій  
ТзОВ "Мікрол", Eleks, SoftServe, Softjourn**

**ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
МОЛОДИХ УЧЕНИХ І СТУДЕНТІВ**

**«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ,  
ТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ»**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**8 ЖОВТНЯ  
Івано-Франківськ-2020**

Підготовлено та рекомендовано до друку організаційним комітетом  
Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів  
«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ, ТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ»

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

### *голова*

**Чудик І. І.** проректор з наукової роботи ІФНТУНГ

### *заступники голови*

**Карпаш М. О.** проректор з науково-педагогічної роботи ІФНТУНГ

**Лютак І. З.** директор інституту інформаційних технологій ІФНТУНГ

### *члени комітету*

**Горбійчук М. І.** завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ІФНТУНГ

**Заміховський Л. М.** завідувач кафедри інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем ІФНТУНГ

**Олійник А. П.** завідувач кафедри прикладної математики ІФНТУНГ

**Середюк О. Є.** завідувач кафедри метрології та інформаційно-виміральної техніки ІФНТУНГ

**Мельничук С. І.** завідувач кафедри комп'ютерних систем і мереж ІФНТУНГ

**Шекета В. І.** завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення ІФНТУНГ

**Демчина Б. С.** директор ТзОВ «Мікрол»

**Мухітдінова Н. Т.** директор Івано-Франківської філії ТзОВ "Елекс"

**Ходак Л. М.** директор Івано-Франківської філії ТзОВ "SoftServe"

**Фіцак С. В.** директор ТзОВ "Softjour"

### *секретаріат*

### *комітету*

**Бандура В. В.** доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, ІФНТУНГ

**Заячук Я. І.** доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж, ІФНТУНГ

## ЗМІСТ

## Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

<i>В. В. Кобрій, Л. І. Фешанич</i>	Дослідження автоматизованої папероробної машини та її устаткування	13
<i>Г. Г. Зварич</i>	Блок-схема алгоритму розроблення системи автоматизації процесів керування об'єтами	15
<i>Є. П. Майкович, В. В. П'ята</i>	Адаптивне управління технологічними комплексами нафтогазової галузі промисловості	17
<i>Г. Г. Зварич, Т. Р. Бляхівський</i>	Адаптація математичної моделі процесу буріння нафтових і газових свердловин електробурами у реальному часі	19
<i>В. С. Борин, В. Б. Бунь</i>	Автоматизована система керування електроприводом нафтовидобувної установки на основі нейронної мережі	21
<i>Г. Д. Матеїк</i>	Оцінки статистичних характеристик флуктуацій осьової сили на бурове долото в процесі поглиблення нафтових і газових свердловин	23
<i>М. І. Горбійчук, В. А. Жолобчук</i>	Автоматична система керування паровим котлом малої потужності з імплементацією засобів тестування автоматизованої системи керування	25
<i>В. С. Борин, І. Г. Паркулаб</i>	Інтелектуальна система керування конденсатором-холодильником в процесі стабілізації крекінг-бензину	27
<i>М. І. Горбійчук, І. І. Костюк</i>	Автоматизація процесу керування гідродинамічним режимом магістрального нафтопроводу	29
<i>Ю. В. Холод</i>	Розробка мікроконтролерної системи оповіщення аварійних ситуацій	31
<i>В. С. Борин, В. Б. Бунь, М. М. Лазарів</i>	Створення математичної моделі механічної частини верстата-гойдалки в Matlab simulink	32
<i>Г. Г. Зварич, Б. Ю. Федик</i>	Аналіз ергодичності нетипових випадкових процесів	34

<i>В. С. Борин, М. Ю. Семенюк</i>	Розробка нейромережевої системи керування скрубєром в процесі депарафінізації дизельного палива	33
<i>В. С. Борин, О. М. Коростіль</i>	Синтез та дослідження системи керування процесом коксування залишків з нафти	38
<i>В. В. Двоєк, О. В. Кучмистенко</i>	Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи автоматичного керування установки атмосферної перегонки нафти	40
<i>І. І. Фертіль</i>	Стохастичне керування систем з зосередженими параметрами	42
<i>С. О. Квєк, О. І. Мимоход</i>	Впровадження штучного інтелекту і машинного зору в 3-D друк	44
<i>А.-Г.Р. Різняк</i>	Розробка системи телесигналізації появи полум'я на мікроконтролері Atmega 328PU	46
<i>А. І. Лагойда, Н. В. Зубіль</i>	Інформаційна технологія діагностування передпомпажного стану газоперекачувального агрегату на основі акустичних сигналів	48
<i>С. О. Квєк</i>	Впровадження штучного інтелекту для моніторингу стану доріг у важкодоступних зонах	50
<i>А. І. Лагойда, В. І. Коваль</i>	Синтез логічної функції для системи автоматичного захисту від помпажу відцентрового нагнітача газоперекачувального агрегату	52
<i>М. В. Івасюта, Л. І. Фешанич</i>	Удосконалення автоматизованої системи підготовки газового конденсату	54
<i>А. І. Лагойда, Р. М. Чернега</i>	Розробка системи керування процесом гідравлічного розриву пласта нафтогазових родовищ на основі методів нечіткої логіки	56
<i>О. М. Касюк, М. Я. Николайчук</i>	Система радіочастотної ідентифікації на базі обладнання SIMATIC RFID	58
<i>А. І. Лагойда, С. І. Явірницький</i>	Розробка системи керування газоперекачувальним агрегатом з нечітким регулятором	60

<i>М. М. Кучак, М. І. Козуляк</i>	Тренажерний комплекс з автоматизації технологічних процесів на базі мікроконтролера АРДУІНО	62
<i>О. Н. Романюк, В. П. Майданюк, А. В. Маруцак, В. А. Шмалюх</i>	Аналіз стандарту AVIF стиснення графічного зображення	64
<i>М. В. Білоус, М. І. Козуляк</i>	Система керування тепловим об'єктом на базі AVR мікроконтролера з допомогою хмарних технологій та SCADA системи	66
<i>В. М. Авдєєв, Д. І. Кательніков</i>	Розробка методів і програмного забезпечення візуалізації новинного потоку у глобальній інфосфері з використанням технології JAVA FX	68
<i>О. Н. Романюк, В. М. Бажан</i>	Особливості DIRECTX 12	70
<i>О. В. Кучмистенко</i>	Проектування об'єктів транспорту нафти на засадах хмарних технологій	72
<i>О. Пастернак</i>	Розробка 3Д моделі механічної частини електронного мікроскопа	75
<i>І. С. Яковин, С. І. Мельничук</i>	Застосування методу ковзної медіани для зменшення похибки позиціонування модуля GPS NEO-6M	76
<i>М. І. Горбійчук, О. Т. Лазорів, А. М. Лазорів</i>	Оптимальне керування роботою газоперекачувальних агрегатів з використанням методів штучного інтелекту	78
<i>Ю. М. Поташник, Л. І. Фешанич</i>	Аналіз стійкості синтезованої системи автоматичного керування водогрійним котлом	81
<i>М. І. Горбійчук, Н. Т. Лазорів</i>	Синтез емпіричних моделей оптимальної складності	83
<i>О.Н. Романюк, О.В. Мельник, А.В. Маруцак, В.А. Шмалюх</i>	Комп'ютерна програма для імітації гексагонального растру	85
<i>М.І.Козуляк</i>	Згладжування даних при дослідженні динаміки об'єктів керування	87

<i>В. Б. Кропивницька, Д.Р. Кропивницький</i>	Взаємозв'язок підсистем процесу буріння свердловин	89
<i>Н. З. Петрів, Л. І. Фешанич</i>	Дослідження та аналіз процесу перероблення вторинного дистилляту	90
<i>А. В. Мельник</i>	Автоматизація технологічного процесу сепарації нафтової суміші	92
<i>В. В. Войтко, П. В. Ставицький</i>	Аналіз підходів до програмної реалізації системи розпізнавання музичних звуків	94
<i>М. Ю. Вознюк, О. В. Кучмистенко</i>	Метод трансформації автоматизованої системи управління процесом буріння свердловин	95
<i>Д. С. Іванов</i>	Метод розпізнавання дорожніх знаків	98
<i>М. В. Шавранський, Х. С. Кім</i>	Ідентифікація та моделювання фракційної колони процесу високотемпературної переробки нафти	101
<i>С. С. Прокопів, М. І. Козутяк</i>	Автоматизація трифазного сепаратора нафти	103
<i>В. М. Шавранський, В. І. Шекета</i>	Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень при керуванні процесом буріння свердловин в умовах ускладнень	105
<i>О. В. Федорняк, М. І. Козутяк</i>	Автономна система керування сепаратором газу	107
<i>Д. М. Магас, В. Б. Кропивницька</i>	Аналіз інструментів реалізації штучного інтелекту в контексті вирішення проблем нафтогазової промисловості	109

### **Інформаційно-вимірювальні технології**

<i>А. Г. Винничук, В. В. Гринюк</i>	Інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів мікроклімату тепличних приміщень	113
<i>Л. Г. Халімовський, Н. Б. Клочко</i>	Оцінювання невизначеності вимірювання температури та градієнта температури тепловізором	115
<i>С. А. Лукасевич, В. Б. Білищук</i>	Розроблення мікропроцесорного блоку відеосистеми реєстрації зображення краплі	117

<i>Ia. L. Fershtej, A. H. Vynnyshchuk, N. B. Klochko</i>	Analysis of ways to improve the accuracy of natural gas accounting	119
<i>Я. М. Лаєрін, С. В. Гунько, О. Л. Кайдик</i>	До питання прогнозування метрологічної відмови засобів вимірювання із врахуванням запасу їх метрологічної надійності	121
<i>О. М. Шахновський, В. Ю. Денисюк</i>	Метрологічне забезпечення контролю похибок переміщення об'єктів оптико-електронними приладами	123
<i>Б. О. Прокопчук, Т. В. Терлецький</i>	Шляхи підвищення ефективності CCTV за недостатнього освітлення об'єкта спостереження	125
<i>І. І. Дунь, Я. І. Заячук</i>	Хмарний сервіс розумного будинку	127
<i>А. О. Яцуцак, Н. Б. Клочко</i>	Розроблення інформаційно-вимірювальної системи для контролю в'язкісно-температурних властивостей нафтопродуктів	129
<i>О. В. Піндус, С. А. Чеховський, Н. М. Піндус</i>	Метрологічний аналіз спірографічного комплексу на базі ентропійного коефіцієнта	131
<i>А. А. Ткачук, Ю. В. Мороз</i>	Вимірювання інформаційних параметрів в мережах зв'язку	133
<i>Ю. О. Махович</i>	Проектування електронного вольтамперметра	135
<i>В. О. Гандрибіда</i>	Розробка методів і програмного забезпечення візуалізації географічних артефактів з використанням інтерфейсу геоданих та мобільної ОС IOS	137
<i>Т. І. Федшин, Т. З. Бубела</i>	Метрологічна перевірка підсистеми збору даних для кібер-фізичної системи моніторингу у агропромисловому секторі	139
<i>Р. І. Гава, О. Є. Середюк</i>	Вивчення статистичних закономірностей зміни середньозваженої похибки побутових лічильників газу від інтенсивності експлуатації	142
<i>А. П. Кушнір</i>	Розроблення інформаційно-вимірювальної системи вимірювання різниці температур рідин	145

<i>В. М. Шахно</i>	Інформаційно навігаційна система управління курсором екрану за допомогою зорового апарату людини	147
<i>В. В. Гавучак, І. З. Мануляк</i>	Огляд методів машинного навчання в задачах аналізу даних на основі нейромереж	149

## Інформаційні технології в навчальному процесі

<i>Т. Г. Полухтович, Ю. Є. Мельничук</i>	Інформаційне забезпечення навчального процесу у вишах	153
<i>І. Mykhailiuk, О. Tsareva, Т. Vavryk</i>	The student's model as a component of intellectual computer-based learning systems	155
<i>Т. Г. Полухтович, Ю. Є. Мельничук</i>	Професіоналізм і майстерність у педагогічній діяльності викладача	156
<i>С. В. Kotlyk, О. Р. Sokolova</i>	Use of contextual advertising technology with the help of Google Adwords for educational purposes	159
<i>Р. Р. Луцицький, О.О. Войтичук</i>	Комп'ютерне моделювання електромагнітних полів: електрична складова	161
<i>В. В. Нижникевич, А. І. Ворона</i>	Комп'ютерне моделювання електромагнітних полів: магнітна складова	162
<i>Р. Р. Луцицький, В. В. Сідак</i>	Результати комп'ютерного моделювання електромагнітного поля як доказ єдності його складових	163
<i>В. В. Нижникевич, Р. М. Луцицький</i>	Інформаційні технології в дистанційному навчанні фізики студентів на інженерних спеціальностях	165
<i>В. В. Демченко</i>	Використання машинного навчання в ігрових додатках	167
<i>Л. Р. Бабчук</i>	Особливості використання корпоративної платформи Microsoft Teams при викладанні хімічних дисциплін	168
<i>О. І. Мимоход</i>	Ведення та організація розробки веб проєктів	170

<i>В. Р. Кропивницький, В. Б. Кропивницька</i>	Розроблення програми пошуку дублікатів файлів	172
<i>В. О. Козьмін, В. П. Майданюк</i>	Розширення функціональних можливостей графічних онлайн-редакторів	174
<i>Л. В. Бойко, В. Б. Кропивницька</i>	Представлення комп'ютерної мережі в системі імітаційного моделювання	176
<i>Р. П. Мінів</i>	Розробка методу та програмного засобу для реалізації ігрових інтерактивних дій	178
<i>В. О. Ніколайчук, О. В. Романюк</i>	Удосконалений метод порівняння зображень з можливістю визначення часткових дублікатів зображень	179
<i>С. М. Бурбело, С. В. Бевз, Д. В. Дмитрієнко</i>	Розробка та використання інтелектуальної гри-вікторини в навчальному процесі	182
<i>Ю. В. Сідлак</i>	Огляд ігрового рушія Unreal Engine 4	183

### **Математичне моделювання та обчислювальні методи**

<i>І. О. Шуляр, В. В. Кустов, Ю. Сидоров</i>	Математичне моделювання процесу відцентрового армування зубків шарошок бурових доліт	185
<i>А. І. Гриш, Я. І. Заячук</i>	Аналіз моделей MAC-підрівня безпроводної мережі	186
<i>Г. Д. Матеїк, І. Р. Захарків</i>	Синтез емпіричних моделей статичних характеристик нагнітача на засадах генетичних алгоритмів	188
<i>В. В. Олексин, Я. І. Заячук</i>	Безпекова модель КФС на основі дескрипторної системи	191
<i>В. А. Равшер</i>	Використання технології рейкастингу для побудови 3D моделей приміщень засобами мови javascript	193
<i>В. А. Хомик, Я. І. Заячук</i>	Аналіз характеристик даних у безпроводних сенсорних мережах	195

<i>Р. Б. Курташ</i>	Розробка алгоритму діагностування структурних дефектів з використанням методів машинного навчання	197
<i>В. М. Гарасимів</i>	Застосування числових методів для знаходження параметрів математичної моделі двоступеневого ВЦН природного газу	200
<i>О. В. Восьмушко, О. В. Романюк</i>	Система для багатокористувацької онлайн гри з використанням мікросервісної архітектури	202
<i>М. Б. Кузик</i>	Особливості впливу калорійності природного газу на операційні витрати	204
<i>С. О. Максим'юк</i>	Моделювання газових мереж в умовах функціонування ринку природного газу	206
<i>М. В. Шавранський, І. І. Кустрин</i>	Удосконалення математичної моделі процесу каталітичного риформінгу при отриманні високооктанового бензину	208
<i>В. В. Мойсеева, Т. З. Бубела</i>	Джерела невизначеності в дослідженнях параметрів довкілля	210
<i>М. В. Шавранський, Б. В. Гой</i>	Розробка та дослідження моделі системи керування гідравлічним режимом магістрального нафтопроводу	211
<i>Б. М. Слободян, В. М. Гарасимів</i>	Моделювання процесу регулювання тиску в ректифікаційній колоні	213
<i>В. П. Майданюк, К. А. Чернишов, І. С. Гертель</i>	Ущільнення зображень на основі двовимірної просторової фільтрації	215
<i>Т. Г. Гарасимів</i>	Прогнозування значень об'ємної продуктивності ВЦН із використанням часових рядів	216
<i>М. В. Шавранський</i>	Ідентифікація основних параметрів динамічної системи котлоагрегату енергоблока	218
<i>В. В. Ткачук, О. Є. Середюк</i>	Дослідження впливу теплофізичних параметрів природного газу при його термоанемометричних дослідженнях	220

## Промислові комп'ютерні системи

<i>С. М. Бабчук, І. Т. Романів</i>	Кластерна система на базі одноплатних комп'ютерів raspberry PI	223
<i>Л. О. Потеряйло, В. В. Процюк, К. І. Кравців</i>	Моделювання імітаційної моделі керування процесами буріння на основі прецедентів	225
<i>М. І. Богатчук</i>	Планування періодичності технічного обслуговування НГТТ за витраченим паливом із використанням інтегрованої ERP-системи	227
<i>В. С. Ванчак, С. І. Мельничук</i>	Розумна модульна комп'ютерна мережа швидкого розгортання для метеорологічного моніторингу	229
<i>Н. О. Кавацив, Т. В. Гуменюк</i>	Аналіз структури чат-боту на основі нейронних мереж для платформи telegram	231
<i>А. Р. Іванюк</i>	Захищені канали зв'язку в комп'ютерній мережі	234
<i>О. О. Стефанишин, Х. В. Паньків</i>	Розробка підсистеми пошуку вільних аудиторій для планування навчального розкладу у ІФНТУНГ	236
<i>М. І. Горбійчук, В. Я. Чемеринський</i>	Нейромережева технологія визначення станів бурової установки	238
<i>Б. В. Яремій, Ю. В. Паньків</i>	Розроблення прототипу навчального програмованого контролера для дослідження основних принципів побудови розподілених систем керування	240
<i>Т. М. Бугра</i>	Машинний зір. Обробка зображень оптичного джерела	242
<i>Т. В. Гуменюк</i>	Розробка програмного модуля задачі розпізнавання технологічних станів процесу поглиблення свердловин в умовах невизначеності засобами нейронних мереж	244
<i>А. В. Хамурда, І. З. Лютак</i>	Використання рекурентних нейронних мереж для аналізу тривалого процесу ультразвукового дослідження деталей та матеріалів	246
<i>Д. І. Мельничук, Т. В. Гуменюк</i>	Розробка програмного забезпечення для робо-платформи Ілона	247



**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА  
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ**



УДК 681.5.042

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ ТА ЇЇ УСТАТКУВАННЯ**

***Кобрій В. В., Фешинич Л. І.***

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,  
Україна, kobriivladimir@gmail.com*

Одним із найперспективніших напрямків у сфері автоматизації технологічних процесів целюлозно-паперових виробництв є розроблення автоматизованих систем керування, орієнтованих на використання мікропроцесорних засобів обчислювальної техніки. Для виготовлення паперу використовується деревна целюлоза або вживаний папір (макулатура).

Технологічна схема виробництва паперу складатиметься з наступних процесів:

- приготування паперової маси, що включає операції по масному помелу волокон, проклеюванню, наповненню і фарбуванню маси;
- розбавлення маси водою до необхідної концентрації;
- очищення від сторонніх включень;
- виготовлення паперу на папероробній машині, що включає його пресування, сушку, обробку і намотування в рулон.

Помелом називається процес спеціальної механічної обробки рослинних волокон у присутності води, що виконується в млинах [1].

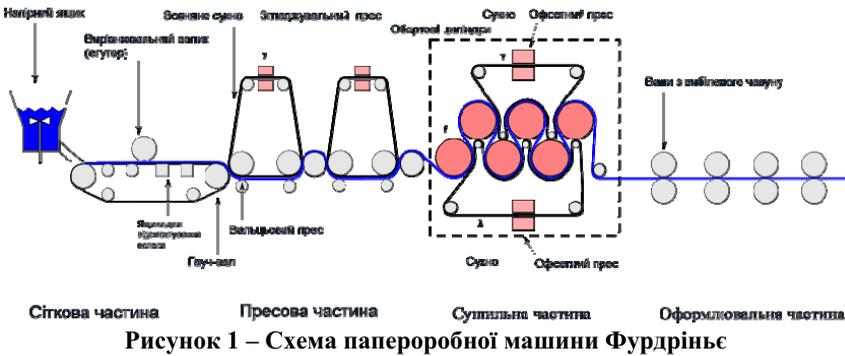
Машина для виробництва паперу – це багатосекційний агрегат безперервної дії, на якому із волокнистої суспензії, що сильно розведена водою, одержують папір [2]. Розрізняють два основних типи машин для виробництва паперу: плоскіткві (столові), застосовуються для виробництва основних видів паперу, і кругліткві (циліндрові), на яких виготовляється обмежений асортимент паперу й картону.

Машина для виробництва паперу (рис. 1) містить такі основні частини:

- 1) сіткова, де з розведеної суспензії безперервно формується полотно паперу і з нього видаляється перша частина надлишкової води;
- 2) пресова, де проводиться зневоднювання й ущільнення полотна паперу;
- 3) сушильна, де видаляється волога, що залишилася в паперовому полотні;
- 4) оформлювальна, де полотно піддається необхідній обробці для додання лису, щільності, гладкості й намотується в рулони.

Сіткова частина — нескінченна сітка (виткана з ниток різних сплавів міді або синтетичних матеріалів). Зневоднювання паперової маси відбуваються за рахунок ящиків, що відсмоктують вологу під дією вакууму, що створюється спеціальними вакуумними насосами. Після цього полотно паперу містить ще 88-90 % вологи.

Подальше зневоднювання відбувається в пресовій частині механічним віджимом під дією тиску й вакууму шляхом пропуску полотна через декілька (2-3, рідше 4-5) вальцьових пресів, розташованих послідовно. Потім полотно паперу із сухістю до 45 % надходить у сушильну частину.



Сушильна частина є найдовшою і складається з обертових циліндрів, що обігріваються з середини гарячою парою, і розташовані в два ряди в шаховому порядку. Полотно притискається до нагрітої поверхні циліндрів за допомогою сунок, що покращують тепловіддачу й запобігають зморщуванню паперу при сушінні. При цьому папір висушується до вмісту залишкової вологи 5-7 %. Тут встановлені автоматичні регулятори подачі пари в циліндри та пристосування для автоматичного заправлення полотна паперу на сушильні циліндри.

Оформлювальна частина являє собою каландр, що складається з 5-10 розташованих один над одним валів з вибіленого чавуну. При русі між валами зверху вниз полотно стає більше гладким, ущільнюється й вирівнюється по товщині. Потім папір намотується в рулони на накаті (циліндри, до яких притискається валик з намотуванням на нього папером).

Для забезпечення безперервної роботи машини для виготовлення паперу використовуються автоматичні прилади, які регулюють процеси відливу й сушіння паперу на більших швидкостях [3]. Висока оснащеність автоматичними приладами, точність регулювання й висока продуктивність машини дозволяють мінімізувати кількість робітників, що її обслуговують.

Проаналізувавши технологію виготовлення паперу зрозуміло, що залишається актуальним використання сучасних технічних засобів автоматизації для забезпечення надійної роботи паперової машини.

#### Літературні джерела

1 Поліграфія та видавнича справа [Текст]: рос.-укр. тлумачний слов. / уклад.: Б. В. Дурняк, О. В. Мельников, О. М. Васишин, О. Г. Дячок. — Львів: Афіша, 2002. — 456 с. — ISBN 966-7760-79-0

2 Тлумачний словник термінів целюлозно-паперового виробництва [Текст] / уклад. В. А. Сологуб ; ВАТ «УкрНДІ паперу» ; рец. Л. Т. Масенко, П. В. Король, В. П. Світельський. — К : Києво-Могилянська академія, 2005. — 300 с. — Бібліогр. : с. 298. — 500 пр. — ISBN 966-5183-25-7

3 Жидецький Ю. Ц. Поліграфічні матеріали [Текст]: підруч. Ю. Ц. Жидецький, О. В. Лазаренко, Н. Д. Лотошинська, О. В. Мельников та ін. — Львів: Афіша, 2001. — 328 с.

## БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄТАМИ

*Зварич Г.Г.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Для автоматизації технологічних об'єктів, що функціонують за умов апріорної та поточної невизначеності щодо їх структури і параметрів, якими є деякі об'єкти нафтової і газової промисловості найбільш сприятливим є застосування принципів фаззи-логіки. Ця задача є актуальною у зв'язку з широким впровадженням в галузі комп'ютерно-інтегрованих технологій [1].

Тому метою даної роботи є синтез алгоритму процесу розробки системи автоматизації процесів керування об'єктами, що функціонують за умов апріорної та поточної невизначеності.

Відомо [1, 2], що основними етапами розробки системи автоматизації такого класу на базі фаззи-контролерів є наступні:

- формалізація поставленої задачі: встановлення функціональної структури системи, вхідних та вихідних величин, вхідних та вихідних фільтрів; складання лінгвістичного опису з конкретними фізичними значеннями параметрів;
- встановлення алгоритмічних ступенів свободи: агрегація, імплікація, акумуляція, метод дефазифікації;
- встановлення параметричних ступенів свободи: можливих інтервалів зміни вхідних та вихідних величин, форми та параметрів функцій належності, фаззи-правил;
- моделювання і оптимізація розробленої системи в режимі *off-line*: інтерактивний аналіз поведінки фаззи-системи за допомогою моделі керованого об'єкта або з використанням заздалегіть підготовлених промислових даних;
- оптимізація фаззи-системи в режимі *on-line*: під'єднання створеної системи до об'єкта і оптимізація різних компонентів системи в реальних умовах;
- реалізація розробленої системи.

Сукупність всіх названих етапів покладена в основу створення блок-схеми алгоритму (рис.1) розробки системи автоматизації процесів керування об'єктами, що функціонують за умов апріорної та поточної невизначеності.

Запропоновано алгоритм розробки системи автоматизації процесів керування об'єктами, що функціонують за умов апріорної та поточної невизначеності, який на відміну від алгоритму створення звичайних систем керування, містить алгоритм розробки фаззи-контролера, що дозволяє розробити проект фаззи-системи автоматизації процесів керування складними об'єктами.

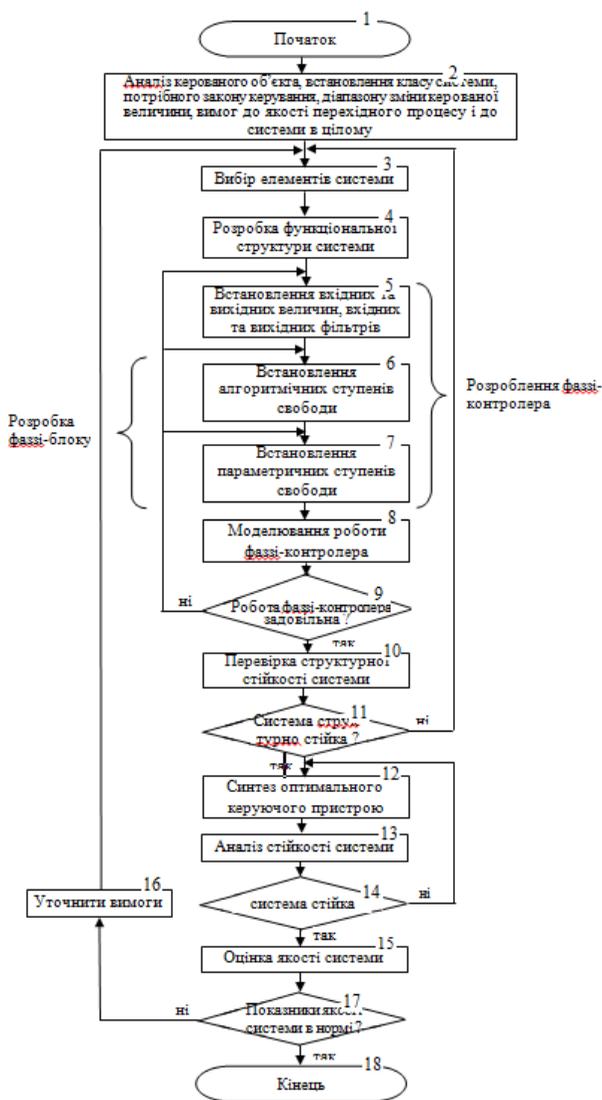


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розроблення системи автоматизації

### Літературні джерела

1 Семенцов Г.Н., Чигур І.І., Шавранський М.В., Борин В.С. Фаззі-логіка в системах керування. Навчальний посібник ІФНТУНГ: Факел, 2010р. – 85 с.  
 2 Al-Hadithi B.M., Matia F., Timenez A. Fuzzy control for a liquid level system // Proceedings of EUSFLAT 2003, Zittau, Germany, 2003.– 355-361 p.p.

УДК 681.511.42

## АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Майкович Є.П., П'яста В.В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Розроблення ефективних адаптивних систем управління складними технологічними комплексами (ТК) нафтової і газової промисловості є актуальною науково-прикладною задачею у зв'язку з інтенсивним впровадженням в галузі комп'ютерно-інтегрованих технологій [1,2]. Актуальність цієї задачі обумовлена ще й тим, що ТК функціонують за умов істотної апріорної та поточної невизначеності щодо їх параметрів і структури, а також навколишнього середовища, що виявляє себе у вигляді контрольованих і неконтрольованих збурень і перешкод різної природи.

Тому метою є аналіз можливостей застосування методів адаптивного і робастного управління ТК в нафтогазовидобувній галузі промисловості.

Цей новий клас процесів має ознаки як технічних, так і організаційних систем [14]: багато вимірність; складність та змінваність структури; наявність та зміна багатьох цілей; не детермінованість; активність та ін. Окрім цього наявність особи, яка приймає рішення поряд з позитивним аспектом (адаптивність, толерантність щодо зміни структури та властивостей системи, суб'єктивна оптимізація), має і негативні сторони – обмежений обсяг інформації, яка може перероблятися в реальному часі, зниження надійності при втомі, запізнення в прийнятті рішень тощо.

Оперативне управління технологічними комплексами в класі організаційно-технологічних систем галузі може бути реалізовано в багаторівневій ієрархічній структурі, яка має різні функції і вирішує різні задачі. За призначенням їх можна об'єднати в певні групи (рис.1).



**Рис. 1. Функції і задачі управління технологічними комплексами в складі організаційно-технологічних систем**

Отже підвищення ефективності управління технологічними комплексами нафтової і газової промисловості слід шукати в побудові єдиного інформаційного простору, об'єднанні різних етапів виробництва і застосування нових підходів і методів управління – робастного і адаптивного.

Слід відзначити, що складність синтезу робастної системи полягає не в розв'язанні тих чи інших рівнянь, а, перш за все, у формуванні критерію якості робастного управління таким чином, щоб синтезована система задовольняла технічним вимогам, які висуваються до системи в цілому.

Разом з тим метою адаптивного управління об'єктами, які функціонують за умов невизначеності щодо параметрів об'єкта і навколишнього середовища, що виявляє себе у вигляді контрольованих і неконтрольованих збурень і перешкод різної природи, є здатність змінювати алгоритми функціонування, структуру та параметри системи за рахунок використання додаткових пристроїв та зв'язків, що дозволяють об'єкту своєчасно пристосуватися до змінюваних умов роботи.

Практичне рішення такої задачі в значній мірі полегшується завдяки програмно-алгоритмічній підтримці, відомої під назвою  $\mu$ -синтезу, теоретичні основи якого викладені в [16]. Досвід робастної оптимізації багатомірних систем на основі технології  $\mu$ -синтезу [17] показав, що значна кількість алгоритмів, програм в « $\mu$ -Analysis and Synthesis Toolloх», а також можливість створення на їх основі різних процедур робастної оптимізації для конкретних задач управління дозволяє вважати, що існує технологія  $\mu$ -синтезу.

Показано [17], що  $\mu$ -синтезу для багатомірних систем дозволяє отримати значно кращі результати в порівнянні з «методом двох рівнянь Рікати».

На основі аналізу властивостей адаптивних систем автоматичного управління, побудованих на використанні інтелектуальних технологій управління, визначені переваги цих систем для управління технологічними комплексами нафтової і газової промисловості. Проведена оцінка можливості застосування робастних систем для конкретного технологічного комплексу і запропонована структура інтелектуальної системи управління процесом буріння нафтових і газових свердловин.

#### Літературні джерела

- 1 Ладанюк А.П. Основи системного аналізу / А.П.Ладанюк // Вінниця: Нова книга – 2004. – 173с.
- 2 Куценко А.С. Многокритериальный синтез нелинейного робастного управления многоканальными системами: доповіді XV міжнар.конф. з автоматичного управління, 23-26 вересня 2008р., Одеса / А.С.Куценко, Т.Б.Никитина. - Одеса: ОНМА, 2008. – С.300-303.

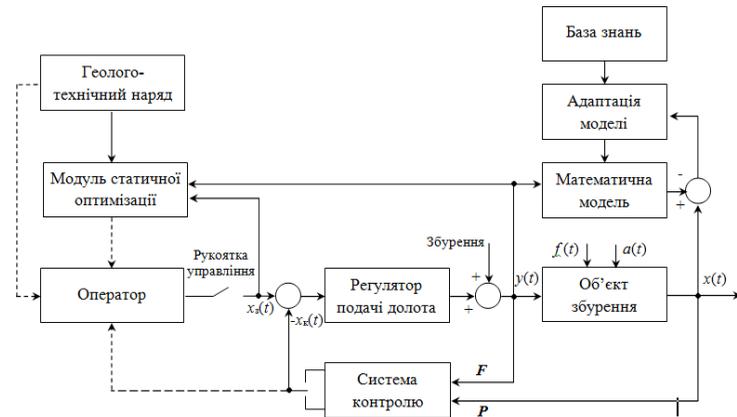
## АДАПТАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ЕЛЕКТРОБУРАМИ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Зварич Г.Г., Бляхівський Т.Р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, kafatp@ukr.net

Розвиток методів адаптації математичних моделей процесу буріння нафтових і газових свердловин електробурами є актуальною науково-прикладною задачею у зв'язку з тим, що процес є нелінійним стохастично-хаотичним невідтворюваним процесом, що розвивається у часі, здійснюється за умов апріорної та поточної невизначеності і перебуває під впливом різного типу адитивних і мультиплікативних завад.

Структура системи керування технологічним процесом буріння свердловин електробурами з урахуванням адаптації моделі наведена на рис. 1 [1]:



$x_s(t)$  – задане значення керованої величини (осьового зусилля  $F$  або потужності  $P$ );  $x(t)$  – фактичне значення керованої величини;  $x_k(t)$  – контрольоване значення керованої величини;  $y(t)$  – керуюча дія;  $---$  – інформаційні канали

**Рисунок 1 – Структура системи керування технологічним процесом буріння свердловин електробурами з адаптацією моделі об'єкта в реальному часі**

У даному випадку ми можемо вимірювати лише потужність  $P$ , яку споживає двигун електробура та вхідні керувальні дії

$$\bar{y}^T(t) = (F(t), n(t), Q(t)), \quad (1)$$

де  $F(t)$  – осьова сила на долото;  $n(t)$  – частота обертання долота;  $Q(t)$  – витрата промивної рідини на вході в свердловину та вихідну збурену дію  $x(t)$ .

Окрім того, цей об'єкт керування характеризується деякою кількістю постійних величин  $\alpha(t)$

$$\alpha(t) = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \quad (2)$$

де  $\alpha_1$  – діаметр долота;  $\alpha_2, \alpha_3$  – кількість шарошок і зубців на шарошках, від яких залежать характеристики стану процесу буріння.

Внаслідок дії таких збурень як фізико-механічні і абразивні властивості гірських порід, технічний стан долота, пластові тиски, температура в свердловині та ін. вхідні і вихідні параметри об'єкта змінюються у часі. Кожна з вихідних величин  $\bar{y}^T(t) = \{P(t), h(t), v(t)\}$ , де  $h(t)$  – проходка долота,  $v(t)$  – механічна швидкість буріння, є функцією керувальних дій  $\bar{y}^T(t)$  і зовнішніх впливів  $f_i(t)$

$$\bar{x}_i(t) = \psi_i(\bar{u}(t), f(t)), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

де  $i$  – кількість вихідних величин.

Отже, виникає актуальна задача визначення моделі об'єкта керування, не вимірюючи ці збурення.

Задачу такого типу запропоновано [1,2] вирішувати у термінах кореляційних зображень вхідних, вихідних та збурюючих дій, користуючись дискретними значеннями змінних.

Тоді функція передачі процесу буріння як об'єкта керування з урахуванням зовнішніх збурень може бути представлена у вигляді [2]:

$$W_{лк}(z) = \frac{y(z)}{x(z)} = \frac{R_{yx}(z)}{R_{yy}(z)} = \frac{R_{yx_u}(z)}{R_{yy}(z)} + \frac{R_{yx_f}(z)}{R_{yy}(z)} = W_{3д}(z) + W_{3б}(z), \quad (4)$$

де  $W_{3д}(z)$  – функція передачі по задаючому впливу.

Функція передачі об'єкта керування по каналу «керувальна дія – показник процесу буріння» у випадку, коли враховуються зовнішні збурення, має додаткову складову  $W_{3б}(z) = R_{yx_f}(z) / R_{yy}(z)$ , яка містить у собі інформацію про вплив зовнішніх збурень на процес буріння як об'єкт керування.

З метою врахування впливу збурення з постійною оцінкою автокореляційної функції на динамічні властивості процесу буріння як об'єкта керування достатньо одержати оцінку взаємкореляційної функції між керувальною дією  $y[i]$  та досліджуваним показником процесу буріння у вигляді суми  $x[i] = x_y[i] + x_f[i]$ , не вимірюючи окремо збурення, яке є недосяжним для вимірювання у процесі поглиблення свердловин.

Якщо змінюються умови буріння і долото переходить в прошарок гірської породи з іншими властивостями, тоді необхідно отримати нову функцію передачі  $W_{ок}(z)$  з урахуванням нових оцінок кореляційних функцій.

#### Літературні джерела

1 Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений [Текст] / В.О.Никифоров.– СПб.: Наука, 2003. – 282 с. – Библиогр.: с.25-28. – 400 экз. – ISBN02-025006-6.

2 Назаренко М.В. Теоретичні засади та принципи побудови моделей динамічних процесів та їх регуляторів [Текст]: монографія /М.В.Назаренко. – Кривий Ріг: Діоніс (ФОП Чернявський Д.О), 2010. – 204 с. - Библиогр.: с.142-156. – 500 экз. – ISBN0978-966-2311-28-0.

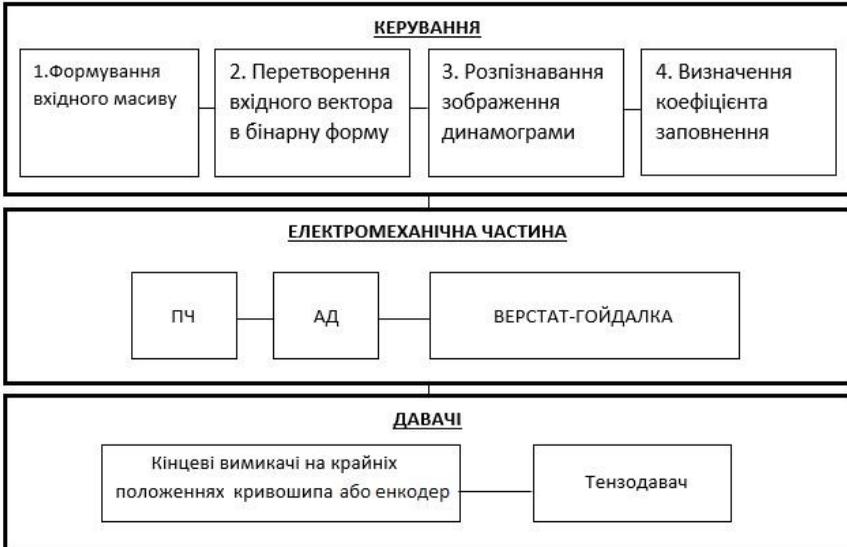
УДК 681.511.42

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАФТОВИДОБУВНОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

*Борин В.С., Бунь В.Б.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Сучасний етап розвитку української нафтової промисловості характеризується збільшенням кількості родовищ, які значно вичерпали свій ресурс і знаходяться в пізній стадії розробки, коли відбір нафти зі свердловини зменшується, а затрати при цьому зростають [1]. Понад 80% всього видобутку нафти в Україні забезпечують родовища рівень виснаженості яких становить біля 60%. Нових родовищ в Україні відкривається досить мала кількість, а тому важливою задачею є підвищення ефективності існуючих нафтових родовищ [2]. На цей процес негативно впливають такі фактори, як фізичне зношення та технологічна відсталість технічних засобів, відсутність належного фінансування та стимулювання проведення реконструкції й оновлення виробництва. Модернізація старих нафтопромислів повинна відбуватися на основі сучасних світових досягнень в галузі нафтовидобування, систем керування, комп'ютерної та мікропроцесорної техніки. Це дасть можливість підвищити коефіцієнт нафтовіддачі промислу, який сьогодні не перевищує 30% [2], і ще протягом довгого часу експлуатувати старі родовища.



**Рисунок 1-** Структурна схема загальної моделі нафтовидобувної установки з автоматичним керуванням: можливість розпізнавання динамограм

Для проведення експериментів з різними типами нейронних мереж розроблено комп'ютерну модель електромеханічної системи ШНВУ в середовищі Simulink програмного пакету MATLAB. Ключовими елементами такої схеми є блоки, які описують електромеханічну частину ШНВУ, в тому числі АД та перетворювач частоти, система давачів та блок керування в основі якого є нейронна мережа. Оскільки алгоритм розпізнавання зображень є універсальним, то на його вхід можна подавати дані різних типів. Тому розроблено дві структури, де окремо виділено роботу з динамограмами та струмограмами. Зокрема, структурна схема загальної моделі нафтовидобувної установки з автоматичним керуванням показана на рис.1. Особливістю схеми є можливість розпізнавати стан свердловини за динамограмами знятими з допомогою тензодавача, встановленого на полірованому штоці верстата-гойдалки.

На рис.2 показана вдосконалена схема, де відсутні давачі, а є тільки давач струму, тому керуючий сигнал розраховується на основі зображення струмограм. Таке рішення зменшує кількість елементів схеми та кількість проміжних розрахунків.



**Рисунок 2 – Структурна схема загальної моделі нафтовидобувної установки з автоматичним керуванням: можливістю розпізнавання струмограм.**

**Літературні джерела**

1 Малько Б.Д., Попович В.Я., Харун В.Н., Кварцяний В.О. Аналіз ефективності використання потужності електродвигунів верстатів-гойдалок Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2007. № 1. С. 49–52.  
 2 Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О., Гришаненко В.П., Прокопів В.Й., Швидкий О.А. Основні напрями вдосконалення систем розробки родовищ та потенціал нарощування видобутку нафти в Україні. Нафтова галузь України. 2013. № 2. С. 27–30.

УДК 681.518.68:622.24

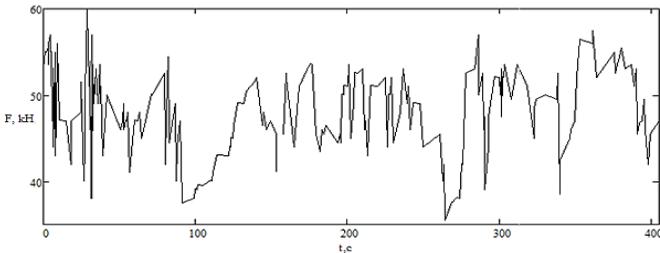
## ОЦІНКИ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛУКТУАЦІЙ ОСЬОВОЇ СИЛИ НА БУРОВЕ ДОЛОТО В ПРОЦЕСІ ПОГЛИБЛЕННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Матеїк Г.Д.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Розробка засобів вимірювання осьової сили на долото під час буріння нафтових і газових свердловин є актуальною науково-технічною задачею у зв'язку з інтенсивним впровадженням в даний час автоматизованих систем керування режимами буріння [1,2].

Розрахунок статистичних характеристик вихідних даних у вигляді 205 одиниць випадкового сигналу проведений за допомогою програмних продуктів MathCad, Curve Expert Pro v.1.63, Matlab. Графік зміни осьової сили в часі, отриманий в результаті обробки експериментальних даних в програмі MathCad, наведено на рис 1.



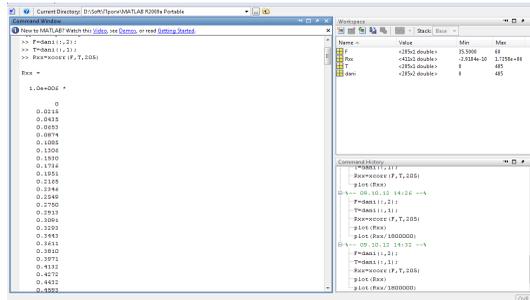
**Рисунок 1 – Графік зміни осьової сили у часі, отриманий в результаті обробки експериментальних даних в програмі MathCad**

За допомогою середовища MathCad отримали наступні оцінки випадкового процесу  $F(t)$  (в розрахунках позначення сили  $F$  замінимо на  $K$ ). Математичне сподівання:  $m := \text{mean}(K)$ ,  $\text{mean}(K) = 47.929$ . Дисперсія: зміщена оцінка –  $\text{var}(K) = 24.581$ , не зміщена оцінка –  $\text{Var}(K) = 24.702$ . Середнє квадратичне відхилення: зміщена оцінка –  $\text{stdev}(K) = 4.958$ . Ці характеристики для кожного конкретного моменту є середніми з множини. Вони визначаються одномірним законом розподілу.

Для випадкової функції  $F(t)$  отримані на основі нього характеристики, такі як оцінка математичного сподівання та дисперсія, ще не є достатніми для оцінки характеру протікання випадкового процесу в часі. Тому необхідно ще встановити зв'язок між значеннями випадкового процесу  $F(t)$  в різні моменти часу. Це зробимо за допомогою двохмірної функції розподілу [2] – автокореляційної функції або функції спектральної густини. Для визначення автокореляційної функції скористаємось пакетом Matlab. Імпортуємо дані і отримуємо графічне зображення нормованої автокореляційної функції осьової сили на долото  $R_{xx}(\tau)$  на рис 2.

Графік отриманої автокореляційної функції підтверджує, що досліджуваний процес  $F(t)$  є стаціонарним і ергодичним. Для одержання рівняння

автокореляційної функції скористаємось програмою Curve Expert. Вивісни значення, які були розраховані, отримуємо різні рівняння з різними похибками і різними коефіцієнтами кореляції. Проаналізувавши всі рівняння, вибираємо рівняння експоненти  $R_{xx}(k) = ae^{bx}$ . Будуємо графік функції, що описується даним рівнянням (рис. 3).



>>  $R_{xx} = \text{xcorr}(F, T, 205)$

>>  $\text{plot}(R_{xx})$

Autocorrelation

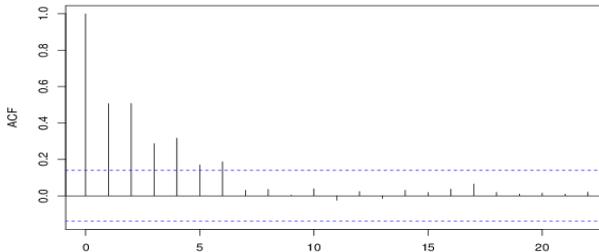


Рисунок 2 – Графічне зображення автокореляційної функції осової сили на долото  $F$

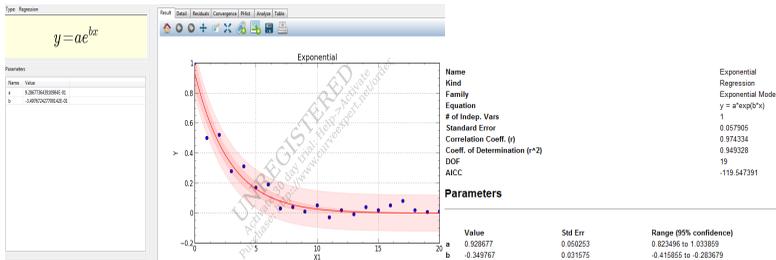


Рисунок 3 – Графічне зображення автокореляційної функції для осової сили на долото  $F$  при використанні Curve Expert (Exponential)

Як бачимо, графік повністю відтворюють вище наведену автокореляційну функцію з коефіцієнтом кореляції  $r = 0,974$  і стандартною похибкою  $S = 0,058$ .

Оскільки оператор бурової установки прагне підтримувати осьову силу на долото постійною з певними флуктуаційними коливаннями, то оцінка математичного сподівання на таких ділянках постійна, а реалізація функції осової сили на долото має вигляд квазістаціонарної випадкової функції.

### Літературні джерела

1 Семенцов Г.Н. Основи моніторингу технологічних об'єктів нафтогазової галузі: [навчальний посібник] / Г.Н. Семенцов, М.М.Дранчук, О.В. Гутак, Я.Р. Когуч, М.І. Когутяк, Я.В. Куровець.– Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010.–808 с.

2 Семенцов Г.Н. Теорія автоматичного керування: [навчальний посібник] / Г.Н. Семенцов – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. – 611 с.

УДК 681.511.42

## **АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПАРОВИМ КОТЛОМ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ З ІМПЛЕМЕНТАЦІЄЮ ЗАСОБІВ ТЕСТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ**

*Горбійчук М.І., Жолобчук В.А.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Розвиток виробництва залежить головним чином від інтенсивності розробки та інтеграції нових систем автоматичного керування, в тому числі і впровадження нових алгоритмів керування. Керування такими системами є складною задачею з точки зору теорії автоматичного керування, так як обумовлене рядом особливостей поведінки власне самого технологічного об'єкта (зміна регульованих параметрів від навантаження у великому діапазоні значень взаємовплив великої кількості технологічних величин, значні запізнення в інформаційних каналах і т.д).

Тому актуальною задачею залишається визначення такого підходу для розробки і дослідження системи автоматичного керування, який би максимально відтворював поведінку об'єкту. Запропонована комплексна математична модель барабанного парового котла як альтернатива класичному підходу до тестування нових алгоритмів керування лише на досліджуваному контурі. Математична модель барабанного котла, який досліджується в даній роботі, розроблена в середовищі Simulink системи комп'ютерної математики MatLab.

Її створення було проведено в декілька етапів роботи:

- 1 декомпозиція парової установки на окремі контури регулювання;
- 2 аналіз і дослідження технологічного процесу кожного контуру на основі літературних джерел;
- 3 реалізація математичної моделі за рахунок поступового приєднання кожного підоб'єкта з використанням СКМ;
- 4 дослідження динамічних властивостей нарощуваного об'єкта.

Необхідність створення комплексної математичної моделі об'єкта керування пояснюється реалізацією імітаційного моделювання. Згідно зі схемою взаємозв'язків між вхідними та вихідними параметрами барабанного котла, у моделі ОК реалізовано 6 основних контурів регулювання. Математичну модель показано на рис.1.

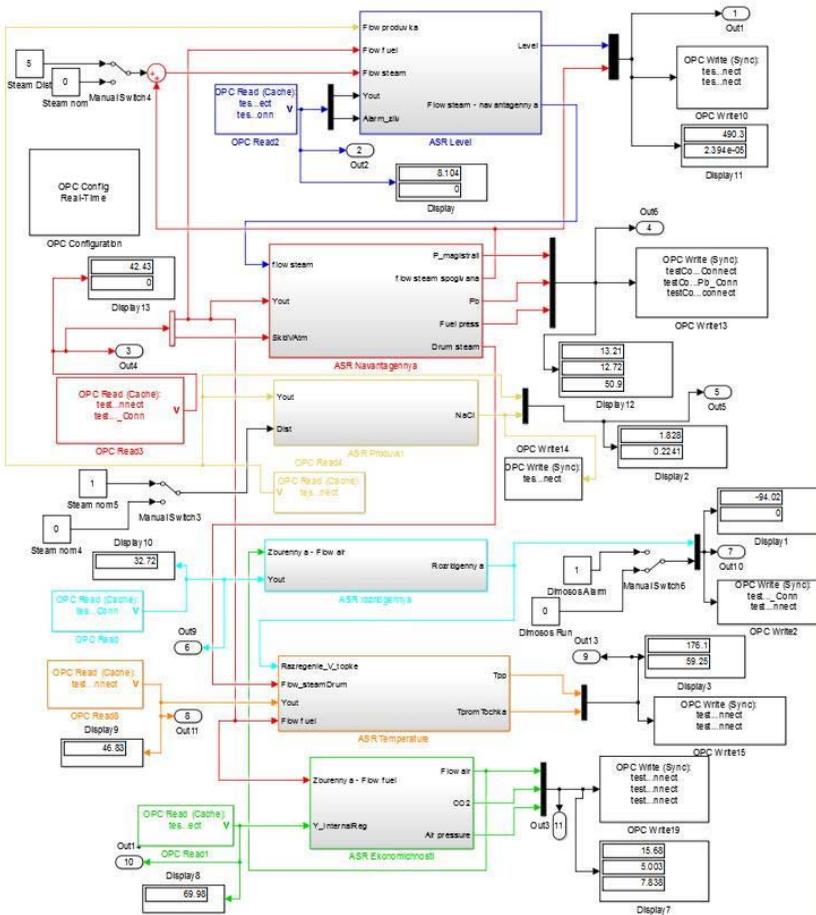


Рисунок 1 - Комплексна спрощена модель об'єкта

У моделі використовуються підсистеми (ASRLevel, ASRNavantagennya, ASRProduvki, ASRrozridgennya, ASRTemperature, ASREconomicnosti), у яких «заховано» власне математичні моделі контурів регулювання. Для виводу поточних значень на екран використовуються блоки Display. Блоки out використовуються для збереження результатів моделювання і можливості обробки отриманих даних після завершення процесу моделювання. Обмін даними між моделлю та контролером, у якому реалізовані алгоритми регулювання та захистів, відбувається за технологією OPC, тому використовуються блоки OPC Read та OPC Write.

Для моделювання зміни навантаження по витраті пари, збільшення вмісту солей у котловій воді та виходу з ладу димососа передбачена можливість ручного введення цих значень за допомогою блоків ManualSwitch.

Літературні джерела

1 Ложечников В.Ф., Михайленко В.С., Максименко И.М.. Аналитическая многорежимная математическая модель динамики газозоудного тракта барабанного котла средней мощности // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2007. – №2(20).– С. 29–33.

УДК 681.511.42

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОНДЕНСАТОРОМ-ХОЛОДИЛЬНИКОМ В ПРОЦЕСІ СТАБІЛІЗАЦІЇ КРЕКІНГ-БЕНЗИНУ**

*Борин В.С., Паркулаб І.Г.*

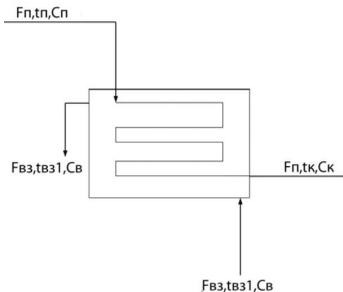
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Схема автоматизації технологічного процесу стабілізації крекінг-бензину включає в себе системи технологічного контролю, регулювання, сигналізації та захисту за технологічними параметрами, системи дистанційного керування виконавчими механізмами.

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні стабілізації якості процесу крекінг-бензину й зниження витрати вихідних продуктів при заданій продуктивності. Інакше кажучи, ця система призначена для підтримки параметрів в різних апаратах процесу.

У трубчатому конденсатор-холодильнику відбувається охолодження суміші, що надходить із колони стабілізації.

Розрахункову схему конденсатор-холодильника з позначенням усіх технологічних параметрів наведено на рисунку 1. На цій схемі позначені такі технологічні параметри:  $F_n$  – витрата сировини, яка надходить із колони стабілізації до конденсатор-холодильника;  $t_n$ ,  $t_k$ ,  $C_n$ ,  $C_k$  – температура та теплоємність дистиллята (вихідної речовини) на виході з конденсатор-холодильника;  $F_{в3}$ ,  $C_{в}$  – витрата та теплоємність води, що надходить у конденсатор-холодильник;  $t_{в31}$  – температура води на вході в конденсатор-холодильник;  $t_{в32}$  – температура води на виході із конденсатор-холодильник.



**Рисунок 1 – Розрахункова схема конденсатор-холодильника**

Для моделювання статичного та динамічного режимів конденсатор-холодильник робимо такі припущення:

- 1 Об'єкт із зосередженими параметрами;
- 2 Витрата сировини на вході в конденсатор-холодильник не змінюється в часі;
- 3 Теплоємність сировини та водяної пари зі зміною температури залишається сталою.

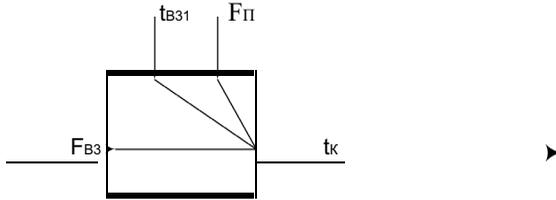
Усі значення технологічних параметрів що використовуються у статичному моделюванні конденсатор-холодильник.

Оскільки температуру конденсату на виході з конденсатор-холодильника необхідно регулювати за подачею охолоджуючої води що подається в його міжтрубний простір, то для нашого конденсатор-холодильника розглядаємо такі входи та виходи [1]:

*Вхід:*  $F_{ВЗ}$  – витрата води у конденсатор-холодильнику;

*Вихід:*  $t_k$  – температура дистилляту на виході;

*Збурення:*  $t_{ВЗ1}$  – температура води на вході;  $F_{П}$  – витрата дистилляту на виході.



**Рисунок 2 – Структурно-параметрична схема зовнішнього конденсатор-холодильника**

де  $Q_{П} = F_{П} i_{П}$  – кількість тепла, яке приноситься дистиллятом;  $Q_k = F_{П} t_k C_k$  – кількість тепла, яке виносить дистиллят;  $Q_{Тоб3} = \alpha_3 S_3 (t_k - t_{ВЗ2})$  – кількість тепла теплообміну, яке відбирається водою в міжтрубному просторі. Тут  $\alpha_3$  – коефіцієнт теплопередачі,  $S_3$  – площа поверхні теплообміну

### Літературні джерела

- 1 Бабіченко А.К., Тушинський В.І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2001 р. - 82 с.
2. Лесохин Е. И. Теплообменники-конденсаторы в процессах химической технологии /Е.И.Лесохин //, - 1990, - 289с.

УДК 681.511.42

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИМ РЕЖИМОМ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ***Горбійчук М.І., Костюк І.І.**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Одним з найважливіших елементів паливо-енергетичного комплексу України є система магістральних трубопроводів для транспортування нафти та продуктів її переробки. Географічне розташування родовищ нафти та її споживачів ставить трубопровідний транспорт на перше місце серед всіх інших. Тільки трубопровідний транспорт може забезпечити безперерйне та рівномірне постачання значних вантажопотоків нафти, забезпечуючи при цьому найменші економічні затрати [1]. Крім того, важливою перевагою трубопровідного транспорту нафти над залізничним та водним є можливість значної автоматизації технологічного процесу перекачування нафти [2].

Для того, щоб наблизити динамічну характеристику комплексу ПЗ-ВМ (поворотна заслінка – виконавчий механізм) до лінійної, тобто забезпечити сталу зміну тиску у часі, запропоновано для керування асинхронним двигуном ВМ застосувати частотокерований привід з можливістю зміни частоти живлення двигуна в межах від 0 до 100 Гц. Крім того, частотокерований привід, завдяки своїм властивостям, дозволить одержати інші переваги - забезпечити плавні пуски двигуна та збільшити допустиму кількість ввімкнень двигуна за одиницю часу за рахунок багатократного зменшення перевантажень в момент пуску.

Таким чином, запропоновано у межах положень ПЗ 50-100% відкриття здійснювати її переміщення у сторону закриття з максимальною швидкістю шляхом подачі частоти живлення асинхронного двигуна ВМ 80Гц. У межах 15-50% - здійснювати зміну швидкості ВМ згідно розробленого алгоритму, а у межах 0-15% переміщувати ПЗ з мінімальною швидкістю, що відповідає частоті живлення 10Гц. При реверсивному ході виконавчого механізму (тобто на відкриття заслінки) частота живлення буде незмінною та становитиме 10Гц (час повного ходу 60 с). Таке рішення прийняте для того, щоб при відкритті заслінки зміна перепаду тиску не була швидкою і не наносилось надмірне гідравлічне збурення у трубопроводі.

Зона регулювання швидкості ВМ визначена на основі описаних вище експериментальних даних в межах 15-50% відкриття ПЗ тому, що після відкриття більше ніж на 50% перепад тиску змінюється поступово, а при відкритті менше ніж 15% перепад зростає стрімко, крім того закриття ПЗ до такого положення відбувається вкрай рідко, у випадках повної зупинки нафтопроводу. Цю зону (15-50%) ще називають «зоною ефективного регулювання».

Для того, щоб одержати залежність швидкості переміщення від положення ПЗ у «зоні ефективного регулювання» було знайдено похідні до зворотних залежностей  $\Delta P=f(t)$  для переміщення ПЗ при постійній швидкості ВМ та для

бажаної лінійної динамічної характеристики. Відношення цих похідних і є шукана залежність:

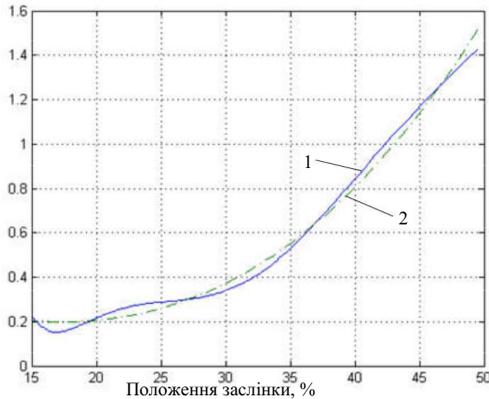
$$Z(\Delta P) = \frac{dt_{ПЗ}}{d\Delta P_{лін}} / \frac{dt}{d\Delta P_{ПЗ}}, \quad (1)$$

де:  $\Delta P_{лін}$  – перепад тиску при лінійній динамічній характеристиці,  $\Delta P_{ПЗ}$  – перепад тиску при постійному часі повного ходу ВМ – 12 с, бар.

Ця залежність з достатньою точністю була апроксимована поліномом 3-го порядку і, враховуючи залежність  $\Delta P_{ПЗ}=f(S)$ , була подана у формі:

$$Z(S) = 1.2791 \cdot 10^{-5} \cdot S^3 + 1.6702 \cdot 10^{-4} \cdot S^2 - 1.6148 \cdot 10^{-2} \cdot S + 0.36226, \quad (2)$$

де:  $Z$  – коефіцієнт швидкості ВМ ( $Z=1$  при номінальній швидкості 50Гц),  $S$  – положення заслінки ( $S=100\%$  при повному відкритті).



**Рисунок 1 - Залежність коефіцієнта  $Z$  від положення поворотної заслінки (1 - розрахована, 2 - апроксимована)**

Як видно з рис. 1, апроксимуючий поліном приймає значення рівне 1 (номінальна частота живлення двигуна) у положенні ПЗ близько 43%, цього цілком достатньо для забезпечення необхідного моменту для повороту та утримання ПЗ.

#### Літературні джерела

1 Кологривов М.М. Інфраструктура і режими експлуатації систем газонафтогазотранспорту: Навчальний посібник / Під ред. В.В. Притули. – Одеса: Видавничий центр ОДАХ, 2009. – 60 с.

2 Алиев А.Р., Белоусов В.Д., Немудров А.Г. Трубопроводный транспорт нефти и газа: Учеб. для вузов – 2-е изд. – М.:Недра, 1988. – 368с.

УДК 004.031.43

## РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Ю.В. Холод*

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, yura.holod69@gmail.com*

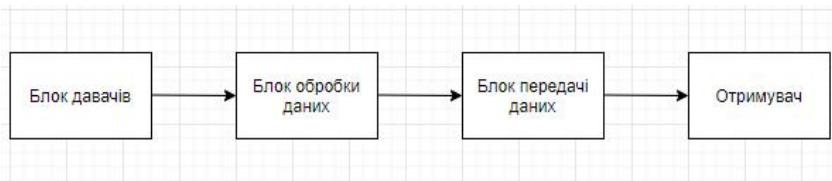
Доволі часто в наші дні можемо почути, про те що сталась аварія на підприємстві чи установі, і що можна було б попередити цим аваріям якби вівся більш прискіпливий контроль. Аналогів систем оповіщення на ринку достатня кількість, проте не всі можуть забезпечити багатофункціональність.

Для вирішення даної проблеми потрібно розділити роботу на декілька етапів:

- дослідити види причин, які можуть призвести до аварійної ситуації;
- вивчити специфіку роботи мікроконтролерів та їх застосування;
- проаналізувати наявні аналоги систем оповіщення;
- розробити мікроконтролерну систему оповіщення.

Дослідивши види причин, а саме: режимні, проектні, за проектні і гіпотетичні стало зрозуміло від якого типу аварійних ситуацій можна було б забезпечити додатковий захист. Забезпечити оповіщення можна лише від режимних та проектних.

Для більшого розуміння що потрібно розробити, що повинна містити система було проаналізовано типову структуру систем оповіщення, зображеної на рисунку 1.



**Рисунок 1 – Типова структура систем оповіщення**

Блок давачів відповідає за виявлення загроз. З давачів фіксовані величини надходять до блоку обробки даних. Блок обробки даних включає в себе мікроконтролер, який обробляє інформацію з давачів. Після завершення процесу обробки даних інформація надходить на блок передачі даних, який часто включає в себе GSM-модуль, який направляє сигнал тривоги отримувачеві.

Діставши всю потрібну інформацію з попередніх досліджень було обрано засоби, на яких буде розроблена мікроконтролерна система. Для реалізації було обрано плату, яка містить в собі найважливіші засоби реалізації мікроконтролерної системи. А саме: GSM-модуль, GSM-антена, слот під SIM-карту, USB-роз'єм, кнопка скидання до заводського стану, колодки для підключення живлення, логічний елемент, місце під мікроконтролер.

Для системи було обрано мікроконтролер ATmega328P-AU, тому що він впродовж багатьох років успішно використовується в платах Arduino. Програмне забезпечення потрібне бути надійним, тому повинне замовлятися і встановлюватися програмістами, задля подальшої безпеки установи де буде застосовуватись дана система.

Для повного функціонування системи в неї повинно бути записано зміст повідомлень для кожного інформаційного входу, які будуть приходити користувачеві та номер на який буде приходити оповіщення. В результаті коли на інформаційних вхід системи буде подаватись логічний сигнал «1» повинно відправлятися повідомлення на налаштований номер. Підключення системи буде відбуватись до датчиків, за якими буде вестись контроль попередження аварійних ситуаціям.

Таким чином, було розроблено мікроконтролерну систему оповіщення аварійних ситуацій, яка може використовуватись будь-яким підприємством (газові станції, банки, заправа очна станція), житловим приміщення і т.д.

#### Літературні джерела

1 Типи аварійних ситуацій [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://pidru4niki.com/ekologiya/tipi\\_avariynih\\_situatsiy#24](https://pidru4niki.com/ekologiya/tipi_avariynih_situatsiy#24).

2 Мікроконтролери [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19120/2/%D0%9C%D0%9F%D0%A22-95-184.pdf>.

УДК 681.511.42

## **СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ВЕРСТАТА-ГОЙДАЛКИ В MATLAB SIMULINK**

*Борин В.С., Бунь В.Б., Лазарів М.М.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Особливості видобування нафти штанговими глибинопомповими установками, а саме – відносна складність та висока вартість обладнання й значні витрати електроенергії на одиницю видобутої нафти, особливо з малодобітних свердловин, значні механічні навантаження, які виникають в установці, трудомісткість ремонтів підземної частини обладнання зумовлюють підвищені вимоги до оперативного контролю його стану та функцій керування електроприводом ШНВУ. Тому розроблення сучасних методів діагностики, та систем керування штанговими нафтовидобувними установками, які б забезпечували безперервний автоматичний контроль та раціональну експлуатацію свердловин на базі мікропроцесорних засобів та сучасних досягнень в теорії автоматизованого керування і електроприводу, є актуальною задачею.

Модель вестата-гойдалки побудована за допомогою блоку MATLAB Function на основі кінематичної схеми (рис.1). В середовищі Simulink схема має вигляд, показаний на рис.1.

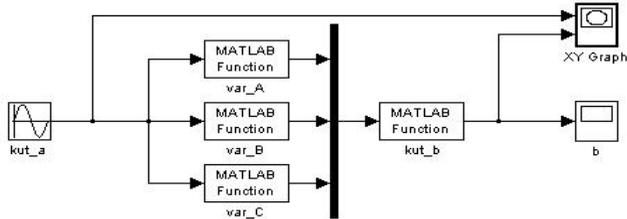
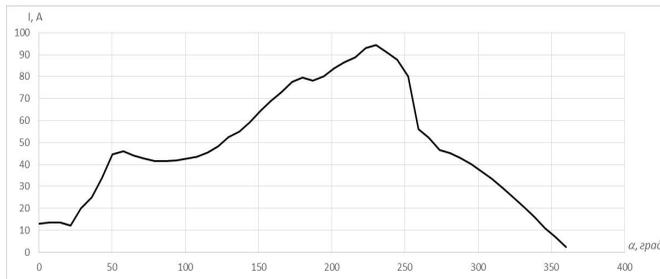


Рисунок 1 - Модель механічної частини верстата-гойдалки MATLAB SIMULINK

На вхід схеми подається сигнал блоку kut\_a (Sine Wave), що відповідає куту повороту кривошипа. Амплітуду синусоїди вибрано 1,04, як радіус повороту кривошипа. В результаті отримуємо залежність кута повороту кривошипа від переміщення штока. Далі, знаючи вагу зрівноважувальних вантажів, передавальні числа редуктора і клинопасової передачі визначається момент, який є безпосередньо на валу двигуна. Для отримання струмограм використаємо модель АД. Результатом роботи моделі є струмограма, яка відповідає заданій динамограмі, яка має місце при відповідному коефіцієнті заповнення (рис.2).



а)

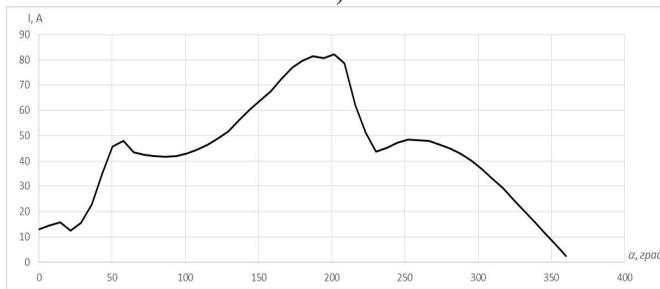


Рисунок 2 - Струмограми, які відповідають різним коефіцієнтам заповнення попи:  $k_2 = 0,75$  (а) і  $k_3 = 1$  (б).

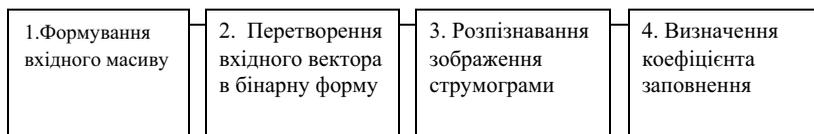


Рисунок 3 - Блок-схема блоку Neural Network

Система працює наступним чином. Інформація про струм двигуна за декілька циклів роботи системи записується в пам'ять у блоці Neural Network, блок-схема якого показана на рис.3.

УДК 681.518.23

## АНАЛІЗ ЕРГОДИЧНОСТІ НЕТИПОВИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

*Зварич Г.Г., Федик Б.Ю.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, kafatp@ukr.net*

Метою даної роботи є дослідження статистичних характеристик, зокрема ергодичності, такого нетипового невідтворюваного випадкового процесу, як зміна механічної швидкості буріння нафтових і газових свердловин в часі та інших параметрів. Ця мета ґрунтується на тому, що розробка пристроїв для контролю параметрів процесу буріння, підвищення точності вимірювання, підвищення надійності роботи пристроїв є важливими науково-практичними задачами при вирішенні багатьох питань автоматизованого керування технологічним процесом буріння нафтових і газових свердловин.

При розробці пристроїв для автоматизованого контролю механічної швидкості можливі два методи: вимірювання величини проходки за заданий проміжок часу і вимірювання інтервалу часу, витраченого на певну проходку. Для оцінки доцільності застосування одного із цих методів для конкретних способів буріння (роторного, турбінного, електробуріння), глибини свердловини, геологічних структур необхідно знати статистичні характеристики механічної швидкості.

У роботі [1] були визначені оцінки математичного сподівання  $M_v$  і середньоквадратичного відхилення  $S_v$ , середньої за рейс механічної швидкості в функції кількості рейсів доліт  $n_d$  за результатами буріння 30 свердловин з проектною глибиною до 3000 м (рис.1).

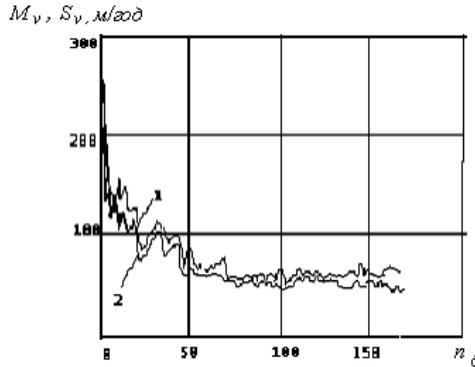


Рисунок 1 – Математичне сподівання  $M_v(n_d)$  - (1) і середньоквадратичне відхилення  $S_v(n_d)$  - (2) механічної швидкості в функції кількості рейсів доліг  $n_d$

Оцінку математичного сподівання  $M_v$  і середньоквадратичного відхилення  $S_v$  розрахували за такими формулами [2]:

$$M_v(n_d) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i(n_d), \quad (1)$$

$$S_v(n_d) = \frac{1}{N} \left( \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left( V_i(n_d) - M_v(n_d) \right)^2 \right)^{1/2}, \quad (2)$$

де  $N$  – кількість свердловин;  $i$  – номер свердловини;  $n_d$  – номер рейсу долота.

Графіки залежностей  $M_v(n_d)$  і  $S_v(n_d)$  наведені на рис.1. Аналіз графіків залежностей математичного сподівання  $M_v(n_d)$  і середньоквадратичного відхилення  $S_v(n_d)$  механічної швидкості в функції кількості рейсів доліг довів, що математичне сподівання і середньоквадратичне відхилення змінюються по глибині свердловини.

Отже, виходячи із характеру зміни механічної швидкості по глибині свердловини доцільно застосовувати різні інтервали усереднення в пристроях контролю. В протилежному випадку точність обчислення механічної швидкості при її дискретності буде суттєво залежати від швидкості її зміни.

Оскільки, що механічна швидкість є нестационарною випадковою функцією, при оцінюванні її автокореляційної функції важливим було питання вибору необхідної довжини реалізації  $T_p$ , яка забезпечує потрібну точність обчислення автокореляційної функції  $R_{vv}(\tau)$ . У нашому випадку для виключення похибки від нестационарності була висунута вимога

$$T_p < T_{cm}, \quad (3)$$

де  $T_{cm}$  – інтервал станціонарності, який визначається різницею математичних сподівань на сусідніх ділянках  $i, i+1$ :

$$\left| M_v(t_i) - M_v(t_{i+1}) \right| < \delta, \quad (4)$$

де  $\delta$  – допустима величина відхилення.

Отже, верхня межа довжини реалізації  $T_p$  була визначена інтервалом станціонарності випадкової функції механічної швидкості  $V(t)$ , а нижня –

допустимою похибкою обчислення автокореляційної функції  $R_{vv}(\tau)$ , що визначається дисперсією оцінки  $R_{vv}(\tau)$ , яка зменшується із збільшенням довжини реалізації  $T_p$ .

Час кореляції  $\tau_{кор.}$  визначили із умови, що значення нормованої автокореляційної функції  $\frac{R_{xx}(\tau)}{R_{xx}(0)} = \frac{R_{xx}(\tau)}{\hat{A}_x} = r(\tau)$  стає при  $\tau > \tau_{кор.}$  менше достатньо малого числа  $\gamma = 0,1$ . Отримані результати наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1 - Час кореляції для досліджуваних випадкових процесів**

	$R_{pp}(\tau)$	$R_{ii}(\tau)$ ,	$R_{NN}(\tau)$ ,	$R_{vv}(\tau)$	$R_{EE}(\tau)$
$\tau_{кор.}$	12	42	35	6.2	5.3

Отже, проведений аналіз автокореляційних функцій довів, що розглянуті випадкові процеси є ергодичними.

#### Літературні джерела

- 1 Лукас В.А. Теория автоматического управления. М.: Недра. – 1990.– 416 с.
- 2 Семенцов Г.Н. Формування шкал лінгвістичних термів для вхідних сигналів нечітких пристроїв контролю параметрів процесу буріння свердловин на нафту і газ // Академический вестник, №17-18.–2006.– С.31-35.

УДК 681.511.42

## РОЗРОБКА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СКРУБЕРОМ В ПРОЦЕСІ ДЕПАРАФІНІЗАЦІЇ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

*Борин В.С., Семенюк М.Ю.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Цільове призначення процесу депарафінізації дизельного палива із застосуванням твердого карбаміду — виробництво низькозастигаючого дизельного палива. Карбамід використовується в кристалічному стані, метанол виступає в якості активатора, в якості розчинника — фракція бензину 70...110 °С. Основна технологічна стадія синтезу очищеного від парафінів дизельного палива — це екстракція. Скрубер, як технологічний об'єкт, знаходиться на останньому етапі депарафінізації дизельного палива. Нейрокерування передбачає використання об'єкта у вигляді «чорного ящика». Тобто, відомі лише вхідні і вихідні параметри. Стан об'єкта можна вважати недоступним для спостереження. Загальна схема керування динамічним об'єктом зображена на рис. 1.

Наслідувальне нейрокерування базується на нейронній мережі, яка навчається за принципом надзорного навчання з використанням уже існуючого регулятора по зворотньому зв'язку (наприклад, звичайний ПД-регулятор) [1].

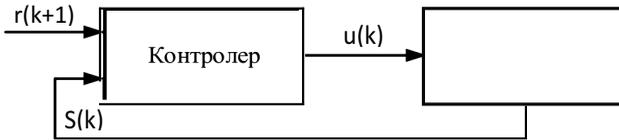


Рисунок 1 - Загальна схема керування по зворотному зв'язку

Іншими словами, навчальною вибіркою є динаміка вхідних і вихідних змінних еталонного регулятора. Після навчання нейронна мережа відтворює його роботу. Схема наслідувального нейрокерування показана на рис. 2.

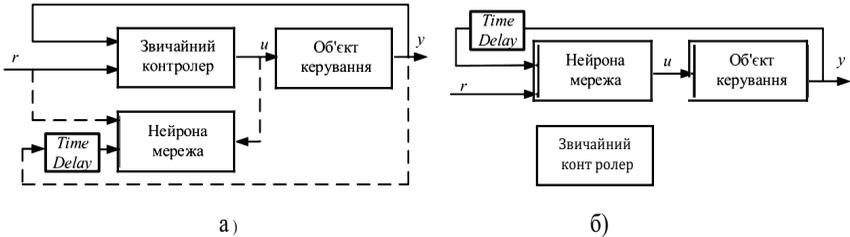


Рисунок 2 - Схема наслідувального нейрокерування: а — режим навчання нейронної мережі; б — режим керування

Переваги наслідувального нейрокерування — простота, відсутність необхідності точної математичної моделі. Недоліки наслідувального нейрокерування — необхідність в попередньо налаштованому вихідному контролері, що не завжди є можливим. Також налаштований нейроконтролер не забезпечить кращу якість керування, ніж скопійований, що значною мірою економить ресурси.

Схема ідентифікації керуваного процесу показана на рис. 3.

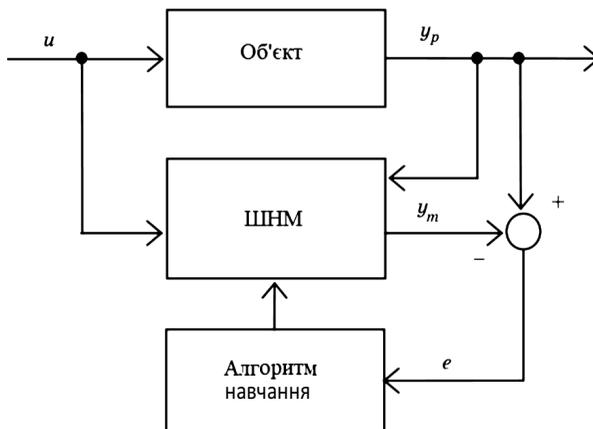


Рисунок 3 - Загальна схема нейронмережової ідентифікації в *MatLab*

На першому етапі розраховується модель у вигляді ШИМ, яка має бути навчена таким чином, щоб мінімізувати помилку між виходами об'єкта і моделі:  $e = \text{fir fit}$  для вхідних сигналів  $u$ . Для ідентифікації застосовується двохшарова ШУМ з лініями затримки. Для передбачення майбутнього виходу модель використовує попередній вхід і вихід об'єкта. Використовуючи накопичену інформацію про поведінку ОК, модель навчається в режимі офф-лайн [1].

Керування з передбаченням базується на алгоритмах оптимізації, що розраховують керування і поведінку об'єкта в майбутньому. Оптимізаційний модуль мінімізує різницю між дійсною і бажаною зміною виходу моделі.

Літературні джерела

1 Круглов В.В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. -2-е изд., стереотип / В. В. Борисов. — М.: Горячая линия-Телеком, 2002. — 382 с.

УДК 681.511.42

**СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ КОКСУВАННЯ ЗАЛИШКІВ З НАФТИ**

*Борин В.С., Коростіль О.М.*

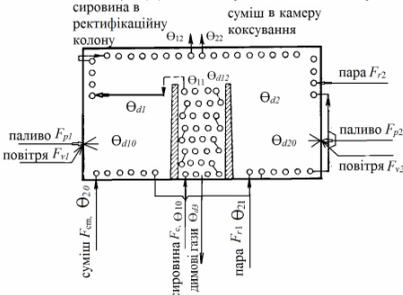
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Коксування нафти - проводиться для одержання нафтового коксу і дистилляту широкого фракційного складу. Як сировину для нафтового коксу використовують відбензинені нафти, залишки первинної переробки - мазути, напівгудрони і гудрони, продукти вторинного походження, важкі газойлі каталітичного крекінгу, смоли піролізу, а також природні асфальти і залишки масляного виробництва.

Об'єктом керування є двокамерна піч (ДКП), яку використовують в установках, де потрібно створити різні режими нагрівання для різних середовищ, що беруть участь в технологічному процесі. Схема такої ДКП наведена на рис. 1.

Математична модель об'єкту представлена у вигляді передавальної функції каналу керування:

$$W_{ксп(s)} = \frac{4,036 \cdot e^{-s \cdot 0,05}}{1,307 \cdot s + 1} \quad (1)$$



**Рисунок 1 - Схема ДКП в процесі уповільненого коксування**

На основі цієї моделі можна підібрати параметри регулятора, щоб забезпечити задані показники якості системи керування.

Перехідна характеристика має вигляд (рис 2):

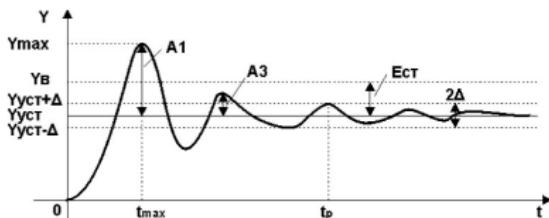


Рисунок 2 - Показники якості управління на перехідній характеристиці процесу

Допустиме значення перерегулювання становить з досвіду експлуатації зазвичай 15...30%, в окремих випадках до 65%, іноді зовсім не допускається. До дамо, що система є добротною, коли при високій продуктивності підтримується висока точність регулювання. Змодельємо системи керування в Simulink ПІД-регулятора на (рис. 3):

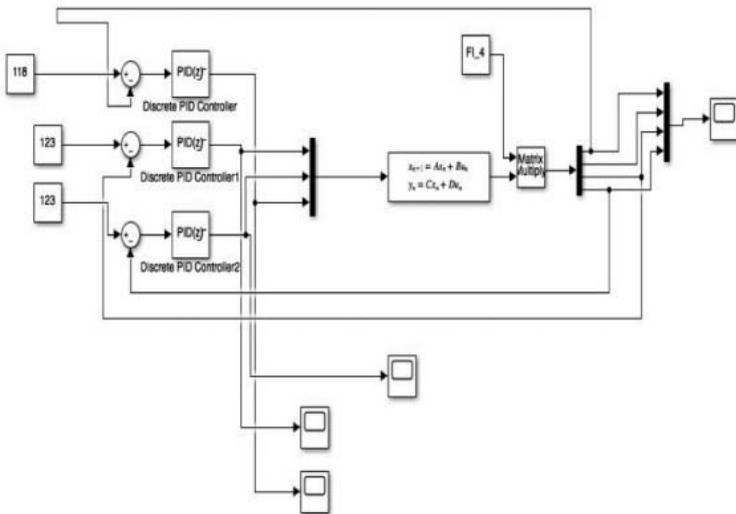
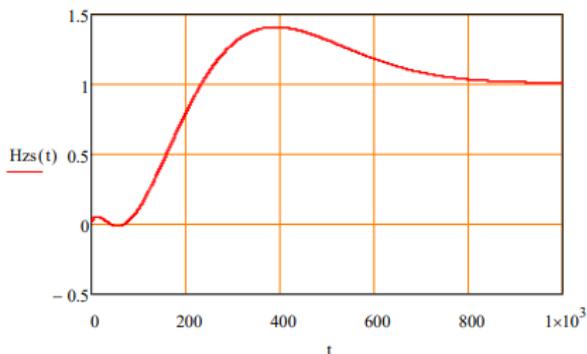


Рисунок 3 - Схема роботи системи керування з ПІД- регулятором



**Рисунок 4 – Перехідна характеристика замкненої системи з ПІД-регулятором**

На основі отриманих результатів, зробимо висновок, що синтезована система керування із ПІД - регулятором підходить чудово для керування клапаном в процесі коксування залишків з нафти, тому що важливо не допустити вихід концентрації за допустимі норми.

Літературні джерела

1 Основи тепломасообміну [Текст]: підручник / С. М. Василенко, В. В. Ольшевський, В. Р. Кулінченко, В. Г. Мирончук. – К.: НУХТ, 2004. – 250 с. – Бібліогр.: с. 237.

УДК 681.5.012

## **РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ УСТАНОВКИ АТМОСФЕРНОЇ ПЕРЕГОНКИ НАФТИ**

*Двояк В.В., Кучмистенко О. В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
вул. Карпатська 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна, e-mail: [dvojak.v98@gmail.com](mailto:dvojak.v98@gmail.com)*

Побудова каскадної САР для установки атмосферної перегонки нафти.

Каскадні системи регулювання застосовують для об'єктів регулювання, що мають велику інерційність каналом регулюючої дії. В таких системах обирають менш інерційну до найбільш небезпечних збурень допоміжну вихідну величину з такою ж регулюючу дію. В каскадній системі регулювання є два регулятори - основний (зовнішній або коректуючий), що підтримує основну вихідну величину у на заданому значенні та допоміжний (внутрішній або стабілізуючий), призначений для регулювання допоміжної вихідної величини  $y_1$ . Вихідний сигнал основного регулятора може бути завданням для допоміжного регулятора або може його коректувати. Для підтримання

основного регульованого параметру на заданому значенні без статичної похибки закон регулювання основного регулятора мусить мати інтегральну складову. Від допоміжного регулятора вимагається в першу чергу швидкодія, тому він може бути і пропорційним.

Розрахунок каскадних САР полягає у визначенні параметрів настроювання основного і допоміжного регуляторів при заданих функціях передачі об'єкта регулювання за основною у і допоміжною у1 вихідними величинами. Процедура розрахунку такої системи є ітераційною. Кожна ітерація складається з двох кроків. На кожному кроку ітерації розраховують приведену одноконтурну систему, в якій параметри настроювання одного з регуляторів визначають відносно відповідного еквівалентного об'єкта.. Функція передачі такого еквівалентного об'єкта визначається добутком функцій передачі послідовно з'єднаних елементів.

Створимо каскадну САР для нашого об'єкту

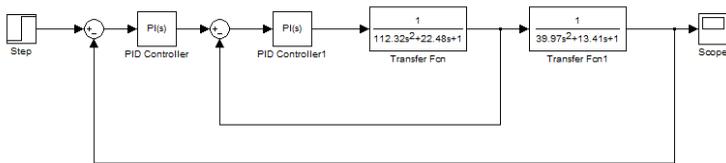


Рисунок 1 – Каскадна САР із регулятором температури та витрати

Змінюючи типи регулятора в блоці PID Controller, було визначено, що найбільш оптимальним є ПІ-регулятор.

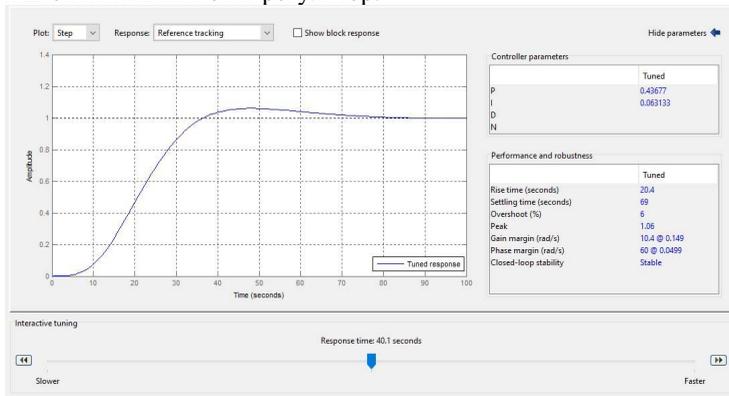


Рисунок 2 – Перехідна характеристика ПІ-регуляторів для каскадної САР

Визначимо якісні показники:

- Час розгону – 36,5 с;
- Час перехідного процесу – 86 с;
- Перерегулювання – 6%;
- Статична похибка – 0.

Зробивши порівняльний аналіз якісних показників одноконтурних та каскадної САК, можна зробити висновок, що каскадна система має більший час розгону та більший час перехідного процесу. Тому для кращого функціонування установки варто вибрати одноконтурну систему для кожного параметру.

**Таблиця 1 – Порівняння одноконтурної системи з каскадною**

Якісний показник	Одноконтурна	Каскадна
Час розгону, с	12,6	36,5
Час перехідного процесу, с	49	86
Перерегулювання, %	8	6
Статична похибка	0	0

#### Літературні джерела

1 Семенцов Г.Н. Теорія автоматичного керування: [навчальний посібник] / Г.Н.Семенцов. - Івано-Франківськ: Факел, 1999. – 610 с.

2 Кравцов, А.В. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие [Текст] / А.В. Кравцов, Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 128 с.

УДК 681.5

## СТОХАСТИЧНЕ КЕРУВАННЯ СИСТЕМ З ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

*І. І. Фертіль*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул.Карпатська,15,  
e-mail: fitilok1007@gmail.com*

Стохастичним називається керування системами, що описуються стохастичними диференціальними рівняннями, що зв'язують стани і виходи з випадковими збуреннями у процесі і з шумами у вимірювальних приладах, Значна частина теорії стохастичного керування пов'язана з синтезом оптимальних регуляторів, що діють в умовах випадкових збурень і перешкод. Основна задача полягає в тому, щоб визначити, чим стохастичний регулятор повинен відрізнитися від звичайного, детермінованого. У випадку лінійних систем ця різниця не велика, але в нелінійних задачах вона стає значною. Для випадку білих гауссових збурень і перешкод задана лінійна система

$$dX/dt = AX + BU + W(t), \quad (1)$$

$$Y(t) = CX + V(t), \quad (2)$$

де  $-W(t)$ ,  $V(t)$  некорельовані між собою випадкові збурення і шуми вимірювань типу білого гауссового шуму з нульовим середнім і коваріацією;

$$E[W(t)W^T(\tau)] = Q(t)\delta(t-\tau) \quad (3)$$

$$E[V(t)V^T(\tau)] = R(t)\delta(t-\tau) \quad (4)$$

Критерієм оптимальності при наявності випадкових збурень і перешкод є середнє значення квадратичного функціоналу якості;

$$\min_{U(t)} \left\{ I = E \left[ \frac{1}{2} X^T(t_f) S_f X(t_f) + \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} (X^T F X + U^T E U) dt \right] \right\} \quad (5)$$

де  $-E[\dots]$  символ математичного сподівання. Можна показати, що детерміноване керування незсунене і оптимальне і для стохастичної постановки, тому алгоритм керування має наступну структуру:

$$U(t) = -K(t)X(t), \quad (6)$$

де

$$K(t) = E^{-1} B^T S(t), \quad (7)$$

$$\frac{ds}{dt} = -SA - A^T S + SBE^{-1}B^T S - f, S(t_f) = S_f \quad (8)$$

Якщо вимірюються всі координати вектора стану, тобто  $C=I$ , стохастичний закон регулювання збігається з детермінованим. Якщо ж вимірюванню доступні не всі координати стану, оптимальний стохастичний регулятор повинен бути якимось чином зв'язаний з системою оцінювання станів. У цьому випадку, вважаючи початковий стан  $X(t_0)$  некорельованим з  $W(t)$  і  $V(t)$ , і розподіленим за нормальним законом середнім:

$$E(X(t_0)) = \hat{X}_0 \quad (9)$$

і матрицею коваріації

$$E\left(\left(X(t_0) - \hat{X}_0\right)\left(X(t_0) - \hat{X}_0\right)^T\right) = P_0 \quad (10)$$

отримаємо наступний оптимальний закон регулювання:

$$U(t) = -K(t)\hat{X}(t) \quad (11)$$

$$\frac{d\hat{X}}{dt} = A\hat{X} + BU + PC^T R^{-1}(Y - C\hat{X}) \quad (12)$$

де матричний коефіцієнт підсилення  $K(t)$  задається рівнянням

$$\frac{dP}{dt} = PA^T + AP - PC^T R^{-1} CP + Q, P(t_0) = P_0 \quad (13)$$

У відповідності з отриманими виразами оптимальне стохастичне керування реалізується у вигляді послідовно з'єднаних оптимального фільтра, що оцінює стан об'єкту керування і оптимального детермінованого регулятора, що використовує отримані оцінки замість істинних станів. Цей результат, відомий як принцип поділення чи принцип визначеної еквівалентності, що може бути

застосованим до широкого класу лінійних систем (у загальному випадку за його допомогою можуть бути отримані різні субоптимальні алгоритми керування), але не може бути застосованим до нелінійних систем.

#### Літературні джерела

1 Л. Р. Ладієва. Оптимальне керування системами.: навчальний посібник.- К.:НМЦ ВО, 2000, – 187с.

2 Семенцов Г.Н., Борин В.С., Шавранський М.В. Оптимізація та оптимальне керування в нафтогазовій промисловості: навчальний посібник / Семенцов Г. Н., Борин В. С., Шавранський М. В.. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016, – 236 с.

УДК 004.89

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ І МАШИННОГО ЗОРУ В 3-D ДРУК**

*С. О. Квак, О. І. Мимоход*

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, kvaksebastian@gmail.com, mymokhod@gmail.com*

3-D друк надає можливість створювати легші, міцніші і важчі у виготовленні предмети. Доступні на даний момент принтери можуть забезпечити користувачу швидкість, точність і якість, але поки що існує небагато принтерів, які можуть забезпечити всі ці три речі одночасно, що обмежує їхню корисність.

Для вирішення цієї ідеї доцільним є використання штучного інтелекту і машинного зору. Ідея полягає в тому, що при друку певної деталі, сам принтер використовуючи свій зір буде збирати інформацію про деталь і в процесі друку вносити правки і обробляти помилки, тим самим виконувати самонавчання і не допускати помилок в майбутньому. Після закінчення друку пристрій буде зберігати цифрову копію, яка буде використовуватися для друку наступних деталей. Дана методика повинна вирішити проблему деформацій і неточностей внаслідок використання різних матеріалів і дасть змогу використовувати не тільки велику кількість матеріалів, а і їхні комбінації.

Говорячи про сателіти та станції МКС в космосі, зазвичай космонавти власноруч виконують ремонтні роботи, які забирають багато часу та обрахунків великої кількості спеціалістів. За допомогою принтера з такими функціями, машина сама зможе вивчати властивості матеріалу та передбачати його поведінку, зможе ідентифікувати неполадки та організувати їх виправлення.

Вперше принтер з використанням штучного інтелекту і машинного зору був запропонований генеральним директором компанії Inkbit ще в 2003 році. На даний момент в компанії є створений один діючий принтер, який має на меті повернути спонсорів і розвивати дану ідею.

На жаль, принтер з штучним інтелектом та вбудованою функцією

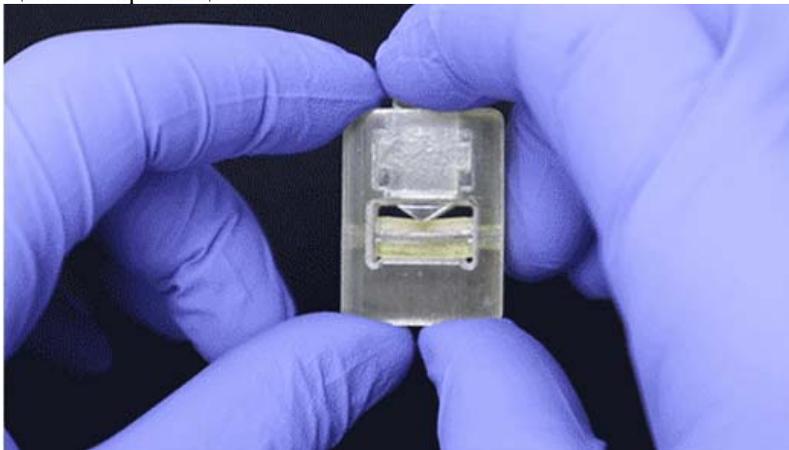
машинного зору має досить об'ємні габарити. Машина має і свої недоліки, а саме, перш за все - транспортування.

Цей принтер використовує запатентований сканера оптичної когерентної томографії (ОКТ) в якості основної системи зору. Він дає можливість бачити крізь поверхню матеріалів і сканувати кожен шар деталі на рівні векселів в реальному часі. Ця система дозволяє вносити виправлення в режимі реального часу і передбачати поведінку складних матеріалів.

Замість того, щоб фізично згладжувати кожен шар, у машині Inkbit досконала система 3D-сканування створює топографічну карту кожного шару після нанесення. Будь-яка невідповідність виправляється шляхом перевизначення наступних шарів. Ці дані також використовуються для алгоритму машинного навчання, який дозволяє принтеру вивчати властивості кожного матеріалу та передбачати його поведінку. Це гарантує, що деталі будуються швидко і точно кожен раз. Пошарове сканування також дозволяє генерувати повну 3D-реконструкцію кожної частини як надрукованої, забезпечуючи повний цифровий запис створених макетів і 100% контроль якості кожної частини.

Стартап компанії Inkbit в майбутньому планує налаштувати та використовувати всі переваги 3D-друку для величезної кількості продуктів, які ніколи не були надруковані раніше, і прагне робити це в обсягах, які можуть радикально порушити виробничі процеси в різних областях.

Завдяки використанню даної технології можна повністю автоматизувати процеси друку, що є неможливим на даний момент, вона дозволить використовувати 3-D друк не тільки для створення прототипів, а і для повноцінного виробництва.



**Рисунок 1 – Приклад пережимного клапана створеного з різних матеріалів**

## Літературні джерела

1 Самі несподівані речі, створені на 3D принтері [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://koloro.ua/ua/blog/3d-tekhnologii/3d-pechat-samye-neozhidannye-vewi-sozdannye-na-3d-printere.html>.

2 Vision-based additive manufacturing platform [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу : <https://www.businesswire.com/news/home/20191104005154/en/Inkbit-Raises-12-Million-in-Equity-Round-Led-by-Stratasys-and-DSM-Venturing-to-Propel-Production-of-Its-Vision-Based-Artificial-Intelligence-Additive-Manufacturing-Platform>

УДК 004.09

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ТЕЛЕСИГНАЛІЗАЦІЇ ПОЯВИ ПОЛУМ'Я НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ АТМЕГА 328PU**

*А.-Г.Р. Різняк*

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, andriy.riznyak21@gmail.com*

Пожежа - одне з найбільших нещасть людства. За статистикою в вогні гине більше людей, ніж в авіакатастрофах. Цю сумну статистику можна виправити. Людям для цього цілком достатньо використовувати системи пожежної сигналізації.

Пожежна сигналізація являє собою комплекс технічних засобів, призначених для достовірного і своєчасного оповіщення про виникнення на об'єкті ситуації займання. Сигналізація включає в себе пристрої виявлення (датчики та сповіщувачі), а також приймально-контрольні панелі, які аналізують інформацію, що надходить від сповіщувачів, і зайняті формуванням керуючих сигналів.

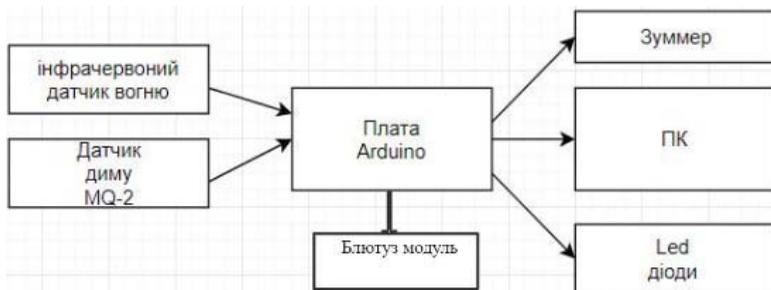
Датчики пожежної сигналізації відрізняються принципом дії сенсорного елементу, типом контрольованих параметрів навколишнього середовища та способом передачі інформації про спрацьовування на приймально-контрольну панель. Поряд з автоматичними датчиками на об'єкті встановлюють ручні виявники (аварійні кнопки пожежної сигналізації), дозволяють задіяти «людський фактор» у своєчасному виявленні займання. Системи пожежної сигналізації також поділяються на неадресні, адресні і адресно-аналогові за ступенем точності локалізації сигналів з датчиків.

Проаналізувавши предметну область забезпечення пожежної сигналізації різними методами та системами було виявлено переваги та недоліки кожної окремої системи та методів їх реалізації. У зв'язку із порівняно високою вартістю деяких засобів, а також потребою у збільшенні функціональності, полегшенні реалізації та покращенні точності і швидкості виявлення пожежі, актуальним є створення власної системи пожежної сигналізації, яка буде

недорогою в реалізації та зможе конкурувати з аналогами.

Отож було створено структурну схему системи телесигналізації появи полум'я , вибрано необхідну елементну базу та розроблено систему для вирішення даної проблеми .

Структурна схема системи телесигналізації появи полум'я реалізованої за допомогою плати Arduino , на базі мікроконтролера Atmega328PU (рис.1).



**Рисунок 1 - Структурна схема системи системи телесигналізації появи полум'я на мікроконтролері Atmega328PU**

Розроблено систему телесигналізації появи полум'я на базі мікроконтролера Atmega328PU , яка є дешевшою і більш функціональною ніж існуючі на ринку аналоги . Для створення даної системи були придбані такі апаратні засоби : плата Arduino, датчик газу MQ-2, інфрачервоний датчик вогню, модуль Bluetooth SPP-C, зуммер, Led діоди. Програмне забезпечення для системи написане в середовищі програмування Arduino IDE , яке є найкращим варіантом при роботі з нашою системою .

Після створення системи та завантаження програмного забезпечення було проведено тестування даної розробки . Тестування показало , що всі потрібні функції система виконує справно , жодних помилок чи відхилень при роботі не виникає, отже все реалізовано коректно . Дану систему можна використовувати без жодних ризиків виникнення несправностей.

#### Літературні джерела

- 1 Пожежна сигналізація – Режим доступу [www. URL: https://ohorona.com/ua/vidy-pozharnoj-signalizacii.html](http://www. URL: https://ohorona.com/ua/vidy-pozharnoj-signalizacii.html);
- 2 Пожежна сигналізація оповіщення та зв'язок – Режим доступу [www. URL: https://pidruchniki.com/pozhezni\\_signalizatsiya\\_opovischennya](http://www. URL: https://pidruchniki.com/pozhezni_signalizatsiya_opovischennya).

УДК 681.5.015:622.24

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПЕРЕДПОМПАЖНОГО СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ НА ОСНОВІ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

*А.І. Лагойда, Н.В. Зубіль*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(0342)727167,  
e-mail: lahoidaandrii@gmail.com*

Сезон відбору газу з підземних сховищ із застосуванням газоперекачувальних агрегатів починається, коли пластовий тиск стає недостатнім для подавання газу в магістральний трубопровід за рахунок перепаду тисків "самопливом". В цьому випадку вводять в експлуатацію одну або декілька дотискувальних компресорних станцій метою забезпечення достатньої об'ємної продуктивності та тиску природного газу в трубопровідну систему.

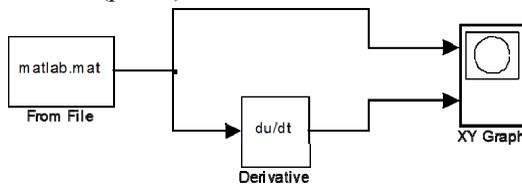
Газодинамічна стійкість роботи нагнітачів - одна з головних умов їх надійності. Режим нестійкості, який носить назву "помпаж", викликає інтенсивні коливання газу в системі, здатні довести до аварії або до значного зниження надійності і ресурсу турбомашини.

В процесі проведених досліджень встановлено, що найбільш актуальним є акустичний спосіб вимірювання витрати та кількості газу, який ґрунтується на зміні спектральних характеристик випадкових процесів, що генеруються самим вимірюваним середовищем, перетворюються у відповідні електричні сигнали, після чого здійснюються їх трансформування в цифрові інформаційні пакети.

В результаті проведених експериментальних досліджень отримано акустичні сигнали газоперекачувального агрегату під час передпомпажних і помпажних явищ. На отриманому графіку спостерігаються коливання з різною амплітудою і частотою, які відповідають передпомпажному стану ГПА і "жорсткому" помпажу. На основі отриманих даних проведено моделювання фазових портретів.

Фазовий портрет це зображення траєкторійдинамічної системи в фазовому просторі. Кожен стан системи відповідає певній точці на фазовому портреті. Фазові портрети служать для наочного відображення особливостей еволюції динамічної системи:стаціонарних точок, циклів, басейнів притягання.

Для двовимірної системи фазовий портрет повністю відображає типи траєкторій, які можуть реалізуватися. Для побудови використано пакет Simulink програми MatLab (рис. 1).



**Рисунок 1 – Модель для побудови фазових портретів**

Для полегшення виявлення помпажних явищ використано граничний цикл, з допомогою якого можна наглядно спостерігати, коли фазовий портрет переходить в передпомпажний стан і «м'який» помпаж. Граничний цикл - це крива, до якої наближається фазова траєкторія динамічної системи приавтоколиваннях.

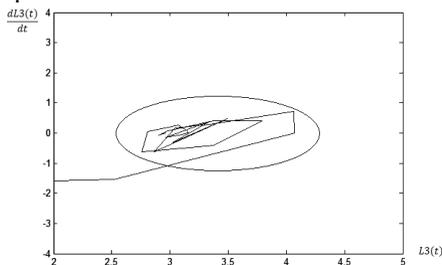


Рисунок 2 – Стаціонарний режим

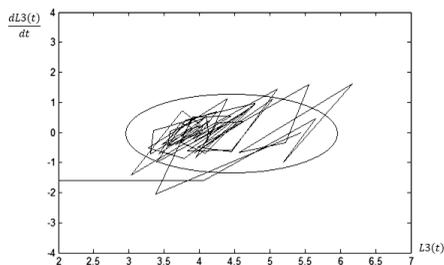


Рисунок 3 – Передпомпажний стан

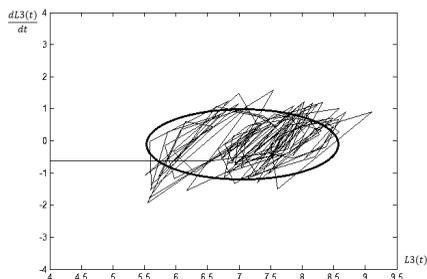


Рисунок 4 - М'який помпаж

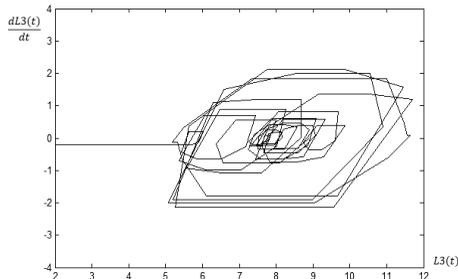


Рисунок 5 – Жорсткий помпаж

Отже отримані фазові портрети і граничні цикли зміни акустичного сигналу в часі дозволяють чітко визначати режим роботи газоперекачувального агрегату.

#### Література

- 1 Ницета В.В. Противопомпажная защита нагнетателя [Текст] / В.В. Ницета, А.С. Косов, О.В. Свистельник // Нафтова та газова промисловість/Київ, 1996р., №1/ ст.38-42.
- 2 Клюев В.В. Технические средства диагностирования: Справочник / В. В. Клюев, П.П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук и др.//– М.: Машиностроение, 1989. – 672с.

УДК 004.89

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОРІГ У ВАЖКОДОСТУПНИХ ЗОНАХ**

*С. О. Квак*

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, kvaksebastian@gmail.com*

Наявність детальної інформації про стан доріг може допомогти при плануванні маршрутів і навіть допомогти уникнути збитків як для окремої людини так і для підприємств.

Створення детальних карт є досить дорогим процесом, особливо коли важливою є їхня актуальність. Сьогодні процес створення карт зводиться до простого запуску автомобілів з камерою. Даний процес є неефективним, повільним, дорогим, і не придатним для всіх типів місцевості.

Особливої уваги потребують місцевості, розташовані у зонах, де дороги знаходяться під впливом підвищеної природної діяльності(гірські зони, де внаслідок природних явищ може бути зруйноване дорожнє покриття). Внаслідок повеней в Україні неодноразово руйнуються дороги в Карпатах, що спричиняє незручності не тільки для водіїв, а і може принести фінансові збитки і проблеми в логістиці для великих підприємств.

Для вирішення цієї проблеми доцільно використати комбінацію штучного інтелекту і знімків із супутників. Ідея полягає в тому, що штучний інтелект зможе аналізувати поточний стан дороги по фотографіям отриманим з супутника і після проведення аналізу оновлювати інформацію на картах у режимі реального часу.

На даний момент єдиною системою з схожим принципом роботи є RoadTagger. Дана мережа використовує комбінацію архітектур штучних нейронних мереж для отримання даних про тип дороги, кількість смуг для руху, перешкоди і тд.

RoadTagger заснований на новій комбінації згорткової нейронної мережі (CNN), яку зазвичай використовуються для задач обробки зображень, і нейронної мережі з графами (GNN). Модель отримує необроблені дані, а результати видаються автоматично без втручання людини.

GNN розбиває дорогу на сегменти, а завдання CNN є обробка цих сегментів, отримання інформації про дорогу і передача цієї інформації до всіх сусідніх сегментів. Завдяки цьому мережа має інформацію про стан всіх сегментів і в разі перекриття певної частини дороги якимось об'єктом мережа зможе спрогнозувати стан дороги в сегменті

Під час навчання RoadTagger вивчає ваги, які привласнюють різну ступінь важливості для функцій і з'єднань вузлів в CNN і GNN. CNN витягує ознаки з піксельних патернів плиток, а GNN поширює вивчені ознаки по графу. На основі випадково обраних підграфів дороги система вчиться передбачати особливості дороги на кожному сегменті.

Щоб навчити і протестувати RoadTagger, дослідники використовували набір даних реальних карт під назвою OpenStreetMap, який дозволяє користувачам редагувати і керувати цифровими картами по всьому світу. На основі цього набору даних вони зібрали інформацію про стан доріг на 688 квадратних кілометрах в 20 містах США, включаючи Бостон, Чикаго, Вашингтон і Сіетл.

При тестуванні RoadTagger на перекритих дорогах по цифровим картками 20 міст США модель підрахувала номери смуг з точністю 77 відсотків, а типи доріг - з точністю 93 відсотки.

Дана мережа має відкритий код, що дозволяє її доповнювати і змінювати під свої потреби.

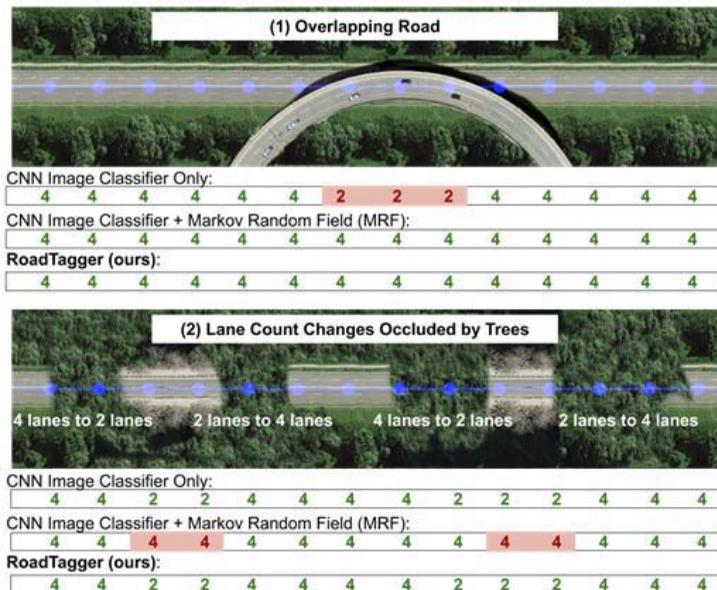


Рисунок 1 – Приклад роботи мережі

Літературні джерела

1 RoadTagger [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/mitroadmaps/roadtagger>.

УДК 658.51

## СИНТЕЗ ЛОГІЧНОЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЗАХИСТУ ВІД ПОМПАЖУ ВІДЦЕНТРОВОГО НАГНІТАЧА ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

*А.І. Лагойда, В.І. Коваль*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(0342)727167,  
e-mail: lahoidaandrii@gmail.com*

Для перекачування газу в газотранспортній системі використовуються газоперекачувальні агрегати великої одиничної потужності, тому вихід їх із ладу призводить до значних економічних втрат. Оскільки помпаж є одним з найнебезпечніших та підступних режимів роботи нагнітача, найбільш складною частиною розробки системи автоматизації відцентрових компресорних установок є система антипомпажного захисту. Для розроблення такої системи та визначення інформативних параметрів проведено вибір найбільш істотних факторів на базі методу експертних оцінок.

Об'єктом експертної оцінки була система автоматичного антипомпажного регулювання, яка повинна забезпечити захист відцентрового нагнітача від помпажу, а предметом такої оцінки являються параметри, які контролюються або обчислюються і сприяють визначенню помпажних станів відцентрового нагнітача. Вибір експертів був здійснений за їх компетентністю в галузі автоматичного антипомпажного регулювання відцентрових нагнітачів.

Множиною параметрів, які характеризують помпаж у відцентровому нагнітачі є: перепад тиску на звужуючому пристрої (конфузорі) перед нагнітачем ( $dP_{\text{конф.}}$ ); тиск за нагнітачем ( $P$ ); температура ( $T$ ); густина газу ( $\rho$ ); швидкість обертання силової турбіни ( $N_{CT}$ ); осьовий зсув нагнітача ( $G_{s_{zsvN}}$ ); горизонтальна ( $g$ ) вібрація (вібропереміщення) передньої опори нагнітача (PON) ( $G_{g_{PON}}$ ); вертикальна ( $v$ ) вібрація (вібропереміщення) передньої опори нагнітача (PON) ( $G_{v_{PON}}$ ); горизонтальна ( $g$ ) вібрація (вібропереміщення) передньої опори нагнітача (ZON) ( $G_{g_{ZON}}$ ); вертикальна ( $v$ ) вібрація (вібропереміщення) передньої опори нагнітача (ZON) ( $G_{v_{ZON}}$ ).

Оскільки велика кількість експертів впливає на ступінь узгодженості їхніх суджень, а зменшення їх кількості призводить до зниження точності оцінювання, вибрали і сформували дві групи по 8 експертів у кожній. Для ранжування експертам представили по 5 факторів.

Судячи із суми результатів опитування, першої групи експертів, у вигляді розрахованих рангів, найважливішими характеристиками помпажу у відцентровому нагнітачі є  $dP_{\text{конф.}}$ ,  $G_{s_{zsvN}}$ ,  $G_{g_{PON}}$ ,  $G_{v_{PON}}$ . Їх значення відповідно складають 11, 19, 20 та 34 бала.

Результати опитування другої групи експертів засвідчили, що найважливішими є  $N_{CT}$ ,  $G_{g_{ZON}}$ ,  $G_{v_{ZON}}$ . Їх значення відповідно складають 13, 17 та 18.

Аналіз параметрів, що входять в математичну модель помпажу і результатів опитування експертів дозволяють вибрати сім параметрів, які найбільш інформативні для виявлення початку помпажу в відцентровому нагнітачі. Вони створюють такий тезаурус:

$$\langle dP_{\text{конф}}, N_{\text{СТ}}, G_{\text{гзон}}, G_{\text{взон}}, G_{\text{гпон}}, G_{\text{впон}}, G_{\text{ззмин}} \rangle \quad (1)$$

Усі вони повинні брати участь в розрахунку відсотку відкриття антипомпажного клапана самостійно, або разом з іншими параметрами.

Для побудови системи керування антипомпажним клапаном складено структурну формулу, яка захищатиме відцентровий нагнітач від виникнення помпажу. Ця формула описує логічні функції, які виконуються даною системою. Для зображення логічних функцій застосовано діаграми Вейча (рис. 1 та 2), які базуються на графічному представленні комбінацій змінних.

	d		b	
	0	0	1	0
	0	1	1	1
c	[	1	1	1
a		0	1	1

Рисунок 1 – Діаграма Вейча логічної функції чотирьох змінних

	g		g		g		g		g	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
f	[	0	0	1	0	1	1	1	0	0
e		0	0	0	0	0	1	0	0	0
		0	0	0	0	0	1	1	1	0
		0	0	1	0	1	1	1	1	1
d	[	0	1	1	1	1	1	1	1	1
f		0	0	1	0	1	1	1	0	0
		0	0	0	0	0	1	1	1	0
		0	0	0	0	0	1	1	1	0

Рисунок 2 – Діаграма Вейча логічної функції сімох змінних

На рисунках 1 та 2 синтезовано логічну функцію системи керування антипомпажним клапаном, яка реагує на чотири та сім відхилень вхідних параметрів.

#### Література

- 1 Деточенко А. В., Михеев А. Л., Волков М.М. Супутник газовика. М.: Недра, 1976. 311 с.
- 2 Тельнова К. А., Файнштейна А. А., Шабашова С. З. Автоматизация газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. Л.: Недра, 1983. 265 с.

УДК 681.5

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ

*М.В. Івасюта, Л.І. Фешанич*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 76019,  
м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: [ivasyutamx@gmail.com](mailto:ivasyutamx@gmail.com)*

При реконструкції сепараційної установки для вдосконалення підготовки газового конденсату визначальним технологічним процесом є процес низькотемпературної сепарації. Основна задача при керуванні цим процесом полягає у дотриманні оптимальних технологічних режимів. Це дозволяє добитися найкращих показників за якістю підготовки природного газу.

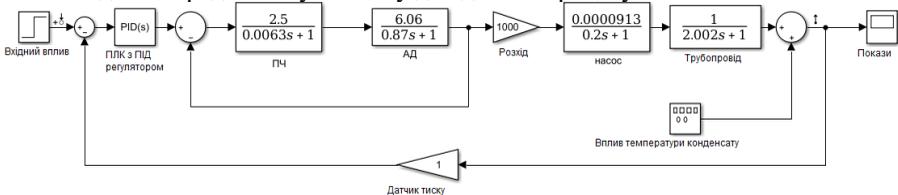
В процесі роботи сепаратора в ньому накопичується конденсат і дрібні механічні домішки, які повинні відводитися із сепаратора насосом. В процесі перекачування даного середовища, потрібно підтримувати тиск в лінії нагнітання насоса, виходячи з умов міцності трубопроводу і встановленого на ньому обладнання. Тому в якості регульованого параметра технологічного процесу вибираємо тиск конденсату на лінії нагнітання насоса.

В якості алгоритму регулювання будемо використовувати алгоритм ПІД регулювання, який дозволяє забезпечити гарну якість регулювання, досить малий час виходу на режим і невисоку чутливість до зовнішніх збурень.

Схема регулювання складається з наступних основних елементів: вхідний вплив, ПЛК з ПІД-регулятором, перетворювач частоти, асинхронний двигун, насос, об'єкт управління і датчик тиску.

Об'єктом управління є ділянка трубопроводу. З панелі оператора задається тиск, який потрібно забезпечити в трубопроводі. В ПЛК подається значення з датчика тиску, відбувається порівнювання значень, і формується вихідний струмовий сигнал. Цей сигнал подається на перетворювач, який потім передає напругу живлення на асинхронний двигун. Асинхронний двигун з насосом перетворюють електричну енергію в потенційну енергію тиску рідини.

Складемо передавальну систему для даного процесу в Simulink:



**Рисунок 1 - Система регулювання, складена в Simulink**

В результаті експерименту, отриманий перехідний процес, який представлений на рисунку 2.

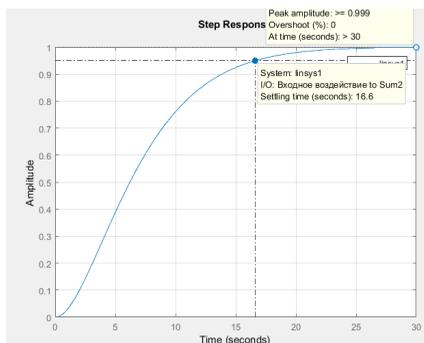


Рисунок 2 – Графік перехідних процесів

Прямі показники якості перехідного процесу, такі, як час перехідного процесу і перерегулювання становлять відповідно 16,6 сек. і 0%. Перерегулювання відсутнє, що позитивно для систем автоматизації, так як збільшується експлуатаційний період складових системи, тобто зменшується знос устаткування.

Управління в АС блоку низькотемпературної сепарації газу реалізовано з використанням SCADA системи TIA Portal. Ця система призначена для використання на діючих технологічних установках в реальному часі і вимагає використання комп'ютерної техніки в промисловому виконанні, що відповідає жорстким вимогам в сенсі надійності, вартості та безпеки.

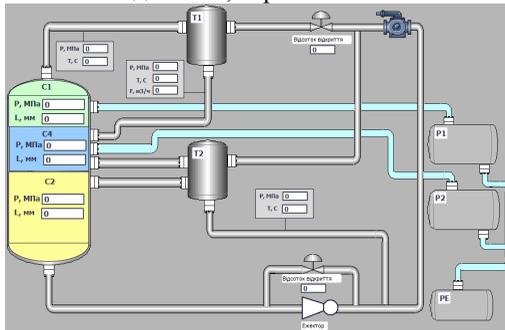


Рисунок 3 – Мнемосхема НТС

На мнемосхемі «Низькотемпературна сепарація газу» відображається робота наступних об'єктів і показання приладів:

- Тиск в сепараторі;
- Рівень в сепараторі;
- Стану засувок.

#### Література

1 Автоматизація неперервних технологічних процесів в нафтовій та газовій промисловості. Навчальний посібник / [М. І. Когутяк, М. М. Дранчук, Я. Р. Когуч та ін.]. - Івано-Франківськ: Факел, 2006. - 385 с.

УДК 681.5

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

*А.І. Лагойда, Р.М. Чернега*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(0342)727167,  
e-mail: lahoidaandrii@gmail.com*

Гідравлічний розрив пласта є одним із методів збільшення продуктивності свердловин. Гідравлічний розрив пласта - це метод утворення нових або розширення деяких існуючих у пласті тріщин за рахунок нагнітання у свердловину рідини або піни під високим тиском. Щоб забезпечити високу проникність тріщини заповнюють закріплюючим агентом. Під дією тиску закріплені тріщини зникають неповністю, в результаті чого значно збільшується фільтраційна поверхня свердловини, а іноді включаються в роботу додаткові зони пласта, які не включені в розробку.

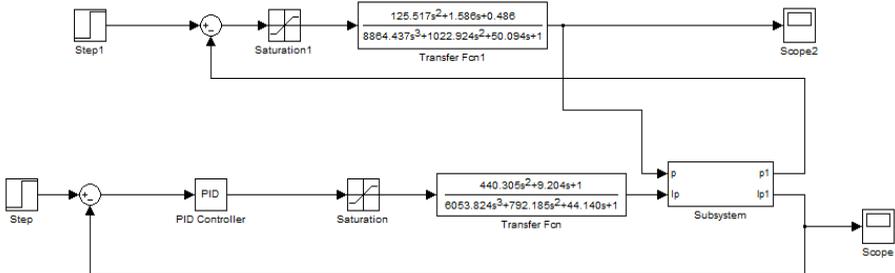
Технологія автоматизації процесу гідравлічного розриву пласта перебуває на початковій стадії розробки, тому існує необхідність постійної еволюції її технологічної бази. Важливим напрямком такої еволюції є розроблення систем керування на базі методів нечіткої логіки. Одна з головних переваг полягає у тому, що регулятор на основі нечіткої логіки можна створити за лінгвістичними правилами. Керування в цьому випадку здійснюється за допомогою набору умовних лінгвістичних операторів або правил, які задають конкретні ситуації керування. Такі умовні лінгвістичні правила можна сформулювати, виходячи з досвіду та інтуїції експертів, з міркувань здорового глузду або технологічних даних отриманих шляхом експерименту.

На початкових етапах розробки системи визначено функцію передачі основного (1) та допоміжного (2) каналів керування:

$$W_0(p) = \frac{125,517p^2 + 1,586p + 0,486}{8864,437p^3 + 1022,924p^2 + 50,094p + 1} \quad (1)$$

$$W_1(p) = \frac{440,305p^2 + 9,204p + 1}{6053,824p^3 + 792,185p^2 + 44,140p + 1} \quad (2)$$

на основі залежності витрати пропанту від тиску на виході з насосного агрегату за допомогою якої синтезовано імітаційну модель (рис. 1).



**Рисунок 1 – Імітаційна модель системи регулювання тиску рідини на виході з насосного агрегату в Matlab Simulink**

На основі аналізу статичних характеристик неперервного сигналу проведено визначення типу функції належності, кількості термів та частоти дискретного контролю експериментальної величини. Результат розрахунків похибок апроксимації, для величини тиску на виході з насосного агрегату засвідчив, що найбільш підходящою є гаусівська функція належності (2), а кількість термів, яка потрібна для фаззифікації технологічних параметрів експериментальної величини складає 5 (3).

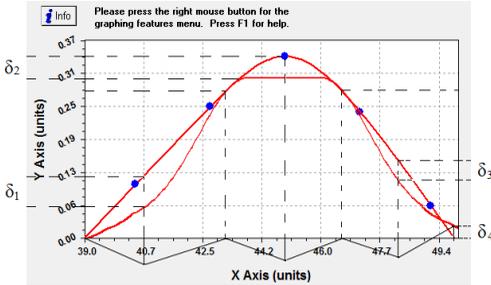


Рисунок 2 - Гаусівська функція належності тиску на усті свердловини в програмі CurveExpert

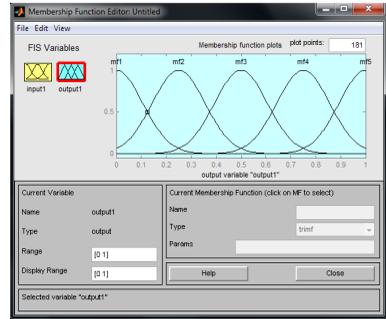


Рисунок 3 – Гаусівська функція належності експериментальної величини в програмі Matlab

Розробка нечіткого регулятора являється складним та тривалим процесом. Даний процес вимагає особливої уваги та зосередження від експерта, і складається з пов'язаних між собою етапів – кроків проектування. На першому етапі розробки проводилося опитування експертів. Процедура заключалася в задаванні питань експертам, на які вони давали вичерпні відповіді.

На основі отриманих тверджень експертів проведено синтез нечітких регулятора.

В процесі проведених досліджень розроблено системи з ПД-регулятором, з коректуючим пристроєм, з коректуючим пристроєм з блоком Fuzzy Logic Controller в результаті яких встановлено, що саме остання система забезпечує виконання більш якісного перехідного процесу при змінах параметрів системи і зовнішніх збуреннях.

### Література

- 1 Усачев М. П. Гидравлический разрыв пласта: учебное пособие для учащихся профтехобразования и рабочих на производстве. Москва: Недра, 1986. 165 с.
- 2 Dicrey P. A., Andressen K. H. Behavior of water input wells. Oil weekly, Vol.120, №2, 1945.
- 3 Hurst R. E., Moore J. M., Ramsey D. E. Development and application of frac treatments in the Permian Basin. J. of Petrol. Technology, Vol.7, №4, 1955.
- 4 Hurrison E. P., Kieschnick W. F., Me Guire W. J. The mechanics of fracture induction and extension. J. of Petrol. Technology, Vol.1, №10, 1954.
- 5 Mader D. Hydraulic proppant fracturing and gravel packing. Developments in petroleum science. Elsevier Science Publishers, Vol.26, №13, 1989.

УДК 621.314

## СИСТЕМА РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НА БАЗІ ОБЛАДНАННЯ SIMATIC RFID

*О.М. Касюк, М.Я. Николайчук*

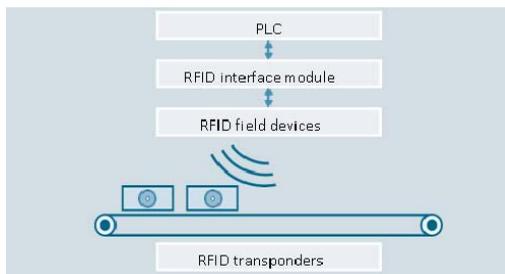
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, e-mail: itts@nung.edu.ua*

Складність і багатоступеневий характер виробничих процесів визначають потребу в контролі переміщення компонентів за допомогою децентралізованих систем ідентифікації, інтегрованих в систему автоматизованого управління і мережі передачі даних, здатних працювати в складних промислових умовах. Радіочастотна ідентифікація є оптимальним рішенням в випадку відсутності прямої видимості між зчитувальним пристроєм і маркуванням.

Автоматична ідентифікація товарів та матеріалів для високотехнологічних виробництв передбачає застосування специфічних топологій та апаратно-програмних засобів, особливо при розробці та впровадженні радіочастотних засобів ідентифікації RFID (Radio Frequency Identification).

Наведено результати проектування і тестування апаратно-програмних засобів RFID на базі обладнання Simatic Ident «Siemens» [1].

На рис. 1 наведено компоненти і функціональну схему системи ідентифікації на базі технології RFID.



PLC – Programmable Logic Controller; RFID interface module – RFID інтерфейсний модуль; RFID field devices – RFID польові пристрої; RFID transponders – RFID прийомопередавачі.

**Рисунок 1 – Компоненти і функціональну схему системи ідентифікації на базі технології RFID**

Для інтеграції модулів Simatic Ident в систему ідентифікації на базі технології RFID доступна велика кількість інтерфейсних та комунікаційних модулів, а для створення прикладної програми для PLC Simatic S7 - доступні відповідні функціональні програмні блоки [2].

В проекті для вирішення задач RFID ідентифікації застосовано PLC S7-1200, комунікаційний модуль RF120C та транспондери Simatic RF200 використовується як система RFID для ідентифікації за допомогою.

На рис. 2 наведено конфігурацію апаратних засобів системи ідентифікації на базі технології RFID.

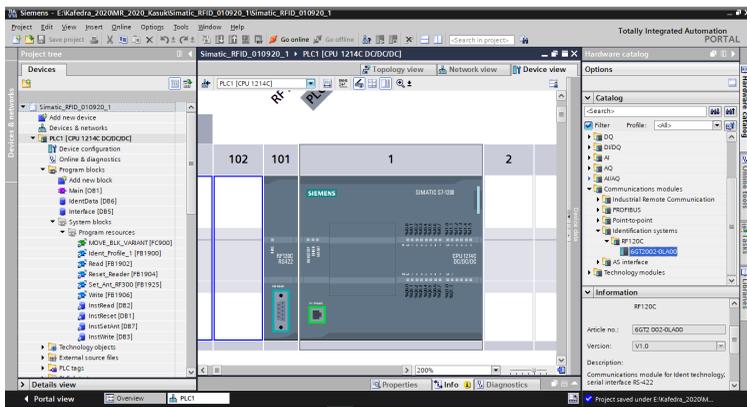


Рисунок 2 – Конфігурація апаратних засобів системи ідентифікації на базі технології RFID

На рис. 3 наведено програмний блок «Write» запису даних в RFID-транспондер на мові FBD (Functional Block Diagram) [3].

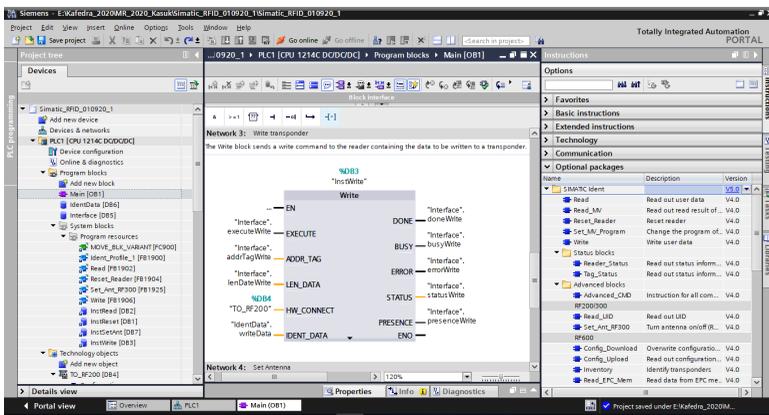


Рисунок 3 – Програмний блок «Write» запису даних в RFID-транспондер на мові FBD

### Літературні джерела

- 1 SIMATIC Ident. RFID systems Ident profile and Ident blocks, standard function for Ident systems. Function Manual: Siemens. – (C79000-G8976-C387-01), 10/2014. – 128 p.
- 2 Industrial Identification with SIMATIC RF200 and RF120C. SIMATIC RF / SIMATIC S7-1200: Siemens. – RFID Basics (Entry ID: 109483367, V1.0), 04/2018. – 35 p.
- 3 SIMATIC. STEP 7 Professional V14 SP1 System Manual: Siemens. – 04/2017. – 16098 p.

УДК 681.51:622.691.4

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИМ АГРЕГАТОМ З НЕЧІТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ

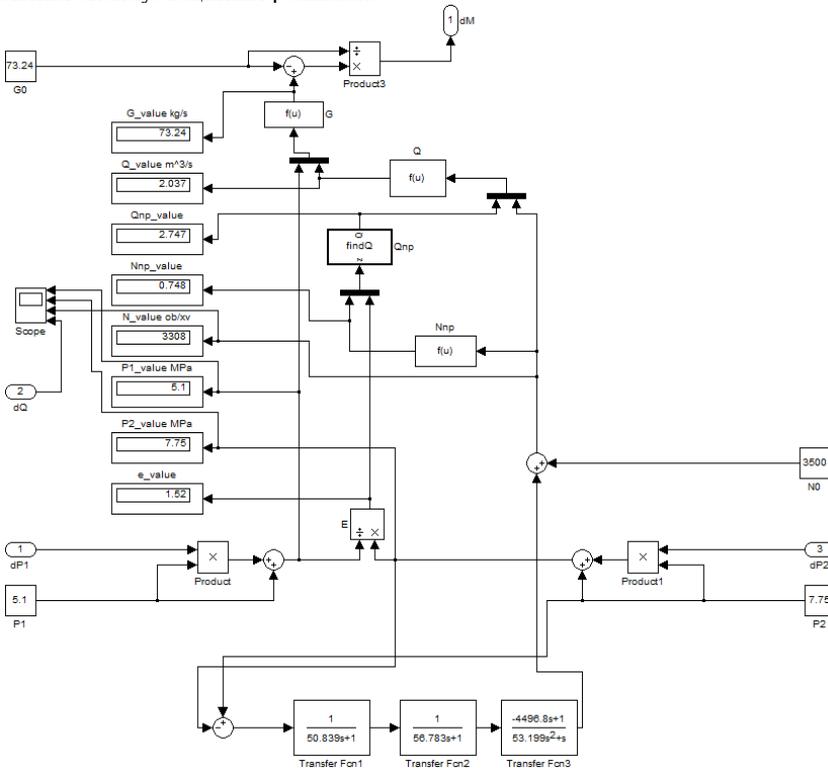
*А.І. Лагойда, С.І. Явірницький*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(0342)727167,  
e-mail: lahoidaandrii@gmail.com*

Газова промисловість України на сьогоднішній день - провідна галузь паливно-енергетичного комплексу нашої держави. Від її надійної роботи в значній мірі залежить стабільність національної економіки та постачання газу в країни Західної Європи.

Основним елементом компресорних станцій, які здійснюють перекачування природного газу, є газоперекачувальні агрегати. Саме тому розробка та синтез нечітких контролерів для типового газоперекачувального агрегату з ціллю забезпечення найкращої якості транспортування є надзвичайно актуальною.

В ході проведених досліджень розроблено модель газоперекачувального агрегату (рис. 1) з прилеглими ділянками трубопроводів, що дало змогу провести дослідження даного об'єкту в режимі імітаційного моделювання на реальних експлуатаційних режимах.

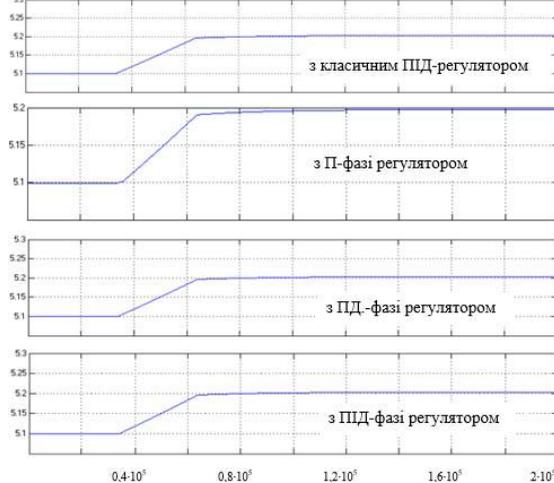


**Рисунок 1 – Модель газоперекачувального агрегату в Simulink**

Розробка нечіткого регулятора являється складним та тривалим процесом. Даний процес вимагає особливої уваги та зосередження від експерта, і складається з пов'язаних між собою етапів – кроків проектування. На першому етапі розробки проводилося опитування експертів. Дана процедура заключалася в задаванні питань експертам, на які вони давали вичерпні відповіді.

На основі отриманих тверджень експертів проведено синтез нечітких регулятора.

В процесі проведених досліджень розроблено класичний ПІД-регулятор, П-фазі регулятор, ПД-фазі регулятор та ПІД-фазі регулятор, які були успішно опробувані (рис. 2) на попередньо розробленій імітаційній моделі.



**Рисунок 2 – Динаміка зміни тиску перед газоперекачувальним агрегатом з різними регуляторами**

Проаналізувавши динаміку зміни обертів нагнітача, динаміку зміни тиску після газоперекачувального агрегату та динаміку зміни тиску перед газоперекачувальним агрегатом встановлено, що найбільш ефективним в даному випадку є нечіткий регулятор з ПД-законом керування.

При застосуванні ПД-фазі регулятора якість роботи нечіткої автоматичної системи суттєво не змінюється порівняно з традиційною системою, перерегулювання відсутнє, але отримуємо вигреш в якості та динаміці керуючих сигналів, що поступають на електричний виконавчий механізм на відміну від класичного ПІД-регулятора, який дає незначні та все ж таки коливання. Нечітким контролером гарантується висока точність регулювання.

#### Література

1 Широкий Д. К., Куриленко О. Д. Оптимальні настройки промислових систем регулювання. Київ: Вища школа, 1975. 263 с.

2 Гостев В. И. Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления. К.: Радиоаматор, 2003. 512 с.

УДК 681.5

## ТРЕНАЖЕРНИЙ КОМПЛЕКС З АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА АРДУІНО

*М.М. Кучак, М.І. Козуляк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: kafatr@ukr.net*

Вагомим фактором при розробленні тренажерного симулятора є вартість та функціонал пристрою. А також симулятор має мати змогу додавання входів/виходів та об'єму пам'яті для програм. Використання промислового логічного контролера як імітатора технологічного об'єкта є не доцільним, тому що їх ціна стартує від 500 до 2000 доларів на 40-50 входів/виходів та вони мають деякі обмеження по функціоналу та імітаційних алгоритмах, а також у них відсутня візуалізація.

Таким чином було прийнято рішення створити цифровий імітатор на апаратній обчислювальній платформі Ардуіно.

Основою тренажерного імітатора є мікропроцесорний контролер Ардуіно Mega 2560 (рис. 1).



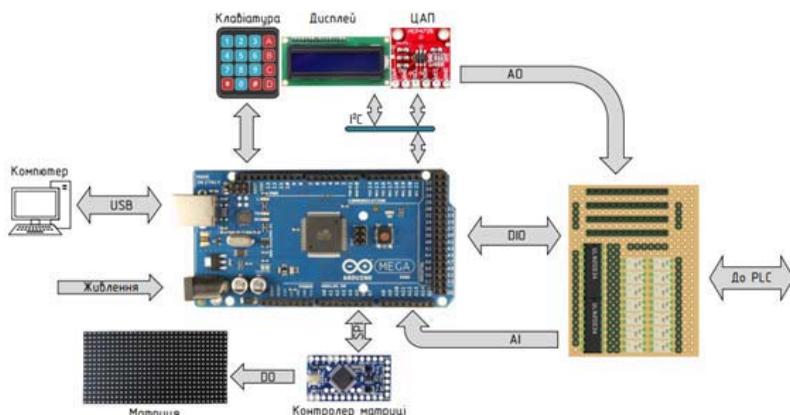
**Рисунок 1 – Ардуіно Mega 2560**

Arduino Mega 2560 також надає можливість для простого підключення до комп'ютера або з подібною обчислювальною платформою. Програмування Arduino Mega здійснюється за допомогою програмного забезпечення Arduino IDE мовою C++.

Тренажерний комплекс складається з наступних електронних компонентів:

- мікроконтролер Arduino Mega;
- світлодіодна матриця P10 (для візуалізації технологічного процесу);
- дисплей (для поточного контролю і налаштування);
- блок клавіатури (для вводу інформації та керування пристроєм);
- плата комутації з необхідною периферією (для підключення до регуляторів та програмно-логічних контролерів).

На рис. 2 показана структурна схема даного тренажерного комплексу.



**Рисунок 2 – Структурна схема тренажерного комплексу**

Даний тренажерний комплекс дозволить виконувати наступні функції:

1. Імітувати апаратно-програмні моделі, які повністю відтворюють певний технологічний об'єкт.
2. Експериментальне дослідження симульованих каналів регулювання та логічного керування, як засобами самого тренажера так і сторонніми регуляторами чи PLC.
3. Повноцінне відлагодження програмного забезпечення тестованих регуляторів та промислових контролерів.
4. Візуалізувати процес досліджень на кольоровій матричній панелі.
5. Гнучко переналаштувати тренажер на іншу імітаційну модель.

Розроблений тренажерний комплекс є хорошим інструментом для відлагодження та повноцінного тестування контролерів та загалом АСК ТП, шляхом формування інформаційних потоків відгуку керованого об'єкта симульованого з певним ступенем достовірності, на стадії проектування та навчання персоналу, а також у навчальних цілях.

#### Література

1 Когутяк М.І. Універсальний тренажер для навчальних цілей // Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2020 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів».м.Луцьк, 2-4 червня 2020р. –С.24-25.

2 Когутяк М.І., Кучак М.М., Майкович Є.П. Прикладна програма для імітаційного моделювання процесу автоматичного регулювання параметру технологічного апарату// матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автоматизоване управління багатовимірними об'єктами на засадах обчислювального інтелекту» м.Івано-Франківськ ,17 - 19 жовтня 2018 року - с.73-71.

УДК 004.925

## АНАЛІЗ СТАНДАРТУ AVIF СТИСНЕННЯ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ

*О. Н. Романюк, В. П. Майданюк, А. В. Марущак, В. А. Шмалюх*

*Вінницький технічний національний університет  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95  
vntu@vntu.edu.ua*

Для підвищення продуктивності, передачі та оброблення графічних зображень використовують їх стиснення. При цьому важливо досягти прийняттого компромісу між коефіцієнтом стиснення та реалістичністю отриманого зображення. У зв'язку з цим актуальною задачею є розробка нових методів і засобів для стиснення графічних зображень [1-2].

AVIF [3-5] – це формат цифрового зображення, що дозволяє стискати інформацію про зображення більш ефективно порівняно з існуючими методами. Даний кодек, який підтримується Alliance for Open Media (AV1), було розроблений у 2015 році. Однією із найбільш вагомих причин використання є відкритий код із можливістю редагування. На відміну від альтернативного кодека HEVC він є безкоштовним [3].

Використання AVIF дає можливість підтримувати стандарт кольору HDR (High Dynamic Range). Це дає змогу працювати із кольоровою палітрою глибиною у 8, 10 і 12 біт, однак не досягає 16, що підтримує HEVC. Також дане форматування графічних зображень може використовувати монохромні канали для формування цифрового зображення. Більш того, таке кодування дає змогу записувати відео такого ж формату, зберігаючи всі переваги стиснення без суттєвого зниження якості.

Переваги використання AVIF [4]:

- підвищення швидкості завантаження;
- поліпшення показника конверсії за допомогою підвищення швидкості;
- поліпшення поведінкових факторів;
- зменшення витрат користувача на трафік;
- зменшення навантаження на сервер сайту;
- зменшення витрати батареї пристрою;
- зменшення витрат на вихідний трафік сервера.

Основним призначенням AVIF є заміна застарілих кодеків і систем відображень у веб-переглядачах. Сьогодні користувачі всього світу використовують Інтернет як засіб для отримання не лише тексту, а й фото та відеографіки. Тому зменшення фізичного розміру цифрового зображення є важливою задачею для забезпечення продуктивності та швидкодії браузера.

Порівняно зі звичайним розширенням JPEG, нова технологія забезпечує ефективніше стиснення без вагомій втрати якості зображення, як і конкурентний кодек HEVC. Якість зображення по відношенню до фізичного розміру зображення виявляється суттєво кращою використовуючи кодування AVIF, як зображено на рис. 1 [5].

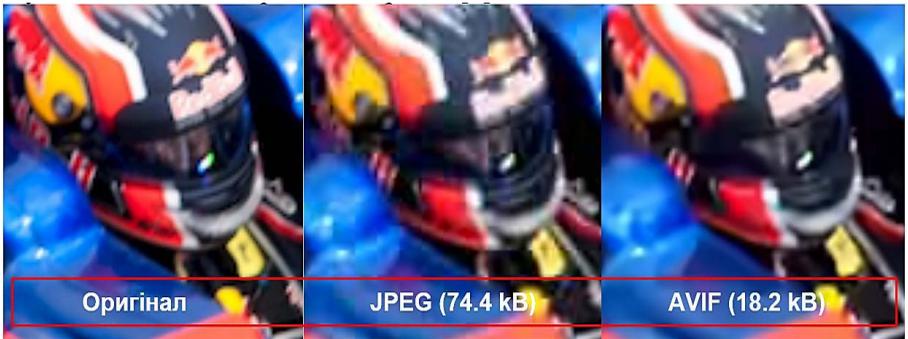


Рисунок 1 – Порівняння кодувань зображень JPEG і AVIF

У версії AVIF (18 кБ) згладжування усуває розподіл між ділянками зображення. Зокрема, значно краще зберігаються чіткі лінії, оскільки використовується метод згладжування. У JPEG (74 кБ) можливо побачити окремі блоки 8x8 DCT (Discrete Cosine Transform) [5]. Зокрема наявні методики та технології, що розробляються з метою замінити модифікації формату JPEG, не є вищезгаданими та оптимальними для всіх сфер використання.

AVIF підтримує розбиття зображення на менші блоки, які можна кодувати та декодувати окремо. Це актуально для кодування, оскільки блоки можна кодувати паралельно, використовуючи повною мірою ядра процесора.

Отже, кодування AVIF є заміною до поширеної технології JPEG і всіх її модифікацій. Особливо корисним у використанні такого формату буде кодування графічних зображень у веб-браузерах. Розмір кодованого зображення чи відео суттєво менший порівняно з іншими технологіями. При цьому якість картинки не погіршується, як у JPEG.

#### Список літератури

1 Романюк, О. Н. Веб-дизайн і комп'ютерна графіка [Текст] :навчальний посібник / О. Н. Романюк, Д. І. Кательніков, О. П.Косовець ; МОН Україна, ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2007.

2 Аналіз та перспективи розвитку кодування зображень / В. П. Кожем'яко, В. П. Майданюк, К. М. Жуков // Вісн. Вінниц. політехн. ін-ту. - 1999. - № 3. - С. 41-47.

3 Matt Mills. HEIF and AVIF: Image and Photo Formats and Differences [Електронний ресурс] / Matt Mills // itigic. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://itigic.com/ru/heif-and-avif-image-photography-formats-differences/>.

4 Дмитрий Угниченко. Будущее изображений в интернете. AVIF в SEO — новый формат, который взорвал интернет [Електронний ресурс] / Дмитрий Угниченко // Megaindex. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.megaindex.com/blog/avif>.

5 Jake Archibald. AVIF has landed [Електронний ресурс] / Jake Archibald // jakearchibald. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://jakearchibald.com/2020/avif-has-landed/>.

УДК 681.544

## СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМ ОБ'ЄКТОМ НА БАЗІ AVR МІКРОКОНТРОЛЕРА З ДОПОМОГОЮ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА SCADA СИСТЕМИ

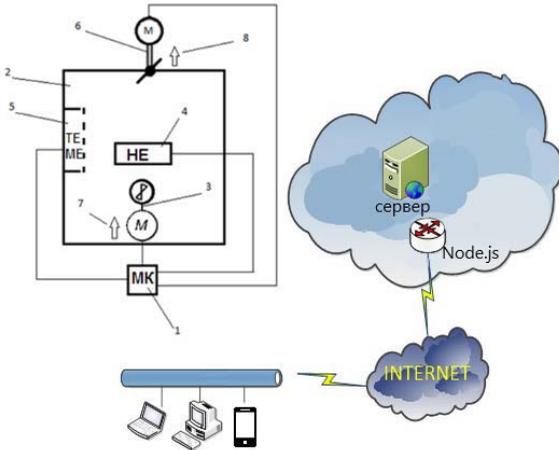
*М.В.Білоус, М.І. Козуляк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу вул.Карпатська, 15,  
м.Івано-Франківськ, Україна, 76019, Ikolabilous1@gmail.com*

Для керування тепловим об'єктом на базі контролера AVR мікроконтролера (апаратно адаптований модуль Arduino UNO) за допомогою мови програмування Processing та програмного забезпечення FLProg розроблено регулятор температури, який реалізує типові П, ПД, ПІ та ПІД закони регулювання. Розроблено проєкт фізичної панелі керування в SCADA системі, а також веб сторінку із сервером для віддаленого керування об'єктом через хмарні технології. Керованим об'єктом є прототип моделі теплової установки, яка складається з таких елементів: нагнітального вентилятора з ШІМ -

керуванням швидкістю обертання, нагрівного елемента з ШІМ - регулюванням потужністю нагріву, цифрового датчика температури та вологості, регулюючого шибера на сервомоторі з ШІМ - керуванням. Структурна схема системи приведена на рис.1.

Через розроблені візуальні панелі керування в SCADA та веб-сторінку є можливість коригувати коефіцієнти налаштування регулятора -  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ , та уставку по температурі  $SP$ . Віртуальний інтерфейс складається з кнопок, індикаторів стану елементів, та полів де виводяться значення усіх показників системи. Також можна з передньої панелі керування контролера здійснити потрібні налаштування з використанням модуля цифрового дисплея



1 – мікроконтролер; 2 – об'єм теплового об'єкта; 3 – куллер; 4 нагрівний елемент; 5 – датчик температури та вологості; 6 – сервопривід для регулювання витоку повітря; 7 – напрямок подачі холодного повітря; 8 – вихідний напрямок руху повітря.

**Рисунок 1 - Структурна схема керування тепловою установкою**

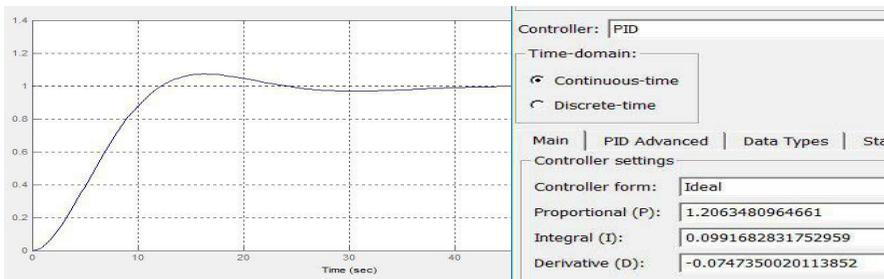
LCD 1602 та кнопок навігації.

Для обміну даними між клієнт-серверною частиною та AVR мікроконтролером було розроблено програмне забезпечення з допомогою Node.js + JavaScript, а також html і css. Для роботи з послідовним портом використана бібліотека Babbler.js.

Проведено активне експериментальне дослідження об'єкта з фіксацією перехідних характеристик по двом каналам регулювання : «потужність на нагрівному елементі – температура повітря» та «частота обертання вентилятора – температура повітря». Знайдено реальні передавальні функції об'єкта. Для першого каналу вона виглядає наступним чином:

$$W(p) = \frac{1}{39.97p^2 + 13.41p + 1}$$

В результаті проведених досліджень синтезовано одноконтурну та комбіновану АСР температури. Синтез проведений у програмі Matlab (рис.2).



**Рисунок 2 – Синтез одноконтурної АСР, перехідна характеристика та оптимальні параметри ПІД регулятора**

#### Література

- 1 Білоус М. В., Когутяк М. І. Система керування тепловим об'єктом на базі платформи Ардуіно // Збірник тез доповідей ІV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» 10-11 жовтня Івано-Франківськ-2019. с.62-63
- 2 Когутяк М.І. Універсальний тренажер для навчальних цілей // Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2020 «Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів».м.Луцьк, 2-4 червня 2020р. –С.24-25.
- 3 Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 400 с.
- 4 Соммур У.А. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 256 с.

УДК 004.623

## **РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НОВИННОГО ПОТОКУ У ГЛОБАЛЬНІЙ ІНФОСФЕРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ JAVAFX**

*В.М. Авдєєв, Д.І. Катєльніков*

*Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Вінницька  
область, 21000, vntu@vntu.edu.ua*

### **Актуальність теми**

Rich Site Summary – сумарна інформація сайту – сімейство XML-форматів, які призначені для опису новинних стрічок, анонсів статті, публікацій в блогах і іншої інформації. Майже у кожного сайту є своя RSS-стрічка. Як тільки з'являється будь-який новий запис, то він автоматично стає доступним в цій стрічці. В більшості випадків текст спочатку з'являється в RSS-стрічках, а потім відправляється в соціальні мережі. Для тих кому важливо оперативно отримувати новини RSS стає незамінним[1].

Ідея RSS зародилась достатньо давно, але при цьому зберігає багато переваг перед звичайним переглядом новин на сайтах. Для простих користувачів знайдеться багато корисного – користувач може в єдиному інтерфейсі і в одній стрічці читати публікації всіх цікавлячих його сайтів. Також користувач завжди буде впевненим, що він не пропустить ні одну новину через сучасні «розумні» алгоритми. Головною перевагою RSS є повний контроль над контентом[2].

У зв'язку з цим актуальною задачею є створення власного RSS додадку.

### **Аналіз методів і засобів реалізації програмного продукту**

RSS – це родина XML-форматів, що використовується для публікації та постачання інформації, що часто змінюється, наприклад, нових записів в блозі, заголовків новин, анонсів статей, зображень, аудіо і відео матеріалів (в стандартизованому форматі). Тому завдання зводиться до виконання XML-агрегації.

Агрегацію можна виконати за допомогою DOM Parser/Builder [3]. При його використанні повністю вся структура XML файлу завантажується в пам'ять. Також DOM Parser/Builder можна використовувати для агрегації HTML сторінки. Але даний метод буде мати незручний та незграбний API при розробці. Також агрегацію можна виконати за допомогою SAX Parser [4]. На відміну від DOM Parser/Builder, він призначений тільки для XML форматів. SAX Parser запускається від початку файлу та викликає відповідні методи початку елемента, кінця елемента та метод вмісту тексту між відкриваючим і закриваючими тегами, тобто він дозволяє обробляти документ по мірі його читання, що дає змогу виконувати якісь дії над документом, не очікуючи доки він буде збереженим.

Іншим варіант є використання StAx Reader/Writer [5]. Він працює з використанням інтерфейсу потоку-даних – потрібно перевірити чи наступний елемент присутній, якщо він присутній, то потрібно викликати метод на його

отримання. Тобто StAx Reader/Writer працює у вигляді курсору чи ітератора.

Ще один метод – це використання JAXB [6]. При його використанні напряму зі структурою файлу працювати не потрібно. В цьому випадку створюємо класи, які відповідають структурі XML файлу, та відповідним способом помічаємо, що це є початковим елементом (@XmlRootElement), що це звичайний елемент (@XmlElement) чи атрибут (@XmlAttribute).

Отже, після проведення аналізу методів для реалізації RSS агрегації було обрано SAX Parser. Він є досить швидким та дозволяє зекономити використання оперативної пам'яті. Також він дозволяє мати повний контроль над процесом агрегації.

### **Реалізація програмного продукту**

Для розробки додатку використовується мова Java. Для реалізації роботи з інтерфейсом використовується технологія JavaFX. JavaFX - платформа на основі Java для створення додатків з насиченим графічним інтерфейсом.

Основним методом SAX Parser є метод, який викликається при знаходженні між відкриваючим і закриваючим XML тегами. Даний алгоритм встановлює відповідність між тегами і атрибутами XML файлу та моделлю.

Додаток представляє собою клієнтську систему. Для отримання даних з RSS каналу виконується HTTP GET запит за URL адресою, яка відповідає адресі знаходження RSS каналу. Після отримання результату виконується агрегація даних. Потім дані представляються в комфортному для читача вигляді у вікні програми.

Отже, загальна модель роботи додатку виглядає наступним чином: посилання запиту на отримання вмісту RSS каналу; виділення тіла результату запиту; агрегація даних з тіла результату; представлення даних у зручному вигляді.

### **Висновки**

В роботі було встановлено актуальність розробки RSS додатку та технології, які будуть використовуватись для розробки, а також розроблено загальну модель роботи додатку.

#### **Список використаної літератури**

- 1 RSS. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2HWuHEQ>
- 2 Синдикація контенту. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2FM59GV>
- 3 DOM Parser/Builder [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2Ibqhcy>
- 4 Simple API for XML [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2CUfCiP>
- 5 Streaming API for XML [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2OL1sFt>
- 6 JAXB [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://bit.ly/2K5jrYs>

УДК 004.92

## ОСОБЛИВОСТІ DIRECTX 12

*О.Н. Романюк, В.М. Бажан*

*Вінницький технічний національний університет  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95  
rom8591@vntu.edu.ua*

Комп'ютерна графіка реалістично відтворює реальні явища та об'єкти та є найбільш реалістичною. При формуванні графічних зображень використовуються спеціально розроблені засоби.

DirectX - це набір API, розроблених для вирішення завдань, пов'язаних з програмуванням під Microsoft Windows. Найбільш широко використовується при написанні комп'ютерних ігор.

DirectX 12 - компонент інтерфейсу програмування високопродуктивної графіки. Основні цілі нового інтерфейсу - зниження CPU-оверхедів драйвера, зниження рівня абстрагування обладнання, можливість об'єднання графічних карт на рівні API (до цього існували тільки vendor-specific рішення CrossFireX, NVIDIA SLI). Офіційно випущений Microsoft в липні 2015. DirectX 12 є частиною Windows SDK в Windows 10.

Можливості та нововведення:

- збільшення продуктивності;
- можливість створення більш складних ефектів і сцен;
- більш ефективне використання потужностей багатоядерних процесорів;
- нові режими накладення і консервативна растеризація, яка повинна поліпшити процес відсікання об'єктів і визначення зіткнень;
- підтримка нових графічних прискорювачів;
- зниження рівня абстрагування обладнання;
- покращення від об'єктів стану конвеєра і таблиць дескрипторів;
- можливість об'єднання в єдину графічну підсистему графічних карт різних виробників;
- консервативна пастеризація;
- трасування променів в реальному часі.

Якщо раніше інтерфейс DirectX був націлений на універсальність і не давав розробникам прямого доступу до низькорівневих функцій відеокarti, то тепер завдяки новим процедурам виклику, доступ до них відкритий. Навіть більше - якщо розробники не використовують їх, драйвери зможуть автоматично оптимізувати їх використання для вирішення стандартних задач. Завдяки такому підходу, використання специфічних технологій відеокарт дозволить збільшити продуктивність навіть у старих іграх. DirectX 12 - перша з усіх версій, яка оптимізована під багатопоточність на низькому рівні. Ігри зможуть більш рівномірно навантажувати всі доступні ядра CPU, у зв'язку з чим підвищується продуктивність гри в цілому. Зменшується час на обробку основного потоку гри, що дозволяє викликати більше Draw-call. У підсумку - можна малювати в рази більше об'єктів без зниження частоти кадрів

З'явилася підтримка декількох відеокарт на рівні інтерфейсу. Головною особливістю об'єднання всіх GPU в один кластер є можливість обробки кожного окремого кадру всім масивом, що усуває проблеми сумісності ігор з Multi-GPU, а також дозволяє не копіювати відеопам'ять кожного пристрою, а використовувати її спільно, тобто тепер обсяг пам'яті декількох відеокарт додається. Реалізовано використання всього потенціалу eSRAM. Це особлива високошвидкісна пам'ять, яка використовується в GPU Xbox One. Якщо раніше було спеціальне API для роботи з нею, то зараз ці процедури і функції вбудовані в Dx12, а доступ до неї оптимізований, і більш простий для кінцевих розробників. Тому досягається збільшення продуктивності консолі, а також збільшення якості та швидкодії в майбутніх іграх. Більшість сучасних відеокарт, які підтримують DX 11.1, повністю сумісні з DX 12. Більш ранні відеокарти будуть підтримувати нове API тільки частково. Зараз більше 70% відеокарт, які є у геймерів, матимуть повну або часткову підтримку всіх нововведень.

Всі переваги DirectX 12 будуть доступні не тільки ігровим ПК з відеокартами останнього покоління, а й пристроям з бюджетними відеокартами або навіть вбудованими в процесори GPU, наприклад, ноутбуків і планшетів.

Найважливішим нововведенням можна вважати оновлення набору розширень DirectX Raytracing (DXR) до рівня Tier 1.1. Воно включає в себе підтримку додаткових шейдерів для існуючого конвеєра трасування статичних об'єктів (для підвищення ефективності), функції ExecuteInDirect з адаптивними алгоритмами, і новий полегшений тип трасування (InLine Raytracing).

Другою значимою зміною в DirectX 12 є підтримка DirectX Mesh Shader, покликаних збільшити гнучкість і продуктивність геометричного конвеєра. Модель програмування Mesh-шейдерів дозволить розробникам ігор змінювати рівень деталізації залежно від відстані до об'єктів, створюючи більш складні сцени без шкоди для частоти кадрів.

Аналіз можливостей DirectX 12 показує, що впровадження DirectX 12 дозволить суттєво підвищити продуктивність та реалістичність формування графічних зображень.

#### Список літератури

1 DirectX 12. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Direct3D\\_12](https://ru.wikipedia.org/wiki/Direct3D_12).

2 Что такое DirectX 12 и какие преимущества он несет. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://windowstips.ru/chto-takoe-directx-12-i-kakie-preimushhestva-on-neset>.

3 DirectX 12: Новый этап в развитии игр. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://www.goha.ru/directx-12-novyy-etap-v-razvitiy-igr-lbm3v4>.

УДК 681.518.52:622.692.4

## **ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУ НАФТИ НА ЗАСАДАХ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*О. В. Кучмистенко*

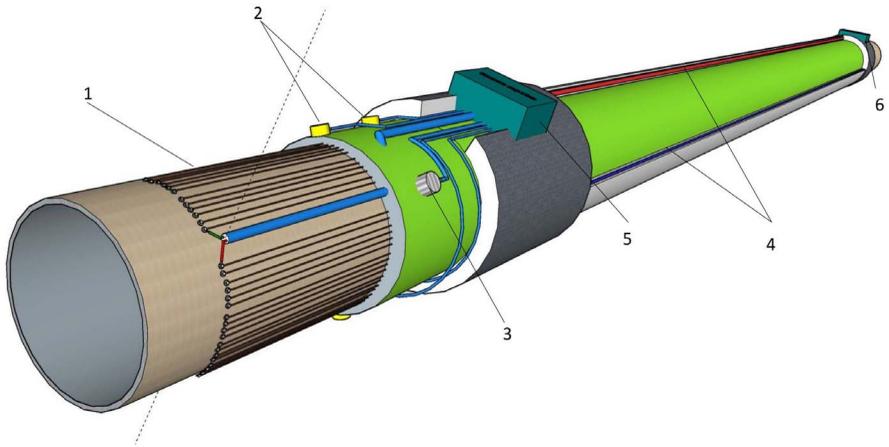
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська,  
15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна, e-mail: av.kuchmistenko@gmail.com*

Нафтотранспортна система – типовий приклад великих систем. Складність управління такими системами і контролю за ними обумовлена необхідністю враховувати значну кількість різнорідних факторів [1]. Подібні труднощі виникають і при проектуванні великих систем, тому актуальним є застосування сучасної обчислювальної техніки на засадах хмарних технологій.

Одним із факторів, що ускладнюють контроль і управління нафтотранспортною системою, є нерівномірність нафтоспоживання, оскільки технологічні процеси споживачів мають в загальному випадку нестаціонарний характер. Коливання тиску в нафтопроводі теж носять неусталений характер, оскільки змінюється величина відбору нафти споживачами і можливі вмикання або вимикання будь якого із багаточисельних елементів нафтопроводу. Зокрема такі збурюючи впливи, як вмикання або вимикання агрегатів, зміна технологічного режиму, пропуск очисного пристрою і т.д., призводять до того, що нафтопровід постійно працює в неусталеному режимі.

Сучасні системи моніторингу технологічного стану магістрального нафтопроводу мають бути забезпечені високоефективними засобами оброблення сигналів в режимі on-line з великою швидкістю значних обсягів різноманітної інформації для прийняття управлінських рішень [2]. Зрозуміло, що такі рішення мають бути не тільки адекватними в певній ситуації, а і з певними можливостями прогнозування. Однак адекватність і відповідна ефективність прийняття управлінського рішення чи то в автоматичному режимі, чи то оператором, залежить від якості первинного сигналу, який формується і надходить до інформаційної системи завдяки давачеві (перетворювачу) фізичної, хімічної чи іншої величини (параметра), тобто так званим вхідним периферійним обладнанням цих систем.

Для кардинального підвищення ефективності інформаційних систем оброблення інформації в засобах моніторингу технологічного стану магістрального нафтопроводу постає проблема створення інтелектуальної труби з вбудованими датчиками нового покоління, які б максимально точно відображали контрольований параметр (величину) у вигляді первинного електричного сигналу в реальному масштабі часу і були інтегровані в інформаційну систему на засадах хмарних технологій, а остання була б удосконалена в можливості сприйняття і оброблення сигналів по кількох каналах одночасно (рис. 1).



*1 - струмопровідний датчик цілісності труби; 2 – ультразвукові давачі витрати; 3 – датчик тиску; 4 - волоконно-оптичні сенсори деформації; 5 – клемна коробка з мікроконтролером, датчиком температури, GPS-модулем, Wi-Fi-модулем; 6 – клемна коробка для під'єднання до наступного елемента*

**Рисунок 1 - Будова інтелектуальної труби магістрального нафтопроводу**

Інтелектуальні системи, що включають електронний вимірювальний канал, є послідовністю функціональних ланок (вимірювальних перетворювачів), які зв'язують чутливий елемент мікроелектронного давача з засобами інтелектуального оброблення отриманої інформації (мікроконтролером) [2]. Мікроелектронний давач може бути конструктивно відокремлений від інших вимірювальних перетворювачів, або може включати вторинний аналоговий та аналого-цифровий вимірювальні перетворювачі, а також мікроконтролер, що керує процесом вимірювань і виконує підготовку даних для інтелектуального оброблення. Таким чином, в сучасних інтелектуальних системах мікроелектронний давач як джерело первинної інформації, є невід'ємною і ключовою ланкою інтегрованого комплексу апаратних і програмних засобів.

На базі нових принципів побудови інтелектуальних труб з мікропроцесорним моніторингом технологічних параметрів створено методи та засоби вимірювань усіх можливих параметрів трубопроводу у широкому діапазоні їх значень та частоти тестових сигналів передачу та обробку їх у хмарному середовищі. Необхідно буде вирішити принципове питання стосовно побудови універсальних вимірювальних кіл, нейтралізації впливу нестабільних неінформативних параметрів їх елементів у вигляді опору, індуктивності і ємності, виконання цифрового оброблення результатів вимірювань, у тому числі коригування похибок. Створити уніфіковані апаратно-програмні засоби для реалізації серійно спроможних, надійних і конкурентоспроможних систем різних типів інтелектуального рівня, що побудовані на засадах хмарних технологій.

Хмарні технології (Cloud technologies - СТ) - сучасний підхід до розробки розподілених модульних додатків, заснований на виділенні в якості елементарних блоків додатки багаторазово-використовуваних автономних і відокремлених ІТ-сервісів з чітким інтерфейсом, взаємодіючих між собою за допомогою обміну стандартизованими повідомленнями через обчислювальну мережу.

Побудований на принципах СТ додаток є гетерогенним і розподіленим в тому сенсі, що принципи внутрішньої побудови та належної архітектури окремих сервісів є несуттєвими, як і їх фізичне перебування.

Відзначимо, що, незважаючи на те, що СТ часто реалізується саме в вигляді вебсервісів (і REST-сервісів), застосування одних лише вебсервісів не дозволяє побудувати сервіс-орієнтовані рішення, якщо не слідувати принципам СТ.

В першу чергу виділимо сервіси в додатку GPSS Cloud, відповідні окремих етапах імітаційного дослідження:

- сервіс моделювання процесу транспортування нафти;
- сервіс розподіленого моделювання / синхронізації з усіма елементами МНП;
- сервіс високопродуктивного моделювання режимів перекачування;
- сервіс оптимізації роботи насосного обладнання;
- сервіс математичних розрахунків;
- сервіс аналізу і статистичної обробки результатів моніторингу технічного стану магістральних нафтопроводів;
- сервіс графічних розрахунків (графіки і тренди);
- сервіс взаємодії з БД / СГД (сервіс зберігання даних).

Для інтеграції сервісів в єдиний хмарний додаток застосовується шаблон сервісної шини підприємства ESB (Enterprise Service Bus). ESB - особливий спосіб побудови СТ-рішень, при якому сервіси, що становлять додаток, розгортаються навколо сервісної шини, що утворює середовище для їх взаємодії.

#### Літературні джерела

- 1 Черняев К.В. Мониторинг технического состояния нефтепроводов // Трубопроводный транспорт нефти –2000, № 9. – С. 14-17.
- 2 Sementsov G. N., Chugur I. I. Fuzzy identification of rock layers with anomalous pressure.// Proceeding of Third Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT) – Zittay (Germany)/ - 2003. – P. 570-573.

УДК

## РОЗРОБКА ЗД МОДЕЛІ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОННОГО МІКРОСКОПА

*О. Пастернак*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Зд моделювання широко застосовується в багатьох сферах діяльності людини: від виробництва комп'ютерних ігор і дизайну інтер'єрів до хірургії та трансплантології.

Із застосуванням Зд моделювання можна в точності до міліметра відтворити вже існуючі об'єкти а також створювати нові. В майбутньому створені Зд моделі можна надрукувати на Зд принтері. При цьому друк може здійснюватися різними матеріалами: склом, металом, будь-яким видом пластика. Ці дві технології дуже допомагають прототипувати різні пристрої. Зд моделювання дає змогу виявити прорахунки в конструкції перед тим, як пристрій буде зібрано. Зд друк дозволяє створювати деталі складних форм набагато легше, ніж якби це робилося б вручну.

В даному дипломному проєкті Зд моделювання використано для розробки оптимальної конструкції електронного мікроскопа, візуалізації даної конструкції а також для створення деталей, які в подальшому будуть друкуватись на Зд принтері.

В системі автоматизованого проєктування Fusion 360 зроблено два варіанти конструкції електронного мікроскопа: з зубчатою передачею(рис 1) та з гвинтовою передачею(рис 2).



**Рисунок 1 – Електронний мікроскоп з зубчатою передачею**

Конструкція з зубчатою передачею відрізняється тим, що вона легша в виконанні, має високий ККД, високу надійність та довговічність роботи.

Мінусом в даної конструкції є те, що кроковий двигун розміщений зверху, а отже вона є менш стабільною. Також робота зубчастого передавача супроводжується шумом, особливо на високих швидкостях.



**Рисунок 2 – Електронний мікроскоп з гвинтовою передачею**

На відміну від зубчастої передачі, гвинтова передача безшумна та більш стабільна, оскільки кроковий двигун розміщений знизу. Вона також проста за конструкцією і у виготовленні. До недоліків слід віднести відносно низький ККД та схильність до заїдання.

УДК 004.457

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КОВЗНОЇ МЕДІАНИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МОДУЛЯ GPS NEO-6M**

*І. С. Яковин, С. І. Мельничук*

*ПВНЗ УКД, Івано-Франківськ, Україна, igor.com.2009@gmail.com;*

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, stemni@ukr.net*

Незалежно від сфери використання однією із основних вимог до модулів GPS навігації є точність визначення координат місцезнаходження, проте зважаючи на відстань між приймачем та супутниками точність обчислення положення залежить від багатьох факторів та визначається лише з деякою вірогідністю.

Радіосигнали супутників можуть екрануватись або відбиватись оточенням приймача, що збільшує похибки визначення часу надходження сигналу та спотворює результат вимірювання. Звичайна точність сучасних GPS-приймачів

в горизонтальній площині становить 5-10 метрів, та 10-20 метрів за висотою, але за збігом деяких умов, обчислене приймачем положення може короткочасно відрізнятись на значно більші величини [1]. Виробники GPS-приймачів визначають величину похибки положення так: не гірше 5 метрів в 50% часу спостереження, та не гірше 8 метрів в 90% часу, проте така точність часто буває недостатньою. Саме тому необхідно розробляти програмне забезпечення яке могло би зменшити цю похибку.

Для проведення дослідів, алгоритмом для зменшення похибки була обрана ковзна медіана, так як вона дає можливість відкидати одиничні значення (промахи) які вибиваються з вибірки.

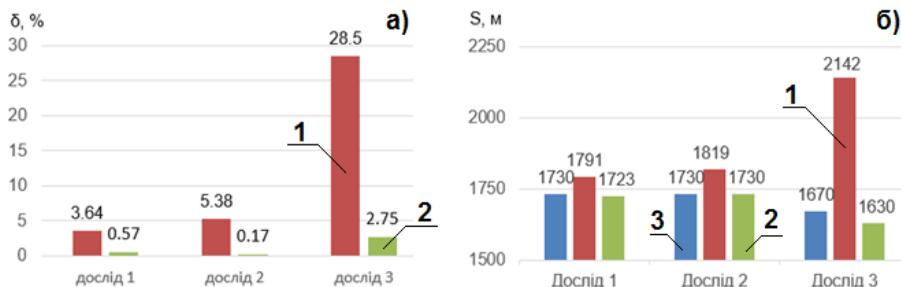
Ковзна медіана ( $SMM$ ) – функція, значення якої в кожній точці визначення чисельно дорівнює медіані значень вихідної функції за встановлений період

$$SMM_t = Median(p_t, p_{t-1}, \dots, p_{t-n+1})$$

- де  $SMM_t$  – значення простої ковзної медіани в точці  $t$ ;
- $n$  – кількість значень вихідної функції для розрахунку ковзної медіани (згладжуючий інтервал);
- $p_{t-1}$  – значення вихідної функції в точці  $t-1$ .

В ході експериментальних досліджень проведено заміри пройденої відстані, оскільки це одна із найпоширеніших задач яку повинен виконувати навігатор, а також при вирішенні таких задач похибка має властивість накопичуватись. За результатами експериментальних досліджень у трьох локаціях, проведено оцінювання ефективності застосування методу ковзної медіани порівняно, результати якого подано на рис.1.

За зрізці значення були взяті дані отримані шляхом заміру відстані маршруту на карті оскільки похибка такого методу є прийнятно низькою, а саме до 25м при використанні карт з масштабом 1:25000 [2].



а) відносна похибка даних GPS 1 - до опрацювання, 2 - після опрацювання методом ковзної медіани; б) абсолютні значення відстані з GPS 1 - до опрацювання, 2 - після опрацювання методом ковзної медіани, 3 - обчислена за допомогою карт

Рисунок 1 – Діаграми результатів дослідів

Дослід 1 – проведено при на локації віддаленій від забудови, ліній ЛЕП тощо, в умовах відкритого простору, що не перешкоджає поширенню сигналів GPS та без зупинок. Як видно з діаграми використання ковзної медіани наблизило результат до взятого за взірцеві значення у порівнянні із використанням GPS без опрацювання даних, проте різниця не є вкрай помітною.

Дослід 2 – проведено при тих же умовах що і перший проте було зроблено дві зупинки, що негативно вплинуло на результати отримані без використання методу ковзної медіани, при опрацюванні ж похибка не зросла.

Дослід 3 – проведено у локації зі щільною забудовою, що суттєво зменшує точність результатів які можна отримати від GPS модуля. Саме при таких умовах легко оцінити результати, адже якщо відхилення результатів отриманих з використанням ковзної медіани становить 2.75%, то похибка базової версії програми наближається до 28.5%.

Таким чином, отримані результати, дозволяють припустити доцільність застосування методу ковзної медіани при первинному опрацюванні даних GPS модуля. Запропонований підхід приводить до часткового зменшення інформаційної продуктивності GPS модуля, що потребує проведення подальших досліджень і розгляду інших методів попереднього опрацювання поточкових даних.

#### Літературні джерела

1 Анучин О.Н Интегрированные системы ориентации для морских подвижных объектов / О.Н. Анучин, Г.И.Емельянцеv. – Вид. 2-ге, стер. – Спб. : ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электрoприбор», 2003. – 390 с. – ISBN 5-900780-47-3.

2 Гакаев Рустам Точность и погрешность измерений на картах при выполнении практических работ по топографии / Рустам Гакаев. // Педагогика высшей школы. – 2016. – № 1 (4). – С. 48-53. – ISSN 2410-7352.

УДК 681.51

## **ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

*М. І. Горбійчук, О. Т. Лазорів, А. М. Лазорів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

У більшості випадків задачі оптимізації формуються з використанням детермінованих моделей, що лише розкриває потенціальні можливості об'єктів оптимізації. Для практичної реалізації таких можливостей необхідно враховувати поточний технічний стан агрегатів газотранспортної системи (ГТС), невизначеність умов, при яких протікає процес компримування природного газу. Крім того компресорні станції, на яких встановлені ГПА з

газотурбінним приводом, є забруднювачами навколишнього середовища, що потребує врахування при формуванні задачі оптимального керування.

Проведений аналіз показав, що, незважаючи на існування значної кількості публікацій з розглянутої тематики, актуальними і до кінця не вирішеними науковими задачами залишаються питання щодо врахування технічного стану ГПА, умов невизначеності, які притаманні процесу компримування природного газу, та не враховується фактор забруднення компресорною станцією зовнішнього середовища.

Сформована задача оптимального керування групою паралельно працюючих газоперекачувальних агрегатів, в структуру якої входить критерій оптимальності, який враховує вартість паливного газу та потужність викидів оксиду азоту в атмосферу і обмеження на технологічні параметри.

Сформована задача розпадається на дві окремі задачі. Перша з них – вибір оптимальної кількості паралельно працюючих агрегатів; друга – визначення оптимального числа оборотів ротора кожного нагнітача в групі.

При цьому допускаємо, що є  $L$  груп і у кожній групі є  $N_i$ ,  $i = \overline{1, L}$  однотипних ГПА, на роботу кожного із яких витрачається  $G_i$  одиниць паливного газу віднесеного до одиниці часу; відповідно кожний газоперекачувальний агрегат за одиницю часу викидає в навколишнє середовище  $E_{p,i}$  одиниць оксидів азоту.

Отже, критерій оптимальності визначний як загальна вартість паливного газу, який споживає компресорна станція з врахуванням величини штрафів за викиди оксиду азоту в навколишнє середовище

$$\min : R(\bar{N}) = c \sum_{i=1}^L N_i G_i + c_f \sum_{i=1}^L N_i E_{p,i}, \quad (1)$$

де  $c$  – вартість спожитого паливного газу за одиницю часу.

Мінімум критерію оптимальності (1) досягається за умови, що компресорна станція повинна забезпечити планове завдання на перекачку газу

$$\sum_{i=1}^L q_i k_T^{(i)} N_i = Q_0, \quad (2)$$

де  $q_i$  – продуктивність  $i$  – того нагнітача в групі;  $k_T^{(i)}$  – коефіцієнт завантаження  $i$  – того нагнітача в групі;  $Q_0$  – планове завдання компресорній станції на перекачку газу віднесене до одиниці часу.

Кількість агрегатів у групі не повинно перевищувати деяке задане число  $V_i$

$$N_i \leq V_i, \quad i = \overline{1, L}. \quad (3)$$

Крім умов (2) і (3) має місце очевидне обмеження

$$N_i \geq 0, \quad i = \overline{1, L}. \quad (4)$$

Другу задач сформовано так: визначити число оборотів  $n_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  ротора кожного відцентрового нагнітача природного газу такі, щоб сумарні затрати на їх експлуатацію з врахуванням екологічного податку були б мінімальними

$$R(\bar{n}) = \sum_{i=1}^m (cG_i(\bar{n}) + c_f E_{p,i}(\bar{n})), \quad (5)$$

де  $c_f$  – величина екологічного податку;  $E_{p,i}(n_i)$  – потужність викидів оксиду азоту.

У відповідності з технологічним регламентом на перекачку природного газу обмежується температура газу  $T_{out}^{(i)}$  на виході із  $i$ -го нагнітача та температура  $T_{tur}^{(i)}$  продуктів згоряння на виході  $i$ -тої турбіни низького тиску. Для запобігання явищ помпажу і перевантаження газотурбінного приводу обмежують нижню  $n_{i,min}$  і верхню  $n_{i,max}$  частоти обертання ротора відцентрового нагнітача природного газу

$$T_{out}^{(i)} \leq T_{out,max}^{(i)}, \quad (6)$$

$$T_{tur}^{(i)} \leq T_{tur,max}^{(i)}, \quad (7)$$

$$n_{i,min} \leq n_i \leq n_{i,max}, \quad (8)$$

де  $T_{out,max}^{(i)}$ ,  $T_{tur,max}^{(i)}$  – максимально допустимі значення температур  $T_{out}^{(i)}$  і  $T_{tur}^{(i)}$ .

Кожна група паралельно працюючих нагнітачів повинна забезпечувати перекачку газу в заданих обсягах  $Q_0$

$$\sum_{i=1}^m k_i q_i(n_i) = q_0, \quad (9)$$

де  $k_i$ ,  $q_i$  – коефіцієнт завантаженості та продуктивність  $i$ -го нагнітача природного газу;  $q_0 = Q_0/m$  середня продуктивність ВЦН.

Розроблений метод розбиття площини ознак окремих вузлів газоперекачувального агрегату на каси за допомогою штучної нейронної мережі та отриманий спосіб обчислення коефіцієнта завантаження кожного агрегату при їх паралельній роботі.

З використання теорії нечіткої алгебри створена емпірична модель у вигляді полінома заданої степені, яка враховує неточності вимірювання вхідних величин. Розроблений метод синтезу нечіткої емпіричної моделі з використанням теорії генетичних алгоритмів, що дозволяє отримати оптимальні за структурою емпіричні моделі газоперекачувальних агрегатів і на їх основі розробити метод розв'язання задачі оптимального керування групою паралельних агрегатів.

#### Літературні джерела

1 Gorbiychuk M. I., Bila O. T., Humeniuk T. V., Zaiachuk Y. I. Development of a method for optimizing operation of centrifugal gas superchargers under conditions of uncertainty. // Earsten-European Journal of Enterprise Technologies. 5/4(101). 2019. Pp. 6 – 17.

## АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ СИНТЕЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОГРІЙНИМ КОТЛОМ

Ю. М. Поташиник, Л. І. Фешанич

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 76019,  
м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15 e-mail: Iurii15@hotmail.com

Водогрійний котел призначений для нагріву води, яка використовується для гарячого водопостачання та опалення. Автоматизація котла як об'єкта автоматизації пов'язана з трьома основними задачами: автоматичне регулювання температури нагріву води, регулювання живлення котла, регулювання теплового навантаження і процесу горіння.

Для дослідження системи на стійкість вибрано два критерії: критерій Ляпунова і критерій Найквіста. Ці критерії дозволяють виявити запас стійкості системи та при необхідності прийняти рішення про корегування структури системи.

Аналіз стійкості за критерієм Ляпунова. Для стійкості лінійної автоматичної системи керування необхідно і достатньо, щоб дійсні частини всіх коренів характеристичного рівняння системи були від'ємними.

Передавальна функція замкнутої системи керування:

$$W_{зк}(p) = \frac{-5.3 \cdot 10^6 p^8 - 6.1 \cdot 10^5 p^7 + 3.2 \cdot 10^4 p^6 + 3458 p^5 + 98 p^4 + 0.9 p^3 + 0.001 p^2}{1.1 \cdot 10^8 p^8 - 1 \cdot 10^7 p^7 + 4.5 \cdot 10^5 p^6 + 1.1 \cdot 10^4 p^5 + 158 p^4 + 0.9 p^3 + 0.001 p^2}$$

Характеристичне рівняння, яке описує автоматичну систему у вигляді:

$$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

Тоді:

$$(p) = 1.1 \cdot 10^8 p^8 - 1 \cdot 10^7 p^7 + 4.5 \cdot 10^5 p^6 + 1.1 \cdot 10^4 p^5 + 158 p^4 + 0.9 p^3 + 0.001 p^2$$

Рівняння розв'язане за допомогою функції polyroots в програмі Mathcad:

$$\text{polyroots} \left( \begin{pmatrix} 1.1 \cdot 10^8 \\ 10^7 \\ 4.5 \cdot 10^5 \\ 1.1 \cdot 10^4 \\ 158 \\ 0.9 \\ 0.0001 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} -8.822 \times 10^3 \\ -87.572 \\ -23.089 + 18.865i \\ -23.089 - 18.865i \\ -21.967 + 33.452i \\ -21.967 - 33.452i \end{pmatrix}$$

Оскільки результатом дослідження рівняння за критерієм Ляпунова стали від'ємні результати, то система є стійкою.

Аналіз стійкості САК за критерієм Найквіста. Критерій Найквіста відноситься до групи частотних критеріїв стійкості. Критерій Найквіста так само як і критерій Михайлова заснований на аналізі характеристичного

рівняння системи, тому за його допомогою можна судити про стійкість замкнених і розімкнених систем.

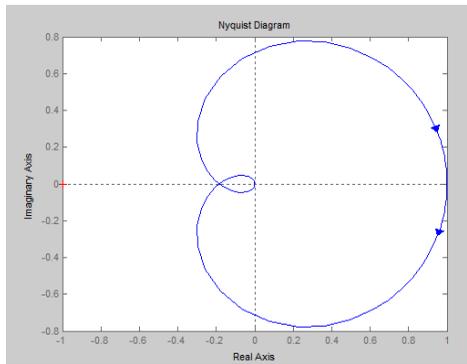
Основне формулювання критерію Найквіста: автоматична система стійка, якщо амплітудно-фазова характеристика  $W(j\omega)$  розімкнутого контуру не охоплює точку з координатою  $(-1; j0)$ .

АФХ знайдена за допомогою програмного продукту Matlab:

```
>> w=tf([-499.9 -33.64 4.9 0.119 0.000017],[1.07 500 7.75 0 0])

Transfer function:
-499.9 s^4 - 33.64 s^3 + 4.9 s^2 + 0.119 s + 1.7e-005
-----
1.07 s^4 + 500 s^3 + 7.75 s^2

>> nyquist(w)
```



**Рисунок 1 – Графік АФХ**

Результатом дослідження системи на стійкість за критерієм Найквіста став графік АФХ, по якому можна зробити висновок, що система є стійкою, тому що амплітудно-фазова характеристика  $W(j\omega)$  розімкнутого контуру не охоплює точку з координатами  $(-1; j0)$ .

Як висновок можна сказати, аналізуючи синтезовану систему автоматичного керування водогрійним котлом за допомогою критеріїв Ляпунова та Найквіста, що дана система є стійкою.

#### Літературні джерела

- 1 Семенцов Г. Н. Теорія автоматичного керування. / Г. Н. Семенцов. – Івано-Франківськ, 1999. – 611 с.
- 2 Естерник Р. И. Промышленные котельные установки. / Р. И. Естерник. – Ленинград: «Энергоиздат», 1985. – 400 с.
- 3 Файерштейн А. М. Справочник по автоматизации котельных. / А. М. Файерштейн. – Москва: «Энергия», 1972. – 344 с.

## СИНТЕЗ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ

*М. І. Горбійчук, Н. Т. Лазорів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Одним із найпоширеніших методів апроксимації експериментальних даних емпіричною моделлю є метод найменших квадратів (МНК), який мінімізує суму квадратів відхилення експериментальних даних від розрахункових [1].

У більшості випадків вибирають емпіричну модель, яка є лінійною відносно своїх параметрів

$$y = \sum_{i=0}^M a_i f_i(\bar{x}), \quad (1)$$

де  $a_i$  – параметри моделі;  $f_i(\bar{x})$  – функції, які вибирає дослідник.

Емпіричну модель (1) вибирають у вигляді полінома певної степені

$$y = \sum_{i=0}^{M-1} a_i \prod_{j=1}^n x_j^{s_{ji}}, \quad (2)$$

де  $n$  - кількість незалежних змінних  $x_j$  (вхідні величини), від яких залежить значення виходу об'єкта дослідження;  $a_i, i = \overline{0, M-1}$  - коефіцієнти моделі (1);  $s_{ji}$  - степені аргументів на які накладається обмеження:

$$\sum_{j=1}^n s_{ji} \leq m, \quad \forall i. \quad (3)$$

У загальному випадку побудова емпіричних моделей здійснюється вибором функції із заданого класу (2), яка певним чином найкраще описує експериментальні дані. Для вирішення поставленої задачі акад. О. Г. Івахненком та його школою розроблено ряд методів, які об'єднані загальною назвою – індуктивний метод самоорганізації моделей.

Індуктивний метод самоорганізації моделей породжує три структури алгоритмів [9]: багаторядний метод селекції групового урахування аргументів, комбінаторний алгоритм МГУА із повним перебором всіх можливих моделей із заданого полінома і багаторядний алгоритм, де прирівнюється до нуля певний коефіцієнт повного полінома на кожному ряді селекції.

Для зниження розмірності задачі авторами роботи [2] запропонований метод синтезу емпіричних моделей на засадах генетичних алгоритмів. Це дало змогу реалізувати відповідний алгоритм у якому число вхідних змінних не перевищує семи, а степінь полінома не більше п'яти. При цьому затрати машинного часу вдалось радикально зменшити, але вони залишаються ще досить помітними. Одним із ефективних шляхів зменшення таких затрат є застосування паралельних обчислень, до яких на сьогоднішній день привернута значна увага як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників.

Як і методи групового врахування аргументів (МГУА), метод побудови емпіричних моделей на засадах генетичних алгоритмів має в своїй основі зовнішні критерії – регулярності і зміщення [2].

На відміну від алгоритмів МГУА, де базові функції у вигляді регресів включаються в емпіричну модель за переборними процедурами, у методи синтезу оптимальних за складністю емпіричних моделей на засадах генетичних алгоритмів (ГА-метод) відбір регресів до моделі здійснюється з використанням механізмів природного відбору на основі критеріїв селекції [3].

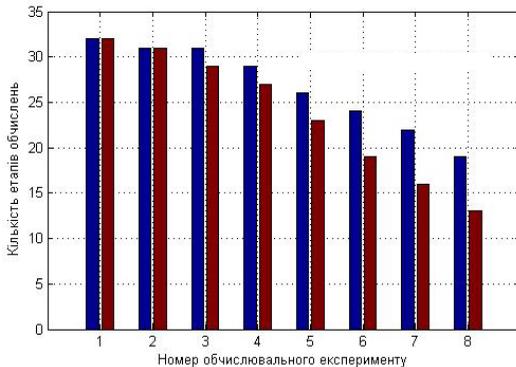
Аналіз алгоритму ГА-методу показав, що значенню критерію пристосування, який обчислюється для кожної хромосоми, відповідає паралельна форма, яка поряд з іншими операціями включає в себе операцію розв'язування нормального рівняння Гауса, розмірність якого визначається степенем полінома (2) кількістю вхідних змінних  $x_j$ .

Зменшити затрати часу на реалізацію алгоритму ГА-методу можна, якщо у кожній паралельній формі додатково розпаралелювати алгоритм Гауса розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$A\bar{a} = \bar{b},$$

де  $\bar{a}$  – вектор параметрів моделі (2);  $\bar{b}$  – вектор, значення якого визначається експериментальними даними.

На рис. 1 показаний результат визначення кількості етапів обчислень, необхідних для приведення матриці  $A$  до верхнього діагонального вигляду.



**Рисунок 1 – Результат обчислювального експерименту**

Аналіз отриманих результатів показує, що застосування паралельного алгоритму дає змогу більше ніж у дев'ять раз скоротити кількість арифметичних операцій необхідних для приведення початкової матриці  $A$  до верхнього діагонального вигляду.

#### Літературні джерела

- 1 Ермаков С. М. Жиглявский А. А. Математическая теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1987. 320 с.
- 2 Ивахненко А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наукова думка, 1981. 286 с.
- 3 Метод синтезу емпіричних моделей на засадах генетичних алгоритмів / М. І. Горбійчук, М. І. Когутяк, О. Б. Василенко, І. В. Щупак // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2009. № 4(33). С. 72-79.

## КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА ДЛЯ ІМІТАЦІЇ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО РАСТРУ

*О.Н. Романюк, О.В. Мельник, А.В. Маруцак, В.А. Шмалюк*

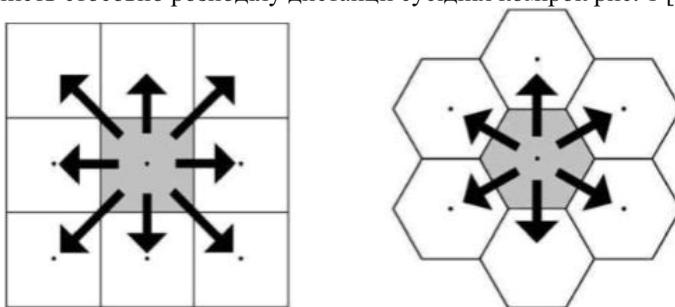
*Вінницький технічний національний університет*

*21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95*

*vntu@vntu.edu.ua*

Цифрове зображення – набір точок (пікселів) зображення. Кожна точка зображення характеризується координатами  $X$  та  $Y$  і трьома значеннями яскравості  $V(r)$ ,  $V(g)$ ,  $V(b)$ . При комбінації цих трьох величин можна отримати велику кількість різних відтінків кольору [1].

Кожна комірка звичної (квадратної) сітки має 4 сусідніх комірки, з якими межує сторонами і ще чотири, з якими має спільні вершини. Така ситуація побудови зумовлює певну просторову невідповідність - комірки зверху, знизу та з боків знаходяться на ближчій відстані, ніж центри комірок по діагоналях. На противагу цьому, у гексагональному поданні растрової моделі, відсутня невизначеність стосовно розподілу дистанції сусідніх комірок рис. 1 [3].

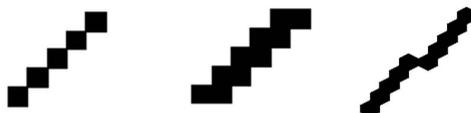


**Рисунок 1 – Відмінності між типами растрових моделей**

Порівняємо способи побудови ліній у звичайному і гексагональному растрі.

У квадратному растрі побудова лінії здійснюється двома способами:

1) Сусідні пікселі лінії можуть знаходитися в одному з восьми можливих положеннях. Недолік – дуже тонка лінія при куті  $45^\circ$ . 2) Сусідні пікселі лінії можуть знаходитися в одному з чотирьох можливих положеннях. Недолік - надлишково товста лінія при куті  $45^\circ$ . У гексагональному растрі лінії більш стабільні по ширині, тобто, дисперсія ширини лінії менша, порівнянно з квадратним растром рис. 2 [3].



**Рисунок 2 – Порівняння звичайної та растрової моделі формування лінії**

У програмі було змодельовано гексагональний растр – не використовуючи частину пікселів. Наприклад, використовувати всі непарні пікселі рис. 3 [4].

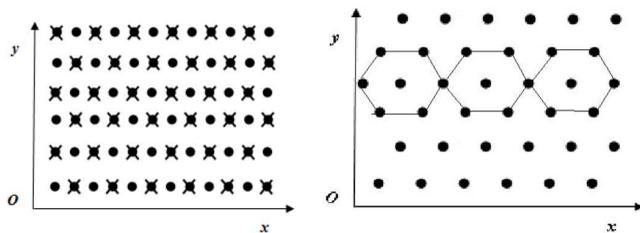


Рисунок 3 – Розміщення точок

Користуючись формулами та властивостями правильного шестикутника (гексагона), було розроблено алгоритм та створено комп'ютерну програму для імітування гексагонального растру, що дало можливість наглядно оцінити переваги та недоліки гексагонального подання растру рис. 4.

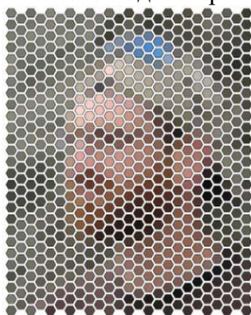


Рисунок 4 – Зображення сформоване на гексагональному растрі

Підвищення якості відтворення растрових зображень можливе при використанні гексагонального растру

Гексагональний растр має можливість імітувати більш згладжені контури, що в багатьох випадках дозволяє вилучити трудомістку процедуру антиаліазингу.

#### Список літератури

1 Види комп'ютерної графіки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mix.sumdu.edu.ua/textbooks/4425/373157/index.html>.

2 СОУ 742-33739540 0013:2010 – Правила цифрового опису рельєфу. Комплекс стандартів. База топографічних даних. — К. : Мінприроди України, 2010. — 34 с.

3 Растровые представления изображений [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://yurii.ru/ref11/rl-1999893.php>.

4 Романюк О. Н. Особливості гексагональної моделі пікселя / О. Н. Романюк, О. В. Мельник, // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», Хмельницький, ХНУ, 2014р. №1 (46) – 214 с. С. 91-95.

УДК 681.5

## ЗГЛАДЖУВАННЯ ДАНИХ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІКИ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

М. І. Козуляк

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел. (0342)72-71-67, e-mail: [kafatp@ukr.net](mailto:kafatp@ukr.net)

Часто при дослідженні динамічних характеристик промислових об'єктів вимірюється власне не вихідний параметр, а деяка сумарна величина корисного сигналу з випадковою перешкодою. Визначити за такою перехідною характеристикою передавальну функцію можливо лише після відповідного оброблення сигналу, що полягає у виділенні істинного значення параметра.

Така задача виникає при створенні систем автоматичного керування з автоматичним налаштуванням параметрів, у загальному випадку, ПД-регуляторів, які реалізовані на сучасних мікроконтролерах. Зважаючи на обмежений об'єм пам'яті таких мікроконтролерів, актуальною науковою задачею є вибір оптимального для конкретного мікроконтролера фільтра для ефективного подавлення шумів, які присутні у вихідних даних, що підлягають подальшому обробленню. На теперішній час в інженерній практиці застосовуються цілий ряд алгоритмів фільтрації експериментальних даних. Найбільш поширеним методом згладжування, є метод простого ковзного середнього (SMA), зваженої ковзної середньої (типова назва алгоритмів WMA). В залежності від способу зважування розрізняють методи: лінійного зваженого ковзного середнього (LWMA), експоненціального згладжування (EMA) та Савицького і Голя (RWMA), заснований на методі найменших квадратів [1,2].

Часто для фільтрації гаусових адитивних та імпульсних завад застосовують медіанний фільтр (MMA). Він є альтернативою лінійним фільтрам.

Для тестування ефективності роботи алгоритмів згладжування в середовищі MatLab розроблено імітаційну модель об'єкта першого порядку з генеруванням шумів на вході та виході. Для зашумлення перехідної характеристики  $h(i)$  застосовані два види сигналів: 'rbs'- випадковий бінарний сигнал; 'rgs' - випадковий гаусовий сигнал. Дисперсія випадкового сигналу задавалась параметром  $dz = [0,333; 0,667; 1]$ .

Ефективність фільтрування оцінювалась інтегральними показниками:

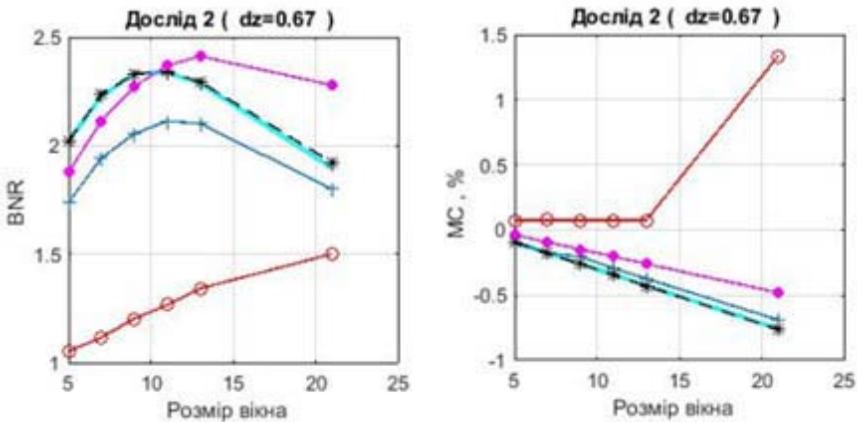
1. *BNR (baseline noise reduction)* - величина, що дорівнює відношенню стандартного середньоквадратичного відхилення шуму на вході  $S_n$  до шуму

згладжених даних  $S_i$ :  $BNR = \frac{S_n}{S_i}$ .

2. *MC* - інтегральна середня оцінка зміщення при фільтрації

$MC = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{h}(i) - h(i))}{Nh_x(t)} \cdot 100\%$ , де  $N$  - число експериментальних точок;  $\hat{h}(i), h(i)$ ,

$h_{\infty}(t)$  - відповідно згладжене, поточне вимірне і усталене значення перехідної характеристики.



**Рисунок 1 – Інтегральні оцінки  $BNR$  і  $MC$  для фільтрації в on-line режимі ( $N=1200$ )**

Проведені чисельні експерименти з різними рівнями випадкової складової перешкод та застосуванням розглянутих алгоритмів фільтрації [3]. Результати досліджень для рівня дисперсії випадкового сигналу  $dz = 0.67$  представлені на рис.1.

В результаті аналізу ефективності алгоритмів згладжування в режимі реального часу можна зробити наступні висновки. Фільтри SMA, LWMA та ЕМА забезпечують найкращі показники зниження рівня шумів близько в 2,3-2,4 рази при низькому та середньому рівні перешкод та 2,8-3,2 рази при значному рівні зашумлення, при цьому відносна абсолютна похибка не перевищує 0,35% при розмірах вікна (9-13) та 0,5 % при значному рівні шумів, а обчислювальна складність алгоритмів є одного порядку. Алгоритм ММА має показник  $BNR$  близько 2. Алгоритм фільтрації RWMA недоцільно застосовувати в режимі реального часу.

#### Літературні джерела

1 Steven W. Smith. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. Second Edition. San Diego, California: California Technical Publishing. 1999. P. 297.

2 Digital signal processing : a practical approach / Emmanuel C. Ifeakor, Barrie W. Jervis. Wokingham, England ; Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1993. 760 p.

3 Когутяк М.І. Аналіз алгоритмів фільтрації при дослідженні динамічних властивостей об'єктів // Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Рівне, 21-22 травня 2020 року: у 2 ч. Ч. 1. Рівне : НУВГП, 2020.с.75-77.

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПІДСИСТЕМ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

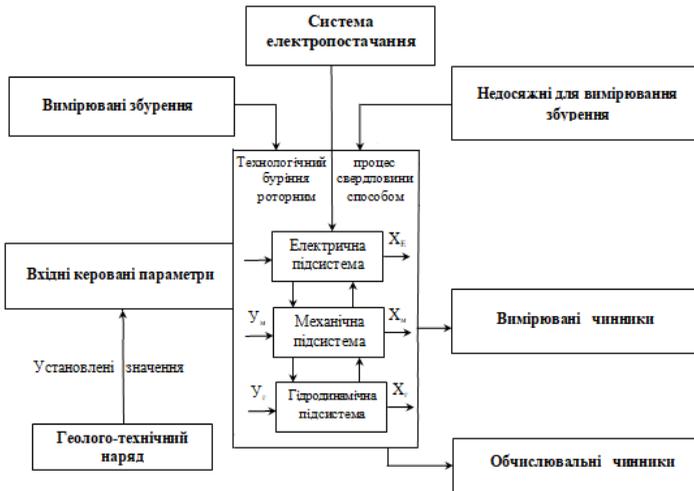
*В. Б. Кропивницька, Д. Р. Кропивницький*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел.(03422)50-45-21; e-mail: vitalia.krop@gmail.com*

Як відомо, процес буріння є складним технологічним процесом, і для дослідження його як об'єкта автоматизації, його доцільно розділити на декілька підсистем, які є взаємопов'язані між собою. Розглянемо більш детально такий взаємозв'язок для роторного буріння [1].

На рис. 1 показано, що безпосередньо процес буріння можна зобразити, як сукупність трьох взаємодіючих підсистем:

- електричної підсистеми;
- механічної підсистеми;
- гідравлічної підсистеми.



**Рисунок 1 - Взаємозв'язок підсистем технологічного процесу буріння роторним способом**

Всі елементи електрообладнання та електропостачання такі, наприклад, як силові трансформатори і розподільчі пристрої, електроприводи насосних установок, лебідки, роторного механізму, електробура, допоміжні механізми, що встановлені на буровій установці, відносяться до електричної підсистеми.

З електричною підсистемою тісно пов'язана механічна підсистема, адже всі сучасні двигуни приводяться в рух на основі електропостачання. Ефективність механічної підсистеми оцінюється надійністю роботи, коефіцієнтом корисної дії обладнання, діючими навантаженнями та іншими показниками.

Однією з основних операцій процесу буріння є очистка вибою свердловини від шламу, за що безпосередньо відповідає гідравлічна підсистема, яка теж тісно пов'язана з механічною.

Для кожної системи характерним є велика кількість показників, що забезпечують ефективне функціонування комплексу в цілому. Проте це, в деяких випадках, призводить до можливих протиріч. Наприклад, надмірне збільшення осьового навантаження на долото веде до збільшення механічної швидкості але одночасно збільшується ймовірність аварії. Якщо зменшується тиск бурового розчину до стану рівноваги в системі «свердловина – пласт», покращуються показники буріння, але одночасно виникає небезпека викидів флюїдів в атмосферу.

Саме тому, вирішення задачі оптимального керування таким складним процесом як буріння, носить багатокритеріальний характер. Отже, для опису загального опису процесу буріння як об'єкта автоматизації необхідно додати опис розглянутих підсистем, кожна з яких має свою локальну функцію мети [2].

#### Література

1 S.H. Hoseinie, M. Atael, M. Osanloo, F new classification system for evaluting rock penetrability. In. J. Rock Mech Min Sci. 46(8), 1329-1340 (2009).

2 Кропивницька, В. Б. Процес буріння свердловини як складна система з багатокритеріальними оцінками процесів

УДК 681.5.042

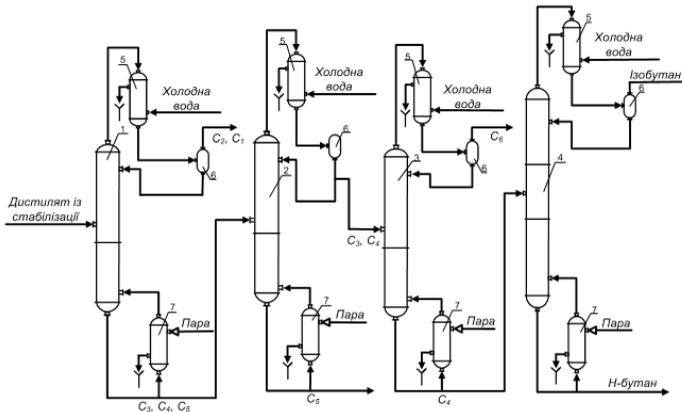
## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВТОРИННОГО ДИСТИЛЯТУ**

***Н. З. Петрів, Л. І. Фешанич***

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
вул. Карпатська, 15 м. Івано-Франківськ, Україна, 76019*

На нафтопереробних підприємствах в результаті первинної перегонки сирої нафти отримують фракції у вигляді дистилатів і залишків. Дистилати з низькими парафіновими вуглеводнями поділяються методом ректифікації на компоненти в декількох однакових дистилляційних установках, які з'єднані послідовно. Схема процесу однієї дистилляційної установки складається з таких частин: ректифікаційної колони, кип'ятильника кубового залишку, дефлегматора та сепаратора [1].

Технологічна схема установки процесу переробки вторинного дистилляту наведена на рисунку 1.



1, 2, 3, 4 – ректифікаційна колона; 5 – дефлегматор; 6 – сепаратор; 7 – кип'ятильник  
**Рисунок 1 – Технологічна схема процесу переробки вторинного дистилату**

Дистилат з секції підготовки подається в ректифікаційну колону 1, також знизу в колону одночасно подається гарячий пар, який насичений високо киплячими компонентами. Досягнувши низу колони, рідинний потік  $C_3C_4C_5$ , збагачений високо киплячими компонентами, подається далі в другу ректифікаційну колону. Пар з ректифікаційної колони поступає в дефлегматор (5), де, зазвичай, повністю конденсується холодною водою. Отримана рідина ділиться на 2 потоки: дистилат і флегму. Дистилат є продуктивним потоком, що потім виходить з дефлегматора, а флегма поступає в сепаратор (6). Далі процес повторюється аналогічно, тільки вже з другої ректифікаційної колони виходить високо кипляча речовина  $C_5$ , що не подається в третю ректифікаційну колону. Замість цього в ректифікаційну колону подається з сепаратора дистилат  $C_3C_4$ . Знову процес повторюється аналогічно, але з ректифікаційної колони, виходить високо киплячий потік  $C_4$ , що подається в останню ректифікаційну колону, а з сепаратора, після фільтрації, утворюється  $C_3$ , який потім збирається в спеціальні цистерни. В кінці одержуємо такі продукти: н-бутан та ізобутан.

Перегонкою (дистиляцією) називають розділення киплячих рідких сумішей різних за легкістю компонентів внаслідок їх часткового випаровування з подальшою конденсацією утвореної пари.

Щоб здійснити процес ректифікації, між дистиляційним кубом і дефлегматором установлюють ректифікаційну колону, в якій відбувається контакт потоку пари, що рухається вгору, і флегми, що стікає вниз. Зустрічні потоки пари і рідини у будь-якому перерізі колони нерівноважні, тому між ними існує перерозподіл компонентів у напрямку встановлення фазової рівноваги.

Розглянемо спрощену схему ректифікаційної колони у процесі перероблення вторинного нафтового дистилату, а також вхідні і вихідні потоки для колони [2].

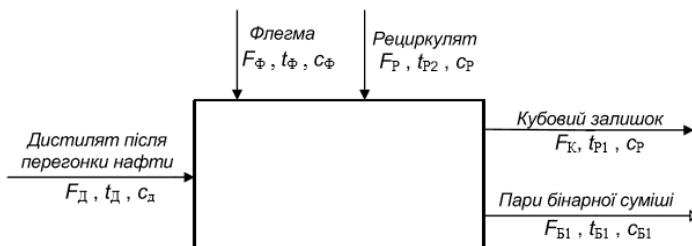


Рисунок 2 – Спрощена схема ректифікаційної колони

Складемо матеріальний баланс даної колони:

$$F_d + F_f + F_{p2} - F_{p1} - F_{b1} = 0$$

де  $F_d$  – витрата дистилату після стабілізації;  $F_f$  – витрата флегми, що подається в колону ректифікації;

$F_{p2}$  – витрата рециркуляту, що поступає в апарат;

$F_{p1}$  – витрата кубового залишку, що виходить з апарату;

$F_{b1}$  – витрата парів бінарної суміші, що виходять з колони.

Так як основним параметром для якісного проведення процесу є температура, то у наступних дослідженнях будемо розглядати тепловий баланс як основу опису процесу.

#### Літературні джерела

1 Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза. – М.: Химия, 1989. – 368 с. : ил. – Библиогр.: с. 60–65.

2 Ковалевський В. М. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи курсу «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами» до напрямку підготовки «Хімічна технологія» [Текст] / Уклад. В. М. Ковалевський // - К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 114 с.

УДК 681.51

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ НАФТОВОЇ СУМІШІ

*А. В. Мельник*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 76019,  
м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: andriimelnyq@gmail.com*

Сепарація нафтової суміші є найважливішим технологічним процесом в системі підготовки нафти, адже являється першим етапом переробки нафти після її видобутку зі свердловини. Перед тим, як підготувати видобуту сировину до перегонки, її необхідно очистити від "зайвих" часток газу і води та

механічних домішок. Тільки потім можна запустити процес підготовки до первинної переробки нафтопродуктів.

Для моделювання кожного з процесів і апаратів використовують математичні моделі, об'єднані в єдину розрахункову модель. Математична модель нафтогазосепаратора включає в себе відповідно модель процесу сепарації і моделі процесів утворення глобул і відстоювання. При моделюванні процесу сепарації рівняння для розрахунку складу газової та рідкої фази отримують спільним рішенням рівняння матеріального балансу:

$$\sum_{i=1}^m x_i = \sum_{i=1}^m \frac{u_i}{1 + e(k_i - 1)} = 1, \quad (1)$$

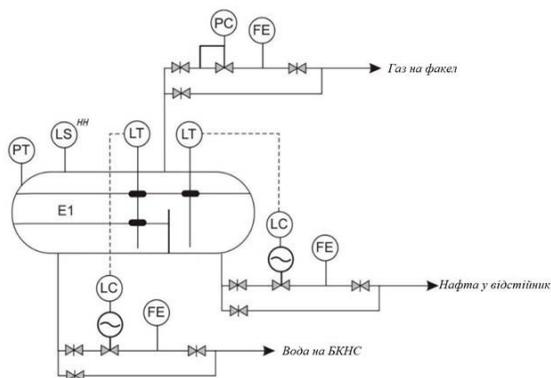
де  $u_i$ ,  $x_i$  - молярні частки  $i$ -го компоненту в рідкій сировині, в отриманих рідкій та паровій фазах відповідно;  $e$  - молярна частка пари;  $m$  - число компонентів рідкої суміші;  $k_i$  - константа фазової рівноваги. Після розрахунку частки відгону визначають склади рівноважних фаз. Розрахунок констант фазової рівноваги проводиться за методикою Гофмана-Крампа-Хеккота [1]. Математичний опис процесу відстоювання ґрунтується на відомих законах осадження глобул води під дією гравітаційних сил, а також на диференціальних рівняннях, що описують фізико-хімічні властивості матеріальних потоків як функції технологічних параметрів процесу зневоднення нафти.

У той же час, дані моделі і розрахунки на їх основі у відомих джерелах не наводяться, представлені тільки кінцеві результати, які в основному стосуються викидів граничних вуглеводнів. Відсутність моделей гравітаційної сепарації містить нафтової суміші в горизонтальному сепараторі ускладнює визначення часу сепарації.

На рисунку 1 зображена спрощена технологічна схема процесу сепарування. Вона включає в себе: E1 - нафтогазовий сепаратор зі скиданням води, FE - датчик витрати по газу, LC - виконавчий механізм типу МЕРК регулюючого клапана КМР, LS - сигналізатор верхнього аварійного рівня, LT - рівнемір (рівень нафти і рівень розділу фаз в 1 відсіку та рівень у 2 відсіку), PC - регулятор тиску прямої дії, PT - датчик тиску. Нафтогазова суміш зі збірного колектора через патрубок надходить в НГС.

Розділююча перегородка поділяє робочий об'єм сепаратора на основну камеру і камеру збору нафти. В основній камері здійснюється поділ емульсії. У камері збору нафти накопичується відокремлена нафта.

Відокремлена в першому відсіку нафта перетікає в другий відсік, а вода з першого відсіку відправляється на блочну кушову насосну станцію (БКНС). Відкачування води регулюється положенням рівня розділу фаз. Відкачування нафти з другого відсіку регулюється рівнем цього відсіку.



**Рисунок 1 - Спрощена технологічна схема процесу сепарації**

Традиційним рішенням завдання управління процесом сепарації є оснащення НГС набором датчиків, які по кількості рівні контрольованим параметрам. Для установки таких датчиків потрібно не менше чотирьох люків для рівнемірів і сигналізатора граничного рівня та фланцеве з'єднання для датчика тиску.

#### Літературні джерела

1 Бешагіна, Е.В. Повышение эффективности промышленной подготовки нефти с целью сокращения потерь лёгких углеводородов на месторождении Западной Сибири [Текст] / Е.В. Бешагіна, Е.А. Будова, А.А. Гавриков // Фундаментальные исследования, №8, 2013. С. 545 – 550.

УДК 004.624

## АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ МУЗИЧНИХ ЗВУКІВ

*Войтко В.В., Ставицький П.В.*

*Вінницький Національний Технічний Університет,  
21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, vntu@vntu.edu.ua*

Сучасні музичні системи потребують функціоналу розпізнавання музичних композицій. Особливістю такого функціоналу є те, що користувач має змогу надати уривок музичної композиції, а система знайде співпадіння серед значень у власній базі даних. Для реалізації системи важливою є правильна обробка вхідних аудіоданих. Система створює відбитки аудіокомпозицій, таким чином фільтруючи значну кількість шумів та надлишкової інформації. В результаті кожна композиція подається у вигляді наборів хеш-значень, які в подальшому використовуються для пошуку співпадінь [1]. Отримавши відбиток вхідної

композиції, клієнтська складова системи надає його серверній частині для обробки відбитків та знаходження співпадінь. Важливою є оптимізація процесу пошуку співпадінь для забезпечення високої швидкодії системи в цілому. Одним з таких підходів є “шардинг” бази даних, тобто горизонтальне розбиття інформації на окремі незалежні секції. Такий підхід дозволяє ефективно працювати з великою кількістю запитів, а також є ефективним у рамках одного запиту. Аналіз відбитків можна значно пришвидшити за допомогою паралельного виконання процесів центрального процесора. Графічний процесор дозволяє виконувати сотні або навіть тисячі паралельних потоків задач, кожен з яких зайнятий незначною кількістю обчислень. Це дозволяє в рази підвищити швидкість паралельного виконання.

Для реалізації такого підходу існує низка відповідних технологій, серед них NVIDIA CUDA, що дозволяє виконувати паралельну роботу на базі графічних процесорів NVIDIA. Іншою опцією є використання OpenCL або Vulkan, що розроблені Khronos Group. Крім того, існує рішення на базі інфраструктури Apple Metal, що задовольняє схожим вимогам, проте, в свою чергу, орієнтоване на виконання з боку клієнта. Таким чином, для ефективної роботи розроблюваної системи, окрім продуктивного алгоритму, важливою є програмна реалізація та застосування ефективних принципів проектування систем на базі сучасних технологій.

#### Літературні джерела

1. Viktoriia V. Voitko, Svitlana V. Bevz, Sergii M. Burbelo, Pavlo V. Stavvtskyi, Bogdan Pinaiev, Zbigniew Omiotek, Doszhon Baitussupov, and Aigul Bazarbayeva "Automated system of audio components analysis and synthesis", Proc. SPIE 11045, Optical Fibers and Their Applications 2018, 110450V (15 March 2019); <https://doi.org/10.1117/12.2522313>.

УДК 681.5.015.42:622.24

## МЕТОД ТРАНСФОРМАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

*М. Ю. Вознюк, О. В. Кучмистенко*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
м. Івано-Франківськ, 76019, Україна, e-mail: av.kuchmistenko@gmail.com*

Запропоновано механізм трансформації системи управлінням, згідно з яким бурильник ставить за мету частину параметрів (осьове навантаження  $F$  на долото, або струм навантаження  $I$  двигуна електробура, або потужність  $P$ , що споживає електробур) цього процесу втримати в потрібній йому визначеній геолого-технологічним нарядом області допустимих значень. Відповідно до цього він відокремлює з системи буріння свердловини конкретну систему, яка реалізує потрібний йому процес і може реалізувати сукупність доцільних

впливів на процес буріння. Отже, бурильник реалізує управління процесом буріння як сукупність впливів і алгоритмів та їх застосування в функції глибини свердловини.

Така технологія управління в поточних умовах дозволяє досягти поставленої мети: .

Під час буріння свердловин електробурами розв'язують задачі стабілізації, формування мети яких містить обмеження на допустимі відхилення  $F, I, P$ . Оскільки мету слід визначити до початку розв'язування задачі в процесі поглиблення свердловин, то необхідно знати функціональні залежності вихідних параметрів хоча б від частини вхідних параметрів і збурень.

Враховуючи те, що при бурінні похило-скерованих свердловин глибиною 4500 м і більше можливостей керувальних впливів на існуючий процес у даних і прогнозованих умовах недостатньо [1] для досягнення мети управління, яка формується не як функція фазних координат, а як функція глибини, тоді виникає необхідність зміни керованої величини. Це можливо лише за умов трансформації системи управління і переходу на реалізацію мети управління (рис. 1).

Але така ситуація є невизначеною, тому що перш ніж планувати і управляти переходом до нової структури системи, потрібно сформулювати мету, наприклад, у вигляді обмежень, які задають область допустимих розв'язків у просторі суттєвих параметрів. У такому випадку для управління необхідно самонавчання з прогнозом-екстраполяцією і повний цикл прийняття рішень [2], який реалізує редукцію різноманітності можливих змін. Розв'язок задачі адаптації системи автоматизованого управління процесом буріння свердловин електробурами до непрогнозовано виникаючих змін середовища можливий, якщо представити її як елементарний крок у процесі її розвитку. Проте такі зміни загалом є випадковою послідовністю пристосувань до спонтанних змін умов буріння.

Механізм трансформації системи можна представити у вигляді такої логічної структурної моделі  $M_{mp} = \{F = const \cup I = const \cup P = const\}$  [3].

Алгоритм застосування цього механізму ґрунтується на базі правил Мамдані-типу.

Для визначення оптимального режиму буріння запропоновано використати питомі витрати енергії  $w$  як критерій оптимізації

$$\text{де } S = \{(F_i, \omega_i, Q_i)_{i=1,2,\dots,M}; F = \{F_{\min}, F_{\max}\}; \omega = \{\omega_{\min}, \omega_{\max}\}; Q = \{Q_{\min}, Q_{\max}\}\};$$

$M$  – кількість рівнів глибини свердловини,  $N$ ;

$H = const$  – проектна глибина свердловини;

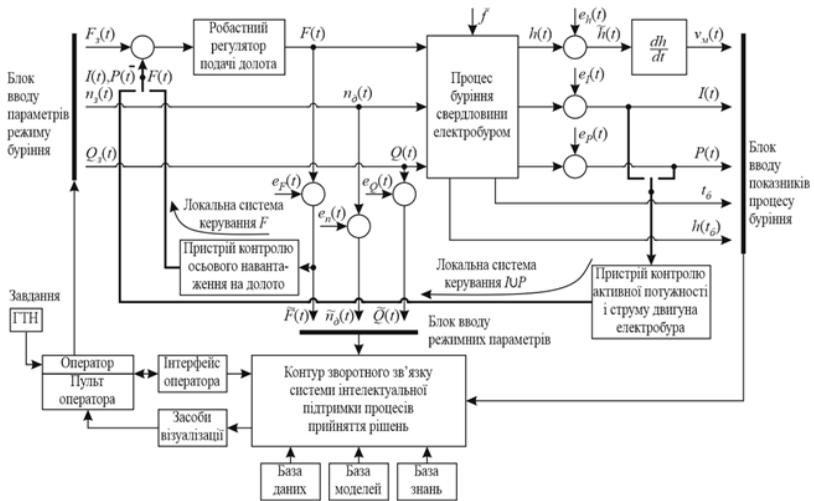
$h_j$  – проходка на долото в  $i$ -рейсі;

$P$  – потужність, що витрачається на руйнування породи;

$F$  – осьове зусилля на долото;

$\omega$  – частота обертання долота;

$Q$  – витрата промивальної рідини.



$P$  – активна потужність електробура;  $n$  – швидкість обертання долота;  $F$  – осове навантаження на долото;  $Q$  – витрата бурового розчину;  $h$  – проходка долота;  $f$  – збурення;  $e_F, e_n, e_Q, e_h, e_I, e_P$  – адитивні шуми у відповідних вимірювальних каналах

**Рисунок 1 – Функціональна схема адаптивної системи управління процесом буріння свердловин електробурами з трансформацією структури та з інтелектуальною підтримкою процесів прийняття рішень**

Структуру існуючої системи підтримки процесів прийняття рішень запропоновано доповнити адаптувальною фазі-моделлю, що дає змогу компенсувати нелінійність та вдосконалити оцінювання системи витрат енергії у режимі on-line. Нечітка ситуація в процесі буріння свердловин ідентифікована і використана для прогнозування характеру зміни питомих витрат енергії за допомогою бази правил Мамдані-типу (табл. 1). База правил ґрунтується на знаннях і досвіді експертів.

**Таблиця 1 - Повна база правил Мамдані-типу**

$w$		$F$				
		VS	S	M	B	VB
$\omega$	VS	VB	B	M	B	VB
	S	B	M	S	M	B
	M	VB	S	VS	S	B
	B	B	M	S	M	B
	VB	B	B	M	B	VB

Кількість термів, за допомогою яких експерти оцінювали питомі витрати енергії, прийнято рівною п'яти: дуже мала VS, менше норми S, норма M, більше норми B, дуже велика VB. Форма функцій належності – трикутна. Осьове навантаження на долото обмежене певними значеннями  $50 \leq F \leq 400$  кН; частота обертання долота змінюється в межах  $0.25 \leq \omega \leq 5$  об/с; питомі витрати енергії –  $400 \leq w \leq 1200$  (кВт·год)/м.

Використання запропонованої фази-моделі питомих витрат енергії на буріння свердловин дозволить значно покращити ефективність функціонування системи підтримки процесів прийняття рішень щодо оптимізації управління даним технологічним процесом.

#### Літературні джерела

1 Семенцов Г. Н., Копистинський Л. О. Система автоматизованого керування процесом буріння свердловин електробурами. Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології : Збірка доповідей Міжрегіональної наук.-практ. конф. молодих учених, 16-17 листопада 2015. Красноармійськ, 2015. С. 197-199.

2 Копистинський Л. О., Семенцов Г. Н. Робастне і адаптивне керування технологічним процесом поглиблення свердловин електробурами. Автоматизація, контроль та управління : пошук ідей та рішень АКУ-2016, 23-27 травня 2016. Покровськ, 2016. С. 39-40.

3 Семенцов Г. Н., Копистинський Л. О., Данилів А. Р. Аналіз мультиколінеарності незалежних змінних та її впливу на оцінки параметрів математичних моделей багатовимірних об'єктів. Наука и инновации в современном мире : Техника и технологии. Книга 2. Глава 9. Монография. Одесса : Куприенко С. В., 2017. С. 137-149.

УДК 004.8

## МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ

*Д. С. Іванов*

*Вінницький Національний Технічний Університет, 21021 Вінниця, Хмельницьке шосе 95,  
vntu@vntu.edu.ua*

### Вступ

Кожного року зростає кількість автомобілів на дорогах. Це призводить до збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод. Дуже часто причиною дорожньо-транспортної пригоди є людський фактор. Саме тому деякі виробники автомобілів намагаються зменшити цей фактор шляхом комп'ютеризації автомобіля. Системи для розпізнавання знаків є у всіх автомобілях провідних марок – Audi, BMW, Tesla, Opel. Ці системи мають ряд недоліків.

Основний недолік полягає в тому, що ці системи є пропрієтарними і встановлюються тільки у машини конкретного автовиробника. Також розробка та встановлення пропрієтарних систем займає багато часу, та людських ресурсів.

Тому актуальним залишається питання доступних і відкритих систем розпізнавання знаків.

### **Аналіз відомих методів розпізнавання**

Для реалізації такої програмної системи на мобільних пристроях існують оптимізовані бібліотеки технічного зору, такі як OpenCV і FastCV. На даний час відомі щонайменше три підходи до виявлення і локалізації дорожніх знаків: виявлення з використанням інформації про колір, виявлення на основі інформації про геометричну форму і методи, які використовують і колір, і форму. Колір знаків дозволяє відрізнити їх на фоні навколишньої дорожньої обстановки.

Зокрема, для виявлення знаків використовують кольорову фільтрацію в просторі RGB [2]. В інших випадках застосовується простір HSI чи HSV. Виходячи з вище сказаного, можна очікувати, що використання комбінованої інформації про колір і форму може дати суттєве покращення якості і надійності детектування дорожніх знаків.

Принцип реалізації даного підходу наступний: мобільний пристрій закріплюється на лобовому склі автомобіля. Використовуючи камеру, програма в режимі реального часу отримуватиме знімки дороги, що являють собою кадри відеоряду. На кожному кадрі програма намагається виявити дорожні знаки. Вразі виявлення знака, на екран мобільного пристрою виводиться повідомлення, що може супроводжуватись звуковим сигналом. Крім того така програма може працювати в фоновому режимі. Тобто на мобільному пристрої можуть бути відкриті Google карти або ж будь який інший додаток, а повідомлення про дорожні знаки будуть з'являтися поверх відкритих додатків. Прикладом такої програм є RoadAR. Проте даний програмний продукт здатен розпізнати лише деякі дорожні знаки.

Метою дослідження є покращення методів розпізнавання об'єктів в ОС Android. Виходячи з мети роботи, можна сформулювати низку задач, які необхідно розв'язати для її досягнення, а саме:

- Аналіз сучасних методів розпізнавання в ОС Android
- Розробка власного методу розпізнавання.

### **Алгоритм власного методу розпізнавання**

Головною проблемою розробки такої системи є швидкість роботи нейронної мережі на смартфоні, оскільки його потужності істотно обмежені. Для пристроїв, потужності яких обмежені, використовуються полегшені нейронні мережі. Моделі таких нейронних мереж містять менше слів та вершин у них, що відображається на точності їх роботи, проте вони дозволяють працювати на пристроях з обмеженими потужностями, в тому числі при обробці потокового відео. В якості моделі нейронної мережі було обрано модель MobileNet. MobileNet (Mobile network) (рисунок 1) – клас вискооефективних нейронних

мереж, орієнтованих на застосування в області вбудованих та мобільних додатків комп'ютерного зору. Архітектура моделі бере за основу розділювальну згортку в глибину (depthwise separable convolution). При розробці даної моделі нейронної мережі первинною метою було зменшення тривалості затримки, що виникає при роботі моделі, а вже потім – зменшення її розміру. Розділювальна згортка в глибину дозволяє зменшити обсяг обчислень, які проводяться в перших шарах, що вирішує первинну мету, яка була поставлена при розробці даної мережі. Ядро згортки переміщується по зображенню, обчислюючи зважену суму вхідних пікселів на кожному кроці, охоплених ядром, по всіх вхідних каналах. Операція згортки об'єднує значення всіх вхідних каналів, отже якщо зображення має 3 вхідних каналу, то запуск одного ядра згортки з цього зображення призводить до вихідного зображення з 1 каналом на піксель. Тому для кожного вхідного пікселя, незалежно від того, скільки каналів воно має, згортка запише новий вихідний піксель тільки з одним каналом (на практиці ми запускаємо набір ядер згортки на вхідному зображенні, і кожне з них отримує свій власний канал на виході).

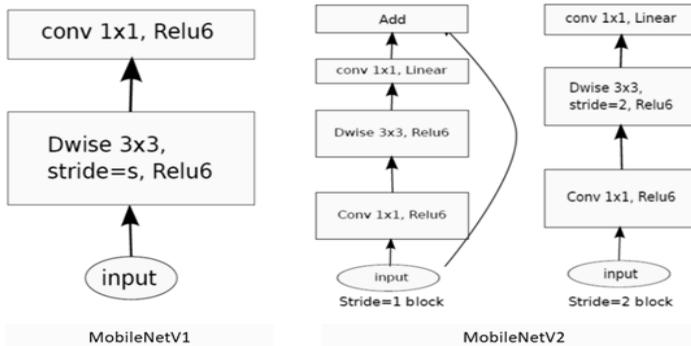


Рисунок 1 – Архітектура моделі MobileNet

Модель MobileNetV1 містить два шари в блоці згортки. Перший шар називається depthwise convolution. Він здійснює легку фільтрацію, застосовуючи єдиний згортковий фільтр на вхідний канал. Другий шар - це convolution 1×1, який ще називається pointwise convolution. Він відповідає за побудову нових функцій за допомогою обчислення лінійних комбінацій вхідних каналів.

Модель MobileNetV2 має два блока. Перший – залишковий блок з кроком 1, другий – блок з кроком 2 для зменшення. Ці два блоки містять три однакові шари. Перший шар - 1×1 convolution з ReLU6, другий depthwise convolution, третій - 1×1 convolution без будь якої нелінійності. MobileNetV2 перевершує MobileNetV1, показуючи більшу точність при меншій кількості параметрів і швидшому опрацюванні. Виходячи з цього для модулю розпізнавання знаків було обрано модель MobileNetV2.

## Висновок

Таким чином, в результаті виконання роботи було проаналізовано відомі методи розпізнавання об'єктів в ОС Android, а також запропоновано власний метод. Перевагою даного метода є також те, що він не потребує додаткових пристроїв, і може використовувати камеру смартфона для розпізнавання зображень під час поїздки.

Перелік використаних джерел

1 Shneier, M. Road sign detection and recognition // Proc. IEEE Computer Society Int. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005 – P. 215–222.

2 Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. / В.В. Круглов, В.В. Борисов. –М.: Телеком, 2001.

УДК 681.51

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФРАКЦІЙНОЇ КОЛОНИ ПРОЦЕСУ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ

*Шавранський М.В., Кім Х.С.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

В сучасних економічних умовах нафтогазовий комплекс продовжує безперервно розвиватися. Вводяться в експлуатацію нові технологічні установки на нафтопереробних заводах (НПЗ), освоюються нові родовища нафти і газу.

Коли дані про систему є недостатніми для створення моделі на основі фізичних параметрів, наприклад, параметрів фракційної колони, параметрів сировини, конструктивних особливостей установки високотемпературної переробки нафти і т.п. застосовується метод ідентифікації об'єкта для визначення його параметрів. Під ідентифікацією об'єкта управління розуміють отримання або уточнення за експериментальними даними моделі реального процесу або об'єкта. Ефективність ідентифікації визначається за ступенем близькості реакції реального об'єкта і моделі.

Для побудови моделі використано експериментальні дані, отримані від різних датчиків системи. Серед багатьох методів для побудови моделей, використовується метод найменших квадратів (МНК). Ідентифікація дає рівняння кореляції між вхідними ( $x_i$ ) і вихідними ( $y_i$ ) фізичними змінними  $\hat{y}_i = f(x_i, ai)$ . Метод найменших квадратів заснований на мінімізації значень помилки з метою розрахунку параметрів ( $ai$ ). [1,2].

Параметр  $ai$  є найкращим, якщо помилка між вимірюваними значеннями і модельними дорівнює нулю ( $\varepsilon=0$ ). Формула мінімізація помилки визначення представлена як сума квадратів помилок:

$$S(a_{ij} = \sum_i^k (y_j - f(x_i, a_i))^2 = 0 \tag{1}$$

Формула регресії  $y(x_1, x_2, x_3 \dots x_k, a_1 \dots a_k)$  для  $n$  вимірних значень має вигляд:

$$\begin{cases} y_1 = a_0 + a_1 x_{11} + \dots + a_k x_{k1} \\ \vdots \\ y_n = a_0 + a_1 x_{1n} + \dots + a_k x_{kn} \end{cases} \tag{2}$$

Виразимо формулу (2) в матричній формі:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{kn} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_0 \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} \tag{3}$$

де:  $y$  - вектор вхідних значень  $y_j$ ;  $x$ - вектор вихідних значень  $x_{kj}$ ;  $A$ -вектор параметрів;  $n$ -число вимірних значень;  $k$ -число входів.

Підставимо (2) в рівняння (1), спростимо формулу і визначимо вектор параметрів:

$$A = \begin{bmatrix} a_i \\ \vdots \\ a_k \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} (X^T Y) \tag{4}$$

Мета ідентифікації є знаходження параметрів фракційної колони (К1) (рисунок 1).

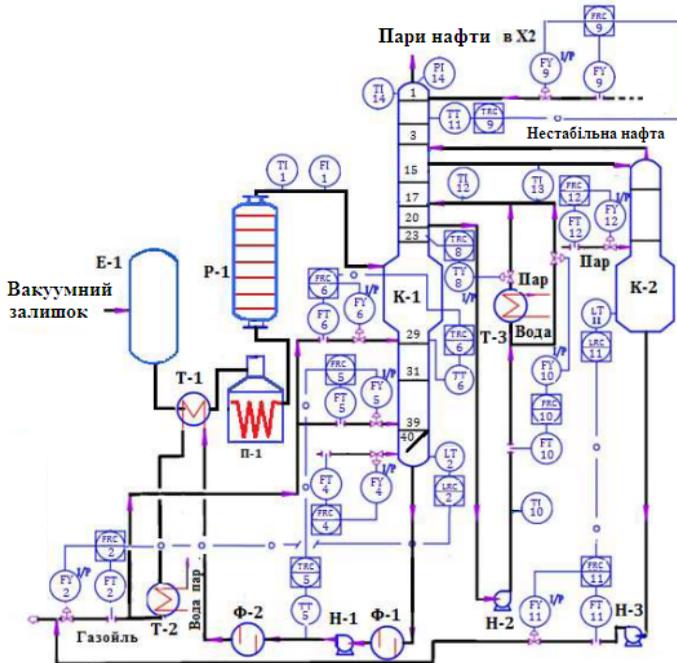


Рисунок 1 – Схема фракційної і випарної колон

Використаємо формулу (4) для визначення параметрів моделі і знайдемо рівняння регресії між вихідними і вхідними змінними. У реальній системі вихідні змінні корельовані не тільки з вхідними змінними, а й з іншими змінними.

**Висновок:** Отримано математичну модель фракційної колони початкової стадії процесу високотемпературної переробки нафти, за допомогою МНК з ортогональної декомпозицією інформаційної матриці, яка відрізняється тим, що вона обмежує значення матриці коефіцієнтів.

#### Літературні джерела

1 Convection-division models for distillation columns application to estimation and control of cryogenic air separation processes, Stéphane Dudret, L'École nationale superieur des mines de Paris, 2013.

2 Dynamic rate-based and equilibrium models for a packed reactive distillation column, Jianjun Peng, Thomas F.Edgar\*, R. Bruce Eldridge, Chemical Engineering Science, 2003.

УДК 681.5

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРИФАЗНОГО СЕПАРАТОРА НАФТИ

*С.С. Проконів, М.І. Козуляк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел. (0342)72-71-67, e-mail: [kafatp@ukr.net](mailto:kafatp@ukr.net)*

Неочищена нафта, що надходить із свердловин містить також газ, пластову воду, механічні домішки. Установа підготовки нафти забезпечує підготовку і збір нафтової продукції. Підготовка нафти полягає в її розгазуванні, стабілізації, зневодненні та знесолюванні. Для цього використовується процес ступінчастої сепарації з проміжним нагріванням в теплообмінниках.

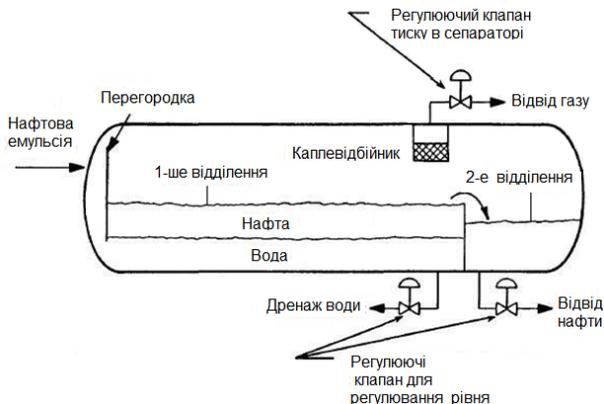
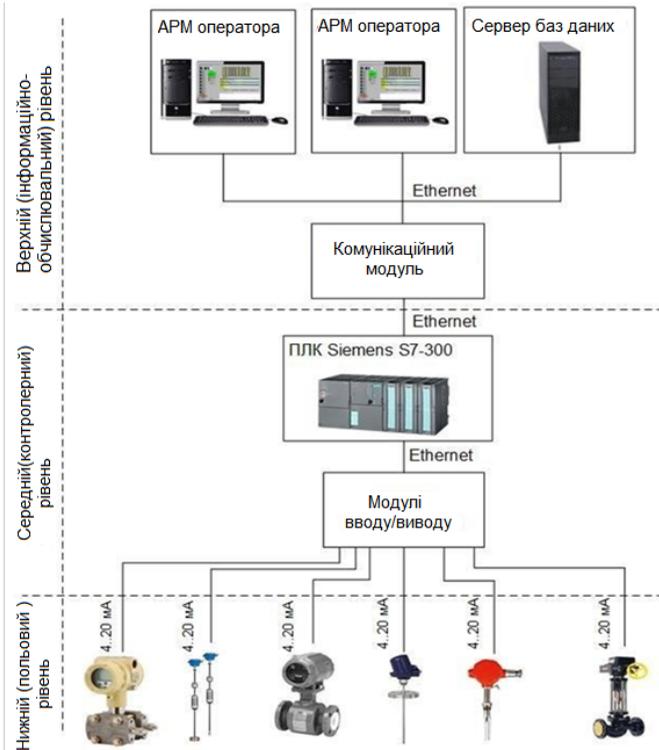


Рисунок 1 – Схема трифазного сепаратора

На рис.1 приведена схема трифазного сепаратора нафти , який є одним з елементів установки підготовки нафти на промислах. Для даного апарата, на базі рівнянь матеріального балансу розроблена математична модель динаміки, яка складається трьох диференційних рівнянь для кожного з потоків (нафта, вода та газ) і рівняння зв'язку за матеріальним балансом. При складанні рівнянь враховано характеристики регулюючих клапанів та тарувальну характеристику сепаратора. В результаті аналітичних досліджень отримані передавальні функції по основним каналам регулювання сепаратора , які адекватно відтворюють динамічні властивості об'єкта.

Подальші дослідження дозволили синтезувати триконтурну систему регулювання рівнем води і нафти та тиском в сепараторі. Імітаційне моделювання системи проведено в програмному пакеті Matlab. Налаштування регуляторів виконано в Simulink шляхом адаптивної процедури самоналаштування. Моделювання розробленої системи регулювання підтвердило працездатність системи , стійкість роботи при наявності дії збурювальних чинників та високі параметри якості регулювання.

Розроблена структурна схема ієрархічної системи керування сепаратором на базі промислового контролера S7-300 (рис.2). Підібрані необхідні технічні засоби для реалізації системи.



**Рисунок 2 – Структурна схема ієрархічної системи керування сепаратора.**

Оформлені необхідні проектні документи: функціональна схема автоматизації, схема підключень, екранні об'єктні вікна оператора в SCADA-системі. Таким чином система регулювання нафтовим сепаратором готова до впровадження на нафтових промислах України.

Літературні джерела

1 Горбійчук М.І. Моделювання об'єктів і систем керування в нафтовій та газовій промисловості. Ч.2:учбовий посібник. Івано-Франківськ: Факел. 226с.

УДК 681.518:622.248

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ КЕРУВАННІ ПРОЦЕСОМ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН В УМОВАХ УСКЛАДНЕНЬ**

*Шавранський В. М., Шекета В.І.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Прийняття рішень щодо керування процесом буріння свердловин в умовах ускладнень є підзадачею загальної проблеми оптимального керування цим процесом, яка реалізується інтегрованою системою автоматизованого управління.

Буріння свердловин на нафту і газ – це надзвичайно складний технологічний процес, особливістю динаміки якого є нестационарність, нелінійність та невідтворюваність, а також взаємозв'язок більшості процесів з змінами, що виникають у стовбурі свердловини і навколишньому масиві гірських порід. Різноманітність геолого-технологічних умов часто призводить до виникнення непрогнозованих ускладнень і необхідності прийняття кваліфікованого рішення в обмежений проміжок часу. Найважливішим питанням підвищення якості робіт в бурінні свердловин на нафту і газ є зменшення кількості ускладнень і виключення аварій, що пов'язане із використанням сучасних методів контролю, керування і комп'ютерної техніки.

Стан бурового інструменту в кожен момент часу  $t$  з певною вірогідністю і точністю, опираючись на постановку задачі контролю і розуміння природи процесу функціонування об'єкту, можна охарактеризувати набором таких величин  $Z(t) = \{n(t), h(t), V(t), p(t), P(t), M(t), Q_{вх}(t), Q_{вих}(t)\}$ , де  $n(t)$  – швидкість обертання,  $h(t)$  – переміщення бурової колони,  $V_M(t)$  – механічна швидкість,  $p(t)$  – тиск бурового розчину на викиді насосів,  $P(t)$  – осьове зусилля на долото,  $M(t)$  – крутний момент або  $N(t)$  потужність, що витрачається на обертання бурової колони;  $Q_{вх}(t)$  – витрата бурового розчину на вході в свердловину і на виході  $Q_{вих}(t)$ . При переході від одного миттєвого стану до іншого значення  $n, V_M, P, M, Q_{вх}, Q_{вих}$  змінюються, тобто вони є функціями стану і часу  $t$ .

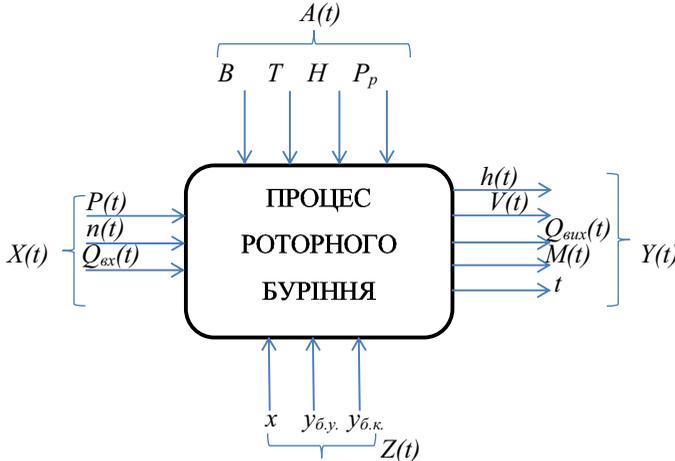
Тут  $x$  – характеристики долота;  $y_{б.у.}$  – параметри бурової установки;  $y_{б.к.}$  – параметри бурової колони;  $T$  – температура в свердловині;  $H$  – сила статичного

опору тертя;  $P_p$  – пластовий тиск.

Таким чином, характеристики стану об’єкта  $Y_i(t)$  пов’язані з вхідними контрольованими величинами  $X(t)$  і збурювальними параметрами в процесі буріння  $A(t)$  і параметрами, що визначаються режимами буріння  $Z(t)$ .

$$Y_i(t) = F_i[X(t), A(t), B, t], \quad i = 1, \dots, n.$$

Загальна інформаційна модель “вхід-вихід” об’єкта контролю параметрів процесу буріння свердловин на нафту і газ зображена на рис. 1.



**Рисунок 1 – Загальна інформаційна модель об’єкта контролю для запобігання ускладнень в процесі буріння свердловин на нафту і газ**

В роботі розглянуто задачу розробки методу ідентифікації ускладнень, що виникають в процесі буріння свердловин на нафту і газ, який функціонує за умов апріорної та поточної невизначеності під впливом різного роду збурень на основі методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки. [1]

Розроблено математичні моделі контрольованого об’єкту, які на відміну від детермінованих математичних моделей дозволяють описувати на природній мові причинно-наслідкові зв’язки між параметрами процесу буріння і можливим ускладненням. Ці моделі відображають логіку міркувань оператора з залученням нечислової і нечіткої інформації спеціаліста-експерта, що дозволяє формалізувати процедури прийняття рішень на базі Fuzzy Logic з використанням параметрів і показників процесу буріння свердловин на нафту і газ. [1]

Здійснено імітаційне моделювання розроблених методів моделювання ускладнень на основі методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки. Показано їх переваги перед відомими за точністю в задачах ідентифікації оцінювання та контролю в умовах невизначеності щодо структури та параметрів об’єкта. [1]

Виявлено реальні ускладнення, усунення яких підвищить рівень безпеки

процесу буріння свердловин. Показано, що розроблені методи і моделі можуть знайти застосування для моделювання та ідентифікації широкого класу ускладнень на бурових установках, що функціонують в умовах апіорної та поточної невизначеності щодо їх структури. [1]

Літературні джерела

1 Шавранський В.М., Шекета В.І., Шавранський М. В. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень при керуванні процесом буріння свердловин в ускладнених умовах / Методи та прилади контролю якості. Науково-технічний журнал. № 1(44) 2020. – ФНТУНГ. С.119-137.

УДК 681.5

## **АВТОНОМНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СЕПАРАТОРОМ ГАЗУ**

*О.В.Федорняк, М.І.Козутяк*

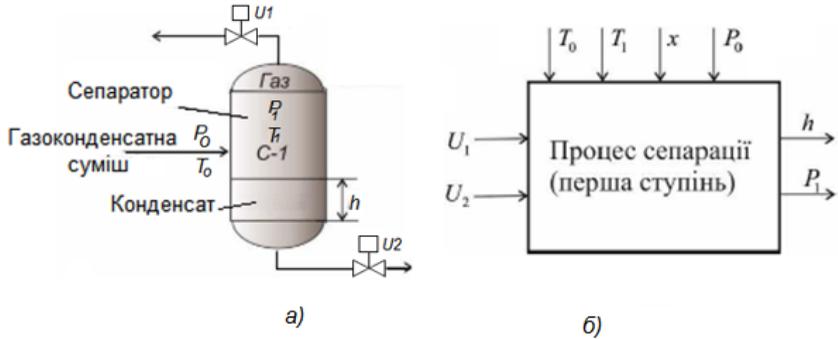
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел. (0342)72-71-67, e-mail: [kafatp@ukr.net](mailto:kafatp@ukr.net)*

Одним з важливих технологічних об'єктів на газоконденсатних родовищах України є установки комплексної підготовки газу (УКПГ), які призначені для збору продукції газоконденсатних свердловин, підготовки природного газу до транспортування в магістральний газопровід, підготовки та стабілізації газового конденсату для перевезення автомобільним транспортом.

Установки працюють за схемою низькотемпературної сепарації (НТС) із застосуванням холоду, отриманого при дроселюванні газу між першою та другою ступенями сепарації за рахунок ефекту Джоуля-Томпсона. Базовим апаратами УКПГ є двофазні сепаратори газу для розділення газоконденсатної суміші на газ та конденсат.

Проведений аналіз математичних моделей газових сепараторів і в основу покладена модель представлена в роботах [1,2] і адаптовано її для газоконденсатних сумішей. Отримані рівняння описують динаміку процесу першої ступені сепарації у просторі станів з координатами  $P_1$  і  $h$ . Аналіз системи рівнянь дає змогу виявити вхідні і вихідні величини сепаратора як об'єкта керування, а також збурення, які діють на об'єкт. Структурна та кібернетична модель сепаратора показана на рис.1.

Таким чином, вхідні дії на об'єкт – командні сигнали  $U_1$  і  $U_2$  (управління клапанами); вихідні величини – тиск газу в сепараторі  $P_1$  і рівень конденсату у сепараторі  $h$ ; збурення, що діють на об'єкт – тиск  $P_0$ , під яким газоконденсатна суміш подається в сепаратор; температури  $T_0$  газоконденсатної суміші і температури  $T_1$  у сепараторі; частка газу  $x$ , що міститься у газоконденсатній суміші.

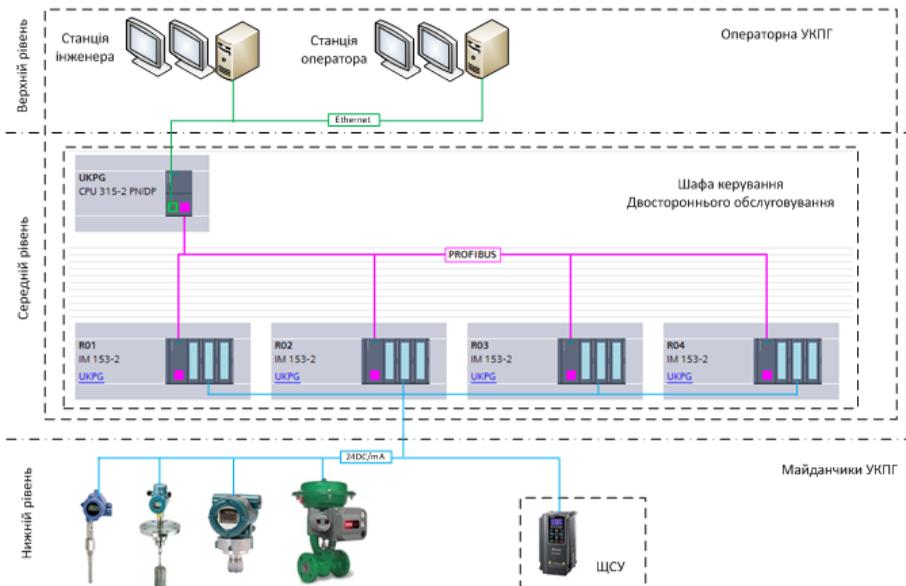


**Рисунок 1 – Схема двофазного сепаратора: а) і б)–відповідно інформаційна та кібернетична модель**

Об’єкт керування має перехресні зв’язки, які суттєво ускладнюють якісне регулювання рівня та тиску у сепараторі. Тому синтезований коригуючий блок, який разом з регуляторами автоналаштований у середовищі візуального моделювання Simulink. Таким чином вдалося розв’язати канали регулювання і добитись їх часткової автономії.

Імітаційне моделювання розробленої автономної системи регулювання підтвердило працездатність системи та високі якісні показники регулювання.

Розроблена структурна схема комп’ютерно-інтегрованої системи керування сепаратором в складі УКПГ на базі промислового контролера S7-300 (рис.2).



**Рисунок 2 – Структурна схема комп’ютерно-інтегрованої системи керування УКПГ**

Виконані необхідні проектні роботи, які вилились у розробку функціональної схеми автоматизації, схеми підключень та компоновки шафи керування, спроектовані панелі оператора в SCADA-системі. Спроектовану систему регулювання газовим сепаратором доцільно впровадити на газоконденсатних родовищах України.

#### Літературні джерела

1 Горбійчук М.І. Моделювання об'єктів і систем керування в нафтовій та газовій промисловості. Ч.2:учбовий посібник. Івано-Франківськ:Факел.226с.

2 Горбійчук М.І., Поварчук Д. Д. Математична модель системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти //Методи та прилади контролю якості. 2017. №2(39) ISSN 1993-9981print ISSN 2415-3575 online Івано-Франківськ, 2017.-С.107-116.

УДК 681.5:621.327

## **АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОНТЕКСТІ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Магас Д. М., В. Б. Кропивницька*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел.(03422)50-45-21; e-mail: dmmhs888@gmail.com*

Прогресивні технології штучного інтелекту та машинного навчання, як одного з його напрямків, щороку розширюють сферу свого застосування. Використання новітніх технологій дає змогу не тільки оптимізувати існуючі процеси в тій чи іншій галузі, а й відкриває простір для вирішення кардинально нових задач. В той час, коли багато галузей вже встигли відчутти на собі переваги використання штучного інтелекту, нафтогазова промисловість тільки починає впроваджувати рішення на основі ШІ та машинного навчання.

Вибір інструментів для впровадження рішень на основі штучного інтелекту залежить від різноманітних чинників:

- кінцевої цілі;
- складності інтеграції з існуючою системою;
- захищеністю у майбутньому («future-proof»);
- необхідності подальшого розширення функціоналу («scalability»).

Найбільш поширеними мовами програмування у сфері ШІ є: Python, Java, Lisp, R, Julia, Prolog, C++.

Python одна з найпопулярніших мов програмування для створення рішень на основі штучного інтелекту. До її переваг можна віднести: простий синтакс, обширну кількість доступних бібліотек (в тому числі призначених безпосередньо для роботи з ШІ), велике ком'юніті та багато доступної

інформації. Python забезпечує інтерфейси зв'язку з усіма головними базами даних. Також дана мова забезпечує підтримку принципів ООП, динамічну перевірку типів, автоматичну очистку пам'яті від непотрібних даних («garbage collection»), можливість інтеграції з мовами C++, C, Java, Cobra, тощо.

Java чи не найбільш поширена мова програмування загального призначення та популярний вибір для реалізації ШІ. Основною перевагою її використання є порівняно простий процес забезпечення кроссплатформенності завдяки технології віртуальної машини. Також не менш сильними сторонами є відносна простота мови, її універсальність, можливість ефективного застосування у роботі з роботизованими системами, тощо. Недоліком Java є її програвш у швидкості у порівнянні з C++.

C++ є далеко не такою популярною для розробки рішень на основі ШІ як вищезгадані мови. До її недоліків можна віднести порівняно складний синтакс, відсутність підтримки очистки пам'яті («garbage collection»), складність підтримки великих рішень. Серед значних переваг даної мови є швидкість її виконання. C++ доволі рідко використовується у програмуванні ШІ.

Lispe першою мовою програмування що використовувалась для реалізації ШІ та другою мовою програмування загалом (після Fortran). Хоча дана мова порівняно гнучкою, через її незвичний синтаксис та доволі обмежену кількість доступних бібліотек її вкрай рідко обирають для реалізації рішень на основі ШІ. Lisp також став джерелом натхнення для значної кількості мов програмування ШІ, серед яких варто виділити R та Julia.

R є хорошим вибором мови програмування штучного інтелекту, тому що забезпечує кращу підтримку обрахунків великих числових значень у порівнянні з Python та дозволяє реалізовувати рішення на основі різних парадигм програмування, серед яких: функціональне програмування, векторні розрахунки, ООП.

Julia – динамічна мова програмування загального призначення. Серед переваг даної мови у розробці рішень ШІ можна виділити: наявність динамічної системи типів, вбудований пакетний менеджер, можливість паралельних обчислень, підтримка макросів та C функцій.

Prolog – мова «логічного» програмування, що базується на принципі підбирання паттернів. Перевагами даної мови є: легкість побудови баз даних та підбирання паттернів. Основним недоліком Prolog є її технічні обмеження з огляду на вік, мале ком'юніті, брак навчальних ресурсів.

В контексті нафтогазового підприємства вибір технології для реалізації програмних рішень з використанням засобів ШІ повинен в першу чергу опиратись на існуючий функціонал та потребу інтеграції з ним. Використання малопоширених мов програмування може нести в собі ризики з огляду на потенційну неможливість покрити всі необхідні робочі сценарії, або значні невинуваті втрати часу спеціалістів на пошук рішень. Здійснивши поверхневий аналіз можна стверджувати що найбільш надійними мовами програмування ШІ в контексті нафтогазової промисловості є Python (завдяки простоті, ефективності, розширюваності, великій кількості інформації, тощо) та

Java (завдяки її поширеності та легкій інтеграції з роботизованими системами). Використання C++ є доволі ризикованим з точки зору складності реалізації рішень. Використання Prolog і Lisp є неможливим з огляду на їх моральну застарілість. Мови програмування R та Julia можуть використовуватись під конкретні задачі, але кількість доступної інформації, бібліотек, готових рішень та їх ком'юніті є значно меншим у порівнянні з Python та Java.

#### Література

1 Top Programming Languages for AI Engineers in 2020 [електронний ресурс] / Режим доступу www. URL: <https://towardsdatascience.com/top-programming-languages-for-ai-engineers-in-2020-33a9f16a80b0>.

2 AI Programming: 5 Most Popular AI Programming Languages [електронний ресурс] / Режим доступу www. URL: <https://towardsdatascience.com/top-programming-languages-for-ai-engineers-in-2020-33a9f16a80b0>.



# **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ**



## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЧНИХ ПРИМІЩЕНЬ

*А.Г. Винничук, В.В. Гринюк*

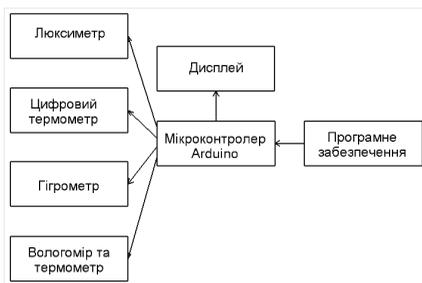
*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019*

Сучасні тепличні приміщення володіючи високою енергооснащеністю та технічністю, дозволяють вирощувати овочі цілий рік у всіх регіонах України. Особливу роль серед технологічних процесів, які відбуваються в теплиці мають процеси контролю параметрів мікроклімату. Тому мета даної роботи спрямована на вдосконалення системи контролю мікроклімату тепличних приміщень.

Найважливішими параметрами мікроклімату в тепличних приміщеннях є температура, вологість та рівень природної освітленості. Необхідність постійного контролю та підтримки цих параметрів обумовлена агротехнічними вимогами, а також – міркуваннями енергозбереження.

Агротехнічні вимоги передбачають контроль значень параметрів в теплицях в залежності від величини сонячного випромінювання та часу доби (день/ніч). Таким чином, контроль мікроклімату необхідний для забезпечення оптимальних параметрів середовища в теплицях і парниках, інтенсифікації засвоєння рослинами фотосинтетичної радіації і підвищення ефективності продукційного процесу.

На основі проведеного аналізу було побудовано функціональну схему інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для контролю мікроклімату тепличних приміщень, яка має доволі просту структуру (рис.1). Функціональна схема є одним із основних документів проектування, вона визначає функціональну структуру та роз'яснює певні процеси, що відбуваються у системі. В наведеній системі використані датчик вологості та температури повітря, цифровий термометр, гігрометр, люксметр та дисплей.



**Рисунок 1. Функціональна схема ІВС контролю мікроклімату в тепличних приміщеннях**

Для побудови і тестування такої ІВС необхідний сучасний мікроконтролер, який володіє необхідними технічними характеристиками та має відносно невисоку вартість. Оптимальним співвідношенням габарити-функціональні можливості володіє мікроконтролер Arduino Uno R3. Його характеристик вистачає для виконання поставленого завдання побудови ІВС.

Для реалізації вимірювання основних параметрів мікроклімату в тепличних приміщеннях (вологість повітря та ґрунту, температура повітря та ґрунту, освітленість) виконаємо вибір відповідних давачів. Для регулювання підсистеми контурного обігріву ґрунту та безпосереднього вимірювання його температури доцільно обрати цифровий температурний давач DS18B20. Він є ідеальним рішенням для інтеграції в системи з мікроконтролерами.

Для вимірювання вологості ґрунту застосовано давач YL-69. Він виконаний у вигляді вилки, яку для проведення вимірювань необхідно застромити у ґрунт.

Для вимірювання освітленості обираємо давач BH1750, який є одним з найбільш поширених давачів, що застосовуються в сучасній електроніці. Його перевага полягає в використанні цифрового інтерфейсу, який дозволяє вимірювати освітленість у певних одиницях вимірювання, а також в можливості працювати з мікроконтролером по протоколу I2C. Він чудово підходить для регулювання яскравості рідкокристалічних дисплеїв, а також контролю рівня освітленості в приміщенні.

Принцип роботи ІВС полягає в наступному: мікроконтролер зчитує дані з давачів із інтервалом – раз на півгодини (цей параметр, за бажанням, можна зменшити або збільшити) та відображає їх на екрані. Якщо виміряний параметр виходить за завчасно задані межі, то включиться відповідний світлодіод, який сповістить, що виміряний параметр мікроклімату перетинає допустимі межі (мінімальне та максимальне значення кожного із параметрів). Давачі всередині тепличного приміщення розташовують таким чином, щоб на них не діяли засоби автоматизації та регулювання (якщо такі є).

На основі проведених досліджень обґрунтовано актуальність розроблення ІВС контролю мікроклімату тепличних приміщень. Здійснено аналіз основних параметрів мікроклімату в тепличних приміщеннях. За результатами якого встановлено, що основними інформаційними параметрами мікроклімату тепличних приміщень є: температура ґрунту, вологість ґрунту, температура повітря, вологість повітря, освітленість тепличного приміщення.

В результаті проведеної розробки ІВС було виготовлено робочий макет та здійснено його апробацію. Досліджено метрологічні характеристики розробленої ІВС шляхом розрахунку невизначеності результату вимірювання кожного параметру. Отримані результати дають підстави для обґрунтування можливості застосування розробленої ІВС в тепличних приміщеннях.

УДК 69.058.7

## ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ГРАДІЄНТА ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОВІЗОРОМ

*Л. Г. Халімовський, Н. Б. Ключко*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
м. Івано-Франківськ, 76019*

Тепловізор є ЗВТ, призначеним для визначення РТ поверхні об'єкта за ГТ. Визначення РТ поверхні досліджуваного об'єкта відбувається за його ІЧВ. Конструкція тепловізора дозволяє перетворювати ІЧВ, що надходить від об'єкта, в електричний сигнал, який після підсилення та автоматичної обробки забезпечує візуалізацію видимого термографічного зображення на дисплеї тепловізора. Спектральні діапазони роботи тепловізорів визначаються інтервалами довжин хвилі для максимуму енергії випромінювання досліджуваних об'єктів у відповідних вікнах прозорості атмосфери та діапазоном вимірюваної температури від  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Комбінована (сумарна) стандартна невизначеність ВТ та ГТ за ІЧВ визначається за наступною:

$$u_c(T) = \sqrt{u_A^2(T) + u_B^2(T)} \quad (1)$$

де  $u_A^2(T)$  – невизначеність типу А ВТ за ІЧВ;  $u_B^2(T)$  – непе невизначеність вність типу В ВТ за ІЧВ.

Таким чином, аналізування та оцінювання невизначеності вихідного сигналу ОПС тепловізора та значення вимірюваної температури й ГТ за ІЧВ включає в себе такі основні дві процедури. Перша – це оцінювання невизначеності за типом А  $u_A^2(T)$  із використанням методів математичної статистики для опрацювання отриманих результатів вимірювань. Вихідними даними для обчислення невизначеності типу А є результати багаторазових ВТ та ГТ за ІЧВ, отриманих при проведенні вимірювань за однакових умов. Особливістю цієї процедури є можливість отриманням класичних в математичній статистиці оцінок параметрів сукупності вихідних даних, а саме: математичного сподівання, дисперсії, середнього квадратичного відхилення, кореляційного моменту тощо. Друга – це аналіз та оцінювання невизначеності за типом В  $u_B^2(T)$ , що проводиться іншими методами, відмінними від статистичного аналізу рядів спостережень. Стандартну невизначеність типу В визначають за апріорною інформацією про особливості ВТ та ГТ за ІЧВ з використанням конкретного тепловізора.

Невизначеність типу А результатів ВТ та ГТ за ІЧВ можна оцінювати за вихідним сигналом ПВ  $S(\lambda, T)$ , а також за значенням РТ  $T_{p,q}$ , окремим точковим значенням температури  $T$  та значенням ГТ  $\Delta T$ . Звідси невизначеність типу А, як оцінка стандартного відхилення результатів ВТ та ГТ за ІЧВ, визначається наступним чином:

- для вихідного сигналу  $S(\lambda, T)$ :

$$u_A^2(S(\lambda, T)) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S(\lambda, T) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i(\lambda, T))^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (2)$$

- для значення температури  $T$ :

$$u_A^2(T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n T_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i)^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (3)$$

- для ГТ  $\Delta T$ :

$$u_A^2(\Delta T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta T_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T_i)^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (4)$$

Таким чином, формули (2)-(4) дозволяють оцінити невизначеність типу А вихідного сигналу ОПС та результатів ВТ й ГТ за ІЧВ, що може бути застосовано в методиках для оцінювання точності результатів калібрування та проведених ВТ й ГТ за ІЧВ.

Інструментальна складова невизначеності типу В визначається властивостями ЗВТ і виникає у результаті використання вимірювального приладу. Інструментальну складову невизначеності типу В ВТ та ГТ за ІЧВ, як правило, оцінюють шляхом калібрування або тестування тепловізора в калібрувальній лабораторії за допомогою еталонного АЧТ або еталонного ТМВ. Ця складова обумовлена характеристиками конструктивних елементів тепловізора. Для її оцінки доцільно визначити функціонально-технічні параметри тепловізора, зміна яких впливає на точність вимірювань.

До основних із них відносимо шуми матриці ПВ  $u(U_{noise})$ ; зміни спектральної чутливості ОПС, нелінійність перетворення  $u(R(\lambda))$ ; температурний вплив оточуючого середовища  $u(T_{amb})$ ; зміни температурної чутливості ПВ  $u(\Delta T)$ ; зміни просторової чутливості  $u(\Delta S)$ .

Тому цю складову невизначеності типу В від впливу вищезазначених чинників описуємо наступним чином:

$$u_{b(instr.)}(S(\lambda, T)) = \sqrt{\sum_{j=1}^J u_{B(instr.)_j}^2(S(\lambda, T))} = \sqrt{u^2(U_{noise}) + u^2(R(\lambda)) + u^2(T_{amb.}) + u^2(\Delta T) + u^2(\Delta S)} \quad (5)$$

Отже, аналіз інструментальної складової невизначеності типу В ВТ та ГТ за ІЧВ показав, що значення цієї складової непевності не перевищує 1,5%, а значить є задовільним для більшості вимог тепловізійних вимірювань об'єктів промисловості.

**Висновок.** Таким чином, дана методика дає можливість проводити оцінку невизначеності результатів тепловізійних вимірювань пересічним користувачам тепловізорів на основі інформації, отриманої від виробників й лабораторій, та нескладних розрахунків за запропонованими формулами.

## РОЗРОБЛЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО БЛОКУ ВІДЕОСИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ КРАПЛІ

*С. А. Лукасевич, В. Б. Біліцук*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15  
м. Івано-Франківськ, Україна, 76019, inst.energy@gmail.com*

Дослідження поверхневого натягу рідин широко використовують в багатьох галузях народного господарства. Одним із методів вимірювань є метод лежачої краплі, в якому на основі отриманого зображення краплі вимірюють її геометричні розміри і визначають поверхневий натяг. З 80-х років в приладах вимірювання поверхневого натягу методом лежачої почали застосовувати спосіб отримання і аналізу зображення краплі, що базується на використанні цифрової відеотехніки. Використання такої апаратури привабливе, оскільки дає можливість повністю автоматизувати процес вимірювання і обробки даних аж до отримання кінцевого результату.

Метою даної роботи є аналіз побудови мікропроцесорних вузлів для отримання цифрових зображень лежачої краплі.

У приладах для контролю поверхневого натягу вимірювання відповідних геометричних розмірів реалізується за допомогою телевізійної системи контролю (рис. 1). Дана система дозволяє формувати цифрове зображення краплі і за допомогою відповідного програмного забезпечення визначати необхідні геометричні розміри. Застосування такої системи у приладах дає наступні переваги:

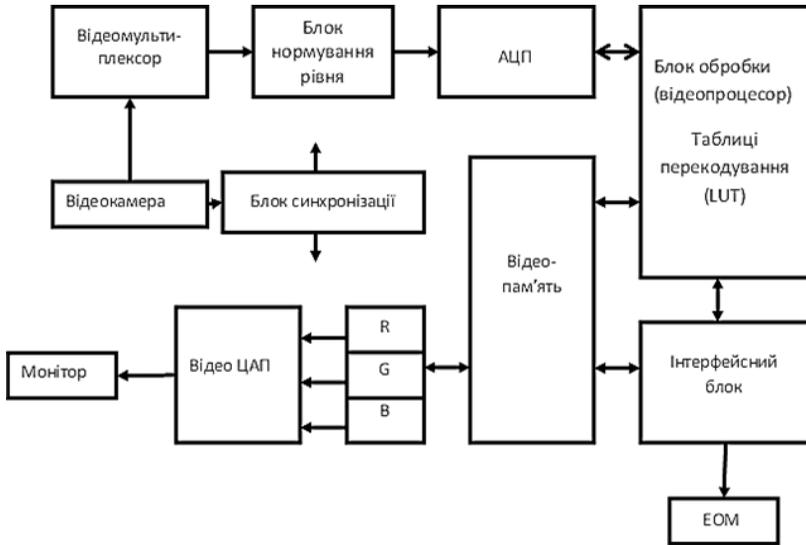
- можливість спостереження на екрані монітора за процесом формування краплі;
- автоматизація процесу вимірювання поверхневого натягу на межі розділу рідина – оточуюче повітря;
- висока точність вимірювання геометричних параметрів лежачої краплі;
- створення бази даних цифрових зображень обертової краплі з метою їхньої подальшої обробки та систематизації.

Для проведення вимірювань геометричних розмірів лежачої краплі необхідно, щоб уся крапля одночасно перебувала у полі зору телевізійної системи, а її повне зображення було на світлочутливій матриці і в результаті на екрані монітора ЕОМ. Пропонується використовувати в якості світлочутливої матриці пристрій із зарядовим зв'язком у комплекті із телевізійною камерою.

У якості блока введення відеосигналу у даному приладі використовують відеоадаптери, які мають такі основні технічні характеристики:

- внутрішня розрядність – 32 біти;
- тип шини підключення – PCI;
- кількість незалежних відео входів – 3;
- можливі режими представлення кольору: RGB, YUV4:2:2, YUV4:1:1.

Такі адаптери дають можливість перепризначання та керування кольоровими компонентами зображення на апаратному рівні.



**Рисунк 1 - Структурна схема мікропроцесорного блоку**

Під обробкою зображень розуміють сукупність комп'ютерних методів обробки цифрових сигналів зображень. У загальному випадку відео система може обробляти сигнали декількох каналів, вибір яких здійснюється відеомультіплексором. Для кольорових зображень використовуються три кольірних компонента: червоний (R), зелений (G) і синій (B).

З метою узгодження рівнів відеосигналів із входом аналого-цифрового перетворювача застосовується блок нормування рівня – програмно-керованого підсилювача. Відеосигнал перетворюється у цифрову форму аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), у якому відбувається дискретизація і квантування відеосигналів.

Відеопроесор проводить операції над зображенням і окремими його фрагментами. Типова послідовність операцій зводиться до читання зображення із одної або декількох сторінок відеопам'яті, виконання операцій над зображенням і запису результатів у другу сторінку пам'яті.

Головною особливістю відеопроесора є висока швидкість обробки, котра досягається за рахунок реалізації ряду операцій апаратним способом, виконання декількох операцій одночасно, використання спеціалізованих процесорів.

У вихідному блоці здійснюється перетворення вибраних з пам'яті цифрових даних у відеосигнал і видачі його на монітор. Як правило, блок складається із трьох ідентичних каналів, в яких відбувається обробка червоної, зеленої та синьої складових кольорового зображення.

UDC 681.121

## **ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE ACCURACY OF NATURAL GAS ACCOUNTING**

*Ia.L.Fershtei, A.H. Vynnychuk, N.B.Klochko*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska str, 15, Ivano-Frankivsk, 76019*

In current conditions, it is important to improve the organization of effective system of energy metering, including natural gas, on enterprises of fuel and energy complex. Proper accounting of selling the natural gas to consumers will help to achieve the normalization of the energy balance. Therefore, the issues of accounting and quality control of natural gas are becoming increasingly important at gas supply enterprises.

Natural gas flow measurement can be carried out using various methods when the gas is supplied to the consumer. Usually, natural gas metering systems, in addition to the main flowmetering device (gas meter), include gas temperature and pressure measuring transducers, as well as a microprocessor calculator (corrector) for raising the gas volume to standard conditions. The overall accuracy of measuring the flow rate and volume of natural gas depends on the accuracy of each component of the gas metering system. The main factors that limit the accuracy and reliability of natural gas metering are defining properties of measurement methods and measuring instruments.

The number of technical means for natural gas metering produced by domestic manufacturers and those imported to Ukraine from other countries is growing every year. Therefore, one of the main ways to improve the accuracy of natural gas metering is to ensure an appropriate level of metrological supervision for natural gas metering devices. In particular, carrying out periodic verification using standard installations, identifying and replacing devices whose accuracy does not meet the requirements, etc.

Additional error from the environment influence is another significant component of the total error in measuring the natural gas volume when it is supplied to the consumer, especially in winter.

Also, no less important tasks of ensuring the quality of natural gas supplying to the consumer are the automation of accounting, the organization of information networks and the provision of accounting data to the calculation and supervision services. Currently, the main type of communication is telephone communication via GSM-modems using the CSD protocol. This type of communication has many disadvantages, the main of which are long connection time and relatively low data exchange rate. Due to the fact that calculators and correctors of different manufacturers have their own specialized protocols for exchanging information with the upper level, certain difficulties arise with bringing gas measurement data to a single form. To solve this problem, it polls the calculators and correctors according to the established schedule, using various types of communication, such as direct

connection, dial-up telephone lines (including using GSM modems) and TCP / IP (via Ethernet using GSM / GPRS / 3G modems).

GPRS modem for household gas meters is intended to be used at metering stations of gas consumers, where gas meters are installed in order to automate metering, organize information networks and provide accounting data to calculation and supervision services, in accordance with the current metering rules.

Main functions of GPRS modem:

- receives, with the help of the leading channel, pulse signals coming from the pulse sensor;
- accumulates and stores data on gas volume values (hourly - for 64 days; daily - for 128 days; monthly - for 32 months);
- accumulates and stores information about the time and nature of emergency situations for 128 days;
- accumulates information about changes in the configuration of the GPRS modem;
- registers attempts to manipulate with a magnet in order to distort the readings;
- transfers the accumulated data to the dispatching room server via GPRS communication (the data transfer schedule is determined by the head office);
- has the ability to remotely change the communication schedule and the amount of information transmitted to the dispatching server;
- transmits to the dispatching server data on the status, charge level and battery life, GSM signal level, etc.

Such a solution is convenient to use when proactively transferring gas measurement data to the upper level from disparate users who use this data only for payments for consumed energy carriers.

For a gas transportation organization that uses gas metering data not only for calculations, but primarily to ensure stable supplies and transit of natural gas, the availability of these data without interruptions and with the least frequency is necessary for the timely and optimal regulation of gas flows through the gas transportation system.

An important condition for increasing the accuracy of natural gas metering is improving the quality and reliability of technical measuring instruments, creating a regulatory framework for their proper operation and ensuring a reliable information transfer system for consumed gas.

## ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ВІДМОВИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ЗАПАСУ ЇХ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ

*Я.М. Ласрін, С.В. Гунько, О.Л. Кайдик*

*Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна, o.kaidyk@lntu.edu.ua*

Експлуатування засобу вимірювання, у будь-якій сфері діяльності людини, супроводжується невідповідністю результатів вимірювання відносно дійсного значення вимірювальної величини та несе негативні наслідки незалежно від області його застосування. Усі засоби вимірювання (ЗВ) володіють властивістю, яка здатна погіршувати, з часом, їх метрологічні характеристики (МХ). Характер і швидкість змін нормованих параметрів засобу вимірювання визначає його метрологічну надійність – здатність зберігати метрологічні характеристики у межах встановлених норм [1].

З метою підтвердження відповідності ЗВ метрологічним вимогам здійснюють його перевірку. Результат даної процедури дозволяє підтвердити метрологічну справність такого засобу на час проведення перевірки і не гарантує її під час наступного міжповірочного інтервалу, а метрологічна справність повинна забезпечуватись на всіх етапах його життєвого циклу.

Під час проектування та експлуатації засобу вимірювання необхідно звернути увагу на методику прогнозування метрологічної відмови, в основу якої покладено критерій “запас метрологічної надійності” [2]. Цей критерій базується на положенні про квантиль нормального розподілу. Основна його особливість полягає у тому, що об’єктом дослідження є не вибірка результатів вимірювання, а вибірка похибок відносно опорної їх величини.

Дана методика базується на тому, що необхідно, перш за все, встановити мінімально допустимі значення запасу надійності ( $Z_{\min}$ ), вибір якого повинен здійснюватися постачальником засобу вимірювання, а також враховувати клас точності та його призначення. Застосування критерію “запас надійності” дозволяє, на практиці, здійснити прогнозування метрологічної відмови [3].

Відповідно до методики, для первинної та періодичної перевірок необхідно ввести відповідні рівні допустимого значення похибки. Даний підхід дозволяє врахувати можливу зміну похибки засобу вимірювання у період між поверками.

Варто зауважити, що особливу увагу приділяють змісту операцій перевірки. Зокрема, метою проведення первинної перевірки є не тільки оцінювання якості ЗВ, але й обґрунтування його базових МХ, за умови коли той знаходиться у справному стані. Перед проведенням такої перевірки виконують процедуру калібрування, встановлюють похибку (за результатом не менше 15-ти вимірювань), оцінюють значення базового середньоквадратичного відхилення, верхній та нижній рівні запасу надійності.

Періодичну перевірку здійснюють з метою оцінювання технічного стану та тенденції зміни похибки під час експлуатування засобу вимірювання, а також надання йому допуску на подальшу експлуатацію. Під час проведення

періодичної повірки, перед проведенням калібрування, реєструють наступні параметри: границі допустимого значення похибки, рівні запасу надійності та базове середньоквадратичне відхилення. За змінний параметр прийнято брати векторний результат багаторазових вимірювань, для яких доцільно розрахувати значення як систематичної, так і випадкової похибки.

Для кожної  $i$ -ої повірки необхідно розрахувати наступні показники: фактичний запас надійності ( $Z_i$ ); тенденції зміни похибки відносно попередньої повірки ( $M_i$ ) та швидкість зміни тенденції ( $V_i$ ).

Визначення необхідності проведення процедури калібрування засобу вимірювання залежить від порівняння числового значення фактичного запасу надійності із значенням мінімально допустимого значення запасу надійності (у випадку коли  $Z_{i+1} \geq Z_{\min}$ , то засіб вимірювання допускають до подальшої експлуатації, в іншому випадку, коли  $Z_{i+1} \leq Z_{\min}$  – здійснюють його калібрування, після чого визначають значення вищезгаданих показників). Дана задача вирішується, також, і шляхом розрахунку залишкового ресурсу ( $T_{\text{зал}}$ ) ЗВ [4]. Порівнюючи  $T_{\text{зал}}$  із його загальним ресурсом за критерієм граничного стану ( $T_k$ ) роблять висновок про доцільність експлуатації засобу вимірювання під час наступного міжповірочного інтервалу. У випадку коли не виконується умова рівності ( $T_{\text{зал}} \leq T_k$ ), то такий засіб ремонтують або експлуатують, за погодженням, тільки зменшують його мінімально допустиме значення запасу надійності ( $Z_{\min}$ ).

Розглянутий вище критерій базується на припущеннях нормального розподілу, що не завжди підтверджується практично. У той же час під час застосування критерію не враховуються зміни метрологічних характеристик, які з'являються у періодах між повірками.

Враховуючи вищевикладене, доцільним, є розроблення програмного забезпечення прогнозування метрологічної відмови, застосування якого буде обмежуватись нормальним законом розподілу та урахуванням зміни метрологічних характеристик, що відбуваються під час експлуатування засобів вимірювання в інтервалі між їх повіркою.

#### Літературні джерела

1 Актуальні питання метрологічної надійності промислових ЗВТ / М.М. Микийчук // *Методи та прилади контролю якості*. – 2009. – №23. – С. 126-129.

2 Новий підхід до визначення метрологічної надійності засобів вимірювань / І.О. Сахнюк // *Наукові праці VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія-2012)»*, Харків: ННЦ «Інститут метрології», 2012. – С. 398-400.

3 Нормування показників метрологічної надійності / О.М. Васілевський // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2011. – №4. – С. 9-13.

4 Визначення оптимальних значень параметрів надійності проєктованих систем / Т.В. Терлецький, О.Л. Кайдик // *Перспективні технології та прилади*. Збірник наукових праць. – 2014. – №4(1). – С. 95–99.

## МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ПОХИБОК ПЕРЕМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИМИ ПРИЛАДАМИ

*О.М. Шахновський, В.Ю. Денисюк*

*Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна, v.denyshuk@lntu.edu.ua*

У різних областях техніки, в тому числі в приладобудуванні, верстатобудуванні, машинобудуванні, існує завдання вимірювання координат об'єктів, які переміщуються механічними пристроями вздовж заданих напрямів. Такими механічними пристроями можуть бути, наприклад, координатні столи. При цьому, крім вимірювання значень переміщень уздовж координатних осей, потрібно визначити похибки траєкторії руху об'єктів у вигляді поперечних переміщень, які характеризують відхилення від прямолінійності. Складність завдання подібного контролю обумовлена тим, що в більшості випадків потрібно вимірювати зазначені похибки переміщень в системі координат, яка пов'язана з конструктивними базами механізмів переміщення. Наприклад, при контролі похибок взаємного положення робочих органів механообробних верстатів і оброблюваної деталі потрібно проводити вимірювання відносно конструктивних баз, які пов'язані зі станиною верстата.

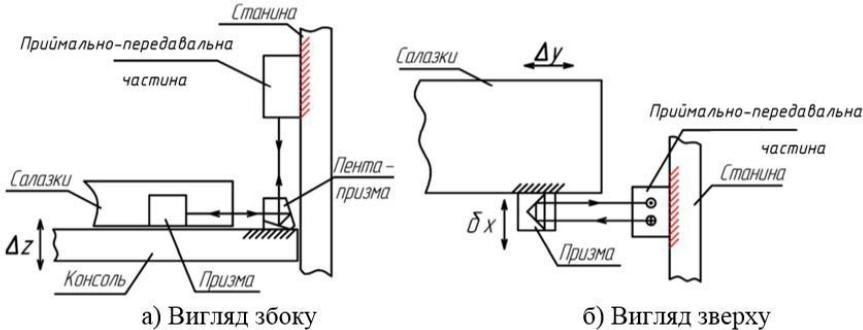
Для здійснення оперативного контролю похибок переміщення об'єктів необхідні засоби, які також задовольняють вимогам за точністю, безконтактністю з об'єктом контролю і швидкодією. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняють оптико-електронні засоби контролю, що працюють на різних фізичних принципах і дозволяють виконувати контроль похибок поперечних переміщень об'єктів. Відомі прилади, що працюють на інтерференційному принципі і забезпечують проведення вимірювань з похибкою до десятих часток мікрометра [1].

Оптико-електронні прилади з різними функціональними схемами доцільно використовувати в якості датчиків для контролю прямолінійності переміщень різцетримача на токарному верстаті, а також в якості датчиків контролю консолі фрезерного верстата. При контролі на токарному верстаті призма кріпиться на різцетримачі, а приймально-передавальна частина – на конструктивній базі верстата, яка зв'язана з направляючими супорта. При контролі на фрезерному верстаті призма кріпиться на консолі, а приймально-передавальна частина може кріпитися на основі або станині верстата [2].

Вимірювальні оптико-електронні прилади можуть бути використані на фрезерному верстаті, для реалізації функцій датчика, призначеного для контролю переміщень  $\delta x$  салазок в напрямку осі  $X$ , і датчика, призначеного для вимірювання переміщень  $\delta y$  столу в напрямку осі  $Y$ , відносно конструктивних баз верстата.

На рис. 1 представлена схема реалізації датчика на основі оптико-електронного приладу для контролю лінійних переміщень об'єктів з призмою, яка встановлюється на об'єкті контролю – на салазках. Для вимірювання переміщень  $\delta x$  салазок в напрямку осі  $X$  приймально-передавальна частина

приладу кріпиться на конструктивній базі фрезерного верстата, яка зв'язана зі станиною, а призма кріпиться на салазках). Пучки лазерного випромінювання від передавальної частини до призми і від призми до приймальної частини приладу направляються пента-призмою, яка кріпиться на консолі. У такій схемі розташування елементів приладу при робочих переміщеннях консолі і салазок зберігається можливість вимірювання переміщень салазок в напрямку осі  $X$ , які обумовлені нежорсткістю механізмів переміщення салазок вздовж осі  $Y$ .



**Рисунок 1 - Схема реалізації контролю похибок переміщень салазок відносно конструктивної бази фрезерного верстата**

Запропоновані функціональні схеми оптико-електронних приладів дозволяють реалізувати схеми контролю на токарних і вертикально-фрезерних верстатах, перевагою яких є забезпечення вимірювань від конструктивних баз верстатного обладнання.

В запропонованих схемах організації контролю на металорізальних верстатах з ЧПК передбачені датчики, які дозволяють вимірювати тільки поперечні зміщення робочих органів верстатів, але не кутові. Це пов'язано з тим, що кутові коливання робочих органів викликають вкрай малі похибки формоутворення. Наприклад, кутові коливання різцетримача на токарному верстаті лежать в межах діапазону  $\pm 10'$  і призводять до похибки положення різця відносно осі шпинделя, що не перевищує 1 мкм.

#### Літературні джерела

- 1 Автоматизация проектирования оптико-электронных приборов / Лазарев Л.П. [и др.]. Москва: Машиностроение. 2006. – 216 с.
- 2 Колочкин В.Я., Нгуен Конг Минь, Чан Тиен Хай. Алгоритмы обработки изображений в системах машинного зрения роботизированных производственных линий // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. М.: Издательство «Радиотехника». 2014. №3. С.44-51.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ССТV ЗА НЕДОСТАТНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ОБ'ЄКТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ

*Б.О. Прокопчук, Т.В. Терлецький*

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна, t.terletskyi@lntu.edu.ua*

Використання систем відеоспостереження (ССТV) за об'єктами охорони останнім часом набуває масового розповсюдження. Ці системи, залежно від поставленої основної задачі, можуть носити стримуючий або прихований характер. Якщо це стримуюча зловмисників система, то потрібно так спланувати розміщення відеокамер і моніторів, щоб вони були на виду оточуючих. Якщо ж спроектована система призначається для прихованого відеоспостереження – необхідно приділити особливу увагу типу і розмірам телекамери, її маскуванню, прихованості проводки, системі освітлення і аналогічних питань.

Можливі шляхи підвищення ефективності ССТV за недостатнього освітлення розглядали Ю.М. Гедсберг, Влодо Демьяновкі, М.Е. Уваров, М.І. Чура, І.В. Олейник, Д.А. Довжиков, А.С. Гонга та інші практики-дослідники. Ними було виділено два основні напрями покращення відеоспостереження у темну пору доби – підвищення чутливості відеокамери та застосування спеціальних освітлювачів.

У першому напрямі розглядали 5 способів підвищення чутливості камер з функцією день/ніч:

- переведення у темну пору доби кольорового сигналу у чорно-білий;
- примусове видалення ІЧ фільтра, встановленого перед матрицею;
- збільшення коефіцієнта підсилення відеотракту перед АЦП і збільшення розрядності тракту обробки сигналу;
- інтегрування заряду за площею матриці;
- інтегрування заряду за часом в матриці.

Перші два способи перетворюють кольорову камеру у чорно-білу, а три останні – збільшення чутливості як кольорових, так і чорно-білих камер.

Сучасні кольорові камери побудовані за принципом чорно/білих, з використанням «кольорової» матриці. Для того щоб камера могла формувати кольоровий сигнал в ній використовують наступні складові:

1 На фоточутливі елементи матриці наносять спеціальний мозаїчний кольоровий фільтр, наприклад, СМУG чи фільтр Баєра.

2 Перед матрицею встановлюють фільтр, що відсікає ІЧ область, суміщений з просторовим фільтром.

3 У спеціальному процесорі дешифрується мозаїчний кольоровий сигнал, що надходить з матриці, перетворюючи його в RGB складові, а потім, наприклад, в композитний кольоровий сигнал PAL.

Кожна з наведених вище складових погіршує чутливість камери.

Аналізуючи тести відеокамер та відгуки практиків було встановлено, що в процесі експлуатації вуличних відеокамер з ІЧ підсвічуванням, встановлених в загальному корпусі з відеокамерою, виникають негативні моменти в їх роботі.

Основні науково-прикладні роботи дослідники-практики зосередили на вдосконаленні конструкцій відеокамер, а питання сумісної роботи освітлювачів з камерами опрацьоване недостатньо, що вказувало на перспективність даного напрямку покращення відеоспостереження у темну пору доби.

Встановлено, що використання переважної більшості наявних ІЧ освітлювачів при спостереженні у темну пору доби призводить до звуження чіткої зони відображення об'єкта спостереження в лінійному полі зору камер. Це призводить до зменшення сектору огляду та появи небажаних «мертвих зон», що значно погіршує ефективності відеоспостереження. Це стосується і дальності освітлення – різко вкорочується глибина бачення камери.

Виявлено відсутність метрологічного забезпечення у вимірюванні параметрів ІЧ освітлювачів, яке необхідне для перевірки відповідності їх вимогам технічного завдання.

Таким чином, доцільно здійснити аналіз світлотехнічних параметрів освітлювачів і відеокамер, що дозволить вивести відповідні умови, при дотриманні яких буде досягнуто максимальної ефективності CCTV за недостатнього освітлення об'єктів спостереження, а створення та впровадження методики з визначення (задання) світлотехнічних параметрів систем ІЧ освітлення дозволить однозначно точно оцінити їх.

#### Літературні джерела

1 Гедзберг Ю.М. Охранное телевидение. – Москва: Горячая линия -Телеком, 2005. – 312 с.

2 Влодо Дамьяновски. CCTV. Библия охранного телевидения. – Москва: ООО «ИСС», 2002. – 352 с.

3 Современные тенденции развития и применения инфракрасной подсветки в камерах видеонаблюдения / Чура Н.И. // Журнал «Технологии защиты». – 2010. – №5.

4 Гонта А.С. Практическое пособие по видеонаблюдению. – Москва: Спецкнига, 2017. – 188 с.

5 Об особенностях применения ИК-прожекторов. Тест / Олейник И.В. // Журнал «Системы безопасности», – 2005. – №2.

6 Тест-драйв «Телевизионные камеры день/ночь. Почему они разные?» / Д.А. Довжиков и А.Н. Куликов// Компания ЭВС. [Електронний ресурс]. URL: [https://www.evs.ru/test\\_dr.php?td=14](https://www.evs.ru/test_dr.php?td=14).

## ХМАРНИЙ СЕРВІС РОЗУМНОГО БУДИНКУ

*І. І. Дунь, Я. І. Заячук*

*ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019*

Інтеграція розумного будинку в хмару покликана забезпечити дистанційне керування всіма системами будинку. На основі такої архітектури можлива побудова гнучкої системи управління розумним будинком, що підтримує різні протоколи автоматизації будівель.

Архітектура системи управління розумним будинком, інтегрованої в хмару, включає такі рівні:

1. серверна частина: веб-сервер, БД, скрипти обробки і передачі даних;
2. клієнтська частина, що надає графічний користувальницький інтерфейс управління і моніторингу. Будується на трьох основних технологіях створення веб-додатків: HTML, CSS і JavaScript;
3. серверний домашній додаток. Комплектація аналогічна серверній частині хмари;
4. клієнтський домашній додаток. Комплектація аналогічна клієнтській частині хмари;
5. мобільний додаток;
6. програма для контролера.

З метою ефективної роботи пропонованої системи управління розумним будинком необхідно забезпечити надійну взаємодію між хмарою і домашнім сервером, а також між віддаленими пристроями управління і хмарою.

Для забезпечення взаємодії в мережі Інтернет різних додатків і вузлів існує технологія веб-служб (веб-сервісів). Переважно застосовуються два способи реалізації веб-служб: протокол SOAP і архітектурний стиль REST. SOAP є протоколом обміну структурованими повідомленнями в форматі XML в розподіленому обчислювальному середовищі. REST є архітектурним стилем, при якому взаємодія компонентів розподіленого додатку в мережі Інтернет здійснюється засобом HTTP-запитів (в основному GET або POST). Для позначення веб-сервісів, реалізованих з використанням HTTP і принципів REST, застосовується термін «веб-сервіс RESTful». Стиль REST в порівнянні з протоколом SOAP має цілу низку переваг, головні з яких наступні.

Кешування. Для запити даних в REST-архітектурі використовуються GET-запити. В цьому випадку ресурси, які повертаються у відповідь на запит GET, можна кешувати безліччю різних способів, що збільшує швидкість і масштабованість.

Функціональна сумісність. Для деяких мов і середовищ досі немає інструментальних засобів SOAP. Для REST потрібно тільки доступність бібліотеки HTTP для більшості операцій. Вбудовування REST-сервісів в Інтернет-сервіс - відносно простий процес в порівнянні із зусиллями, необхідними для розгортання інфраструктури та коду з метою підтримання SOAP-комунікацій.

Час обробки запитів в архітектурі REST набагато менший, ніж при обробці повідомлень, переданих через SOAP, відповідно при передачі великих обсягів даних зростає енергоефективність системи розумного будинку.

Як вже було сказано, REST-архітектура – це здійснення HTTP-запитів. Два основних HTTP-запити - це GET і POST.

Метод GET призначений для отримання ресурсу з зазначеним URL. Отримавши запит GET, сервер повинен прочитати зазначений ресурс і включити код ресурсу до складу відповіді клієнту. URL ресурсу може вказувати на виконуваний код програми, який при дотриманні визначених умов повинен бути запущений на сервері. У цьому випадку клієнтові повертаються дані, згенеровані в процесі виконання коду.

Метод POST призначений для передачі даних на сервер.

В даному випадку запит GET буде використовуватися для запиту даних про стан пристроїв, що входять в систему розумного будинку. В свою чергу, передача керуючих команд буде здійснюватися за допомогою POST-запиту.

Для передачі даних через HTTP-запити і отримання відповіді необхідний легкий і зручний формат обміну даними. Як правило, передача даних в веб-службах здійснюється в одному з текстових форматів: XML і JSON. Встановлено, що передача даних в форматі JSON здійснюється набагато швидше, ніж в форматі XML. Крім того, дані, представлені в форматі JSON, набагато легше обробляти. Також в більшості сучасних мов програмування є підтримка цього формату. JSON-текст представляється в одній з двох структур: об'єкт - неупорядкований набір пар ключ/значення, масив - упорядкована колекція значень.

Таким чином, для організації взаємодії хмарного і домашнього серверів і мобільних пристроїв управління використано RESTful веб-сервіс, де запити і передача даних будуть здійснюватися в форматі JSON через HTTP-запити.

Алгоритм віддаленого керування розумним будинком має такий вигляд.

1. Встановлення з'єднання з хмарним сервісом з мобільного або веб-додатку.
2. Авторизація користувача на хмарному сервісі. Відкриття сесії.
3. Перевірка підключення системи розумного будинку до хмарного сервісу.
4. Завантаження графічного інтерфейсу для управління розумним будинком.
5. Відправлення запиту на хмарний сервер про стан систем розумного будинку (отримання даних з датчиків і передача інформації про стан керованих пристроїв). Запит про стан систем здійснюється протягом всієї сесії. В залежності від типів відслідковуються параметрів встановлюють різний час для різних систем. Наприклад, дані з температурних датчиків можна запитувати раз в 30 хвилин, а дані про стан світильників - раз в декілька секунд.
6. Відправка команди для керування пристроями, що входять в систему розумного будинку. Отримання відповіді про виконання команди.
7. Протоколювання подій на хмарному сервері при кожному запиті.
8. Закриття сесії.

## РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ В'ЯЗКІСНО-ТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАФТОПРОДУКТІВ

*А.О. Яцушак, Н.Б. Клочко*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
м. Івано-Франківськ, 76019*

В'язкість є одним з найважливіших показників якості мастил. За в'язкістю оцінюють придатність масла для даного двигуна в залежності від конструкції, технічного стану, сезонності, умов експлуатації та ін. Від в'язкості масла залежить величина втрат потужності на тертя, надійність роботи деталей, легкість запуску двигуна, охолодження деталей, видалення продуктів зносу з зони тертя, витрата палива тощо [1]. Відповідно актуальним залишається питання розроблення інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) контролю в'язкісно-температурних властивостей нафтопродуктів.

Відповідно до результатів експериментальних досліджень в'язкість рідини значною мірою залежить від температури, тому для правильної оцінки в'язкості слід або термостатувати первинний перетворювач [2], або ж здійснювати вимірювання температури досліджуваної речовини. Для визначення в'язкості при заданій температурі для багатьох паливно-мастильних матеріалів використовують рівняння Вальтера. При чому похибка апроксимації в'язкісно-температурної залежності мастил по формулі Вальтера менша 1,5%. Це рівняння об'єктивно використовувати при можливості одночасного вимірювання в'язкості при двох значеннях температури, а вимірювання в'язкості при трьох і більше значеннях температури – із застосуванням сталих.

В основі запропонованої інформаційно-вимірювальної системи контролю в'язкісно-температурних властивостей лежить гідродинамічний метод вимірювання в'язкості. До системи входять два дросельних мостових перетворювачів (ДМП). Кожен ДМП складається з турбулентних та ламінарних дроселей, котрі з'єднані в схему гідравлічного моста. Встановлено, що, враховуючи різний характер залежності втрат тиску на ламінарних і турбулентних дроселях від об'ємної витрати рідини через них, в момент рівноваги гідравлічної мостової схеми, по величині витрати  $Q$ , котра зрівноважує ДМП, можна визначити кінематичну в'язкість  $\nu$  рідини [3]:

$$\nu = K \cdot Q, \quad (1)$$

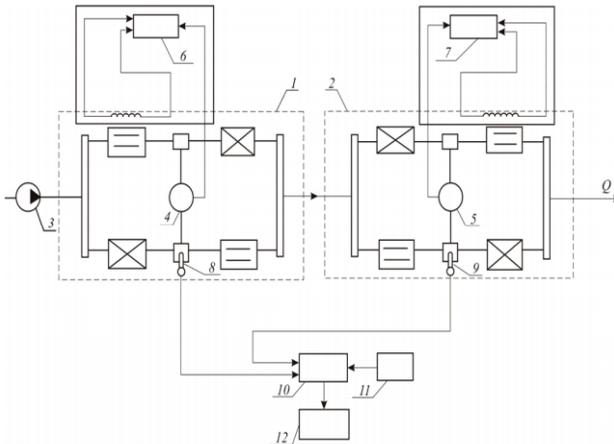
де  $K$  - конструктивний коефіцієнт перетворення.

Конструктивний коефіцієнт перетворення ДМП можна визначити експериментально, або розрахувати на основі виразу:

$$K = \frac{d_A^4 - 2\alpha^2 m d_T^4}{32\pi d_T^4 \alpha^2 l}, \quad (2)$$

де  $d_A, l$  - внутрішній діаметр і довжина ламінарного дроселя,  $d_T, \alpha$  - внутрішній діаметр і коефіцієнт витрати турбулентного дроселя;  $m$  - поправка Гагенбаха.

З метою спрощення технічної реалізації ІВС (рис.1) застосовується генератор постійної витрати рідини, а два ДМП проєктуються з різними коефіцієнтами перетворення  $K_1$  і  $K_2$  і шляхом використання відмінних за конструктивними розмірами двох пар ламінарних і турбулентних дроселів.



1,2 – дросельний мостовий перетворювач; 3 – задавач постійної витрати; 4,5 – нуль-індикатор; 6,7 – регулятори температури; 8,9 – термометри; 10 – обчислювальний пристрій; 11 – задавач; 12 – вторинний прилад

**Рисунок 1 – Функціональна схема ІВС контролю в'язкісно-температурних характеристик рідин**

Масило прокачується послідовно через два ДМП з різними коефіцієнтами перетворення  $K_1$  і  $K_2$ , за допомогою задавача постійної витрати. При підтримуванні постійної витрати  $Q$ , стан рівноваги першого ДМП досягається при значенні кінематичної в'язкості  $\nu_1$ , а другого – відповідно при значенні в'язкості  $\nu_2$ . Рівновага мостових гідравлічних схем фіксується нуль-індикаторами, в якості яких використовуються дифманометри. При відхиленні кінематичної в'язкості від заданих значень  $\nu_1$  та  $\nu_2$ , рівновага гідравлічних мостових схем порушується і вихідні сигнали нуль-індикатора поступають на регулятори температури. Регулятори температури змінюють нагрів мастила до моменту досягнення рівноваги мостової гідравлічної схеми, відповідно першого і другого ДМП. Значення температури мастила в кожному ДМП безперервно вимірюється термометрами. Вихідні сигнали з термометрів поступають на обчислювальний пристрій, в якому за певною залежністю, наприклад, по формулі Вальтера здійснюється розрахунок значення кінематичної в'язкості  $\nu_i$  при заданій температурі приведення  $T$ , яка задається задавачем. Результат розрахунків реєструється вторинним приладом.

У запропонованій ІВС в'язкість мастила стабілізується з високою точністю і є величиною наперед відомою для кожного з двох ДМП, а вимірювання температури зрівноваження гідравлічних мостових схем можна здійснювати стандартними термометрами з похибкою не більше 0,1%, що дозволяє на

подальше на основі прямих вимірювань з достатньо високою точністю розраховувати значення кінематичної в'язкості для заданих температур, а також визначати індекс в'язкості мастил.

#### Літературні джерела

1 Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Книга 1/ Упор. В.Я.Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 500с. 2. Древецкий В.В., Яцук А.П., Горейко А.С. Анализатор кинематической вязкости. – Ровно: Облполиграфиздат, 1980. – 4 с. 3. Белянин Б.В., Эрик В.Н. Технический анализ нефтепродуктов и газа. – Л: Химия, 1979. – 412 с.

УДК 614

## МЕТРОЛОГІЙНИЙ АНАЛІЗ СПІРОГРАФІЧНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗІ ЕНТРОПІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА

*О. В. Піндус, С. А. Чеховський, Н. М. Піндус*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, м. Івано-Франківськ, Україна,  
natalyapindus@gmail.com*

Спірографічний метод застосовується у комплексному обстеженні пацієнтів на захворювання бронхо-легеневої системи та вивчення функції зовнішнього дихання, що дозволяє верифікувати клінічний діагноз, певною мірою спрогнозувати перебіг патологічного процесу при дослідженні легенів у пацієнтів, які перенесли COVID-19.

Спірографія - метод графічного запису змін легеневих об'ємів при виконанні дихальних рухів і проб. Спірографія вимірює показники, які описують стан легень, характеризують пружні властивості легень і грудної стінки, дає змогу визначити кількість повітря під час вдиху і видиху за одиницю часу. Показники визначають у режимі спокійного дихання, а деякі - при проведенні форсованих дихальних маневрів. Це клінічно важливе дослідження, що дозволяє визначити тип і ступінь легеневої недостатності.

Комплекс спірографічний типу «Спіроком», призначений для: вимірювання миттєвого потоку і об'єму повітря, що вдихається і видихається пацієнтом, вимірювання часових інтервалів, що характеризують динаміку дихання людини, розрахунок спірографічних індикаторів людини, відображення вимірюваної та розрахованої інформації на екрані ПЕОМ.

Комплекс має функції реєстрації і автоматичної обробки сигналів під час наступних маневрів: спокійне дихання, визначення здатності легень, примусова інгаляція і видиху, максимальна вентиляція; запис будь-якої кількості зразків з зупинкою після встановлення часу; розрахунок набору стандартних спірографічних індикаторів; порівняння результатів з відповідними нормами віку та статі; автоматичне формування звіту.

Проведено розрахунок похибки каналу для вимірювання перепаду тиску при проходженні повітряного потоку та визначення стану системи зовнішнього дихання людини форсованої проби. Вимірний канал оснащено датчиком тиску (манометр диференційний), діапазон показів об'ємної витрати повітря від 0,01 до 16,0 л/с, діапазон вимірювань об'ємної витрати повітря від 0,2 до 16,0  $\text{дм}^3/\text{с}$ ., діапазон вимірювань часових інтервалів від 0,1 до 60,0 с, границі відносної похибки вимірювання об'ємної витрати повітря і об'єму повітря: 5%-в діапазоні вимірювань від 0,4 л/с до 2 л/с. і 3%-в діапазоні вимірювань від 2 л/с до 16,0 л/с, розрядність АЦП -16.

При розрахунку результуючої похибки вимірних каналу кожній із складових похибки було обґрунтовано приписано відповідний закон розподілу, знайдено середньоквадратичне відхилення та розділено похибки на адитивні і мультиплікативні.

Для усунення впливу деформації форми законів розподілу при сумуванні похибок всі складові, що сумуються представляються своїми СКВ та законами розподілу. В результаті сумування СКВ вихідних складових отримують СКВ, відповідно адитивної і мультиплікативної складових результуючої похибки.

Вибір методу сумування залежав від наявності кореляції. В даному вимірювальному каналі перепаду тиску повітряного потоку, що проходить через дихальні трубки з діафрагмою, при диханні людини вихідний сигнал диференційного датчика буде містити інформацію про напрям і швидкість повітряного потоку в трубці, тобто, містити дані про стан зовнішньої системи дихання людини. Досліджено джерела похибок, результуючу похибку розраховано як геометричне сумування всіх складових.

Ентропійне значення похибки вимірювального каналу спірографічного комплексу:  $\gamma_p = k_p \times \sigma_p = 2,066 \cdot 0,23 = 0,43\%$ . Визначено закон розподілу сумарної похибки та розраховано довірчу ймовірність  $P = 0,899 + 0,1818/3,4 = 0,95$ .

Отже, розраховано ентропійну похибку, що становить  $\gamma_p = 0,43\%$  при  $P=0,95$ .

#### Літературні джерела

1 Кісіль І. С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.- Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 400 с.

2 ДСТУ 3798-1998(EU 601-1-88) Вироби медичні електричні. Частина 1. Загальні вимоги безпеки.

УДК

**ВИМІРЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ В МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ***А.А. Ткачук, Ю.В. Мороз**Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна, a.tkachuk@lntu.edu.ua*

Під час експлуатації цифрових систем передачі даних одним з найважливіших завдань є синхронізація мереж та забезпечення їх стабільності. Оцінку стану системи синхронізації здійснюють із застосуванням спеціального параметра – джітера. Джітером або фазовим тремтінням називається фазова модуляція прийнятого сигналу. Внаслідок різних причин, частота сигналу може змінюватися, тому її характеризують середнім значенням  $f_{cp}$  та девіацією  $\Delta f$ . Знаючи значення періоду зміни частоти, можна визначити величину частоти джітера –  $f_d$ . Якщо  $f_d \geq 10$  Гц цей параметр називають джітер, а якщо  $f_d < 10$  Гц – вандер.

Джітер і вандер виникають внаслідок різних причин і здійснюють вплив на роботу систем зв'язку. Джітер може оцінюватися в параметрах фази або в параметрах частоти, через те, що параметри частоти і фази пов'язані між собою, то обидва підходи можна вважати еквівалентними. Термін частота для визначення джітера є більш практичним. Він зручніший для застосування на практиці, так як безпосередньо фазу сигналу визначити неможливо і тому попередньо її потрібно перетворити в період або амплітуду. Якщо визначати джітер в параметрах частоти, то його параметрами стають амплітудою і частотою джітера. Амплітуда джітера вимірюється в абсолютних або в відносних одиницях часу (мікросекундах). Відносною одиницею називається одиничний інтервал UI (Unit Interval), який являє собою час, необхідний для передачі одного біта інформації при заданій швидкості передачі:

$$J = T_d = 1 / f_d, [\text{мкс}],$$

$$J = fT = f / f_d, [\text{UI}].$$

Найчастіше використовуються відносні одиниці. Для швидкості передачі даних 64 Кбіт/с значення UI = 17,6 мкс, а для швидкості передачі даних 2048 Кбіт/с значення UI = 488 нс.

Поява джітера у сигналі приводить до того, що внаслідок нерівномірної дискретизації відновлений сигнал може бути спотворений. У цифровому потоці, в разі відхилень в синхронізації, при регенерації відбувається тремтіння діаграми ширококутового доступу, і внаслідок цього знижується граничний рівень шумів, з'являються бітові помилки.

Вплив вандера полягає в появі блукань. На виході асинхронних мультимплексорів сигнал, що надходить в комутаційну станцію, потрапляє в

приймальний буфер. Останній в разі збою синхронізації може періодично переповнюватися, внаслідок чого з'являються «прослизання».

Методологія вимірювання джітера, яку використовують в умовах експлуатації, передбачає проведення двох замірів, які розрізняються шириною смуги пропускання. Визначають низькочастотний і високочастотний компоненти джітера.

У системах передачі вимірюють:

- вихідний джітер - джітер системи передачі (Jitter),
- вхідний джітер - гранично допустиме значення джітера MTJ (Maximum Tolerable Jitter),
- передавальна характеристика джітера JTF (Jitter Transfer Function).

Джітером системи передачі називається рівень джітера на виході системи передачі, за умови, що на вхід системи надходить сигнал без джітера.

Норма на джітер вказується у вигляді «маски», відповідно до якої джітер повинен перебувати в її межах. Значення амплітуд і частот джітера визначається типом тракту. Для вимірювання джітера використовується сигнал реального трафіку, або спеціальний вимірювальний сигнал. В якості вимірювального сигналу може використовуватися сигнал з псевдовипадковою послідовністю. Використання сигналу з псевдовипадковою послідовністю передбачає проведення вимірювань з відключенням каналу, що дозволяє проводити одночасні вимірювання джітера і параметрів помилок мережі.

Сигнал реального навантаження використовується при експлуатаційному моніторингу. У цьому випадку генератор псевдовипадкової послідовності не вносить власний джітер в схему вимірювання. Сигнал на виході мережевого стику піддається демодуляції та фільтрації джітера і вимірюванню дійсного ефективного значення або істинного синусоїдального значення амплітуди джітера в певному часовому інтервалі. Основну похибку при вимірюваннях власного джітера вносить сам вимірювальний прилад. З огляду на це необхідно, щоб сам аналізатор мав низький рівень власного джітера (приблизно  $1n \cdot UI$ ).

Вандером називається зміна частоти сигналу з періодом більше 0,1 с. Вандер викликає переповнення буферів приймальних пристроїв, що призводить до появи блукань. У тому випадку, якщо значення частоти запису в буфер буде більше частоти зчитування, то буфер буде поступово заповнюватися. Це призведе до втрати інформації (виникає позитивне блукання). Для систем передачі характерне використання структурованих сигналів у вигляді циклів або кадрів. Наявність блукань для таких структур призводить до втрати циклової синхронізації. Для боротьби з блуканнями використовуються еластичні буфери. При збільшенні швидкості запису буфер починає заповнюватися протягом півперіоду вандера. При значній величині буфера вплив вандера компенсується. Для оцінки величини вандера використовується аналіз еквівалентних бітових блукань в перерахунку на 1 біт буфера.

## ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ВОЛЬТАМПЕРМЕТРА

Ю.О. Махович

ІФНТУНГ вул. Карпатська, 15 м. Івано-Франківськ, Україна, 76019  
uramakhovych@gmail.com

Вимірювання основних електричних параметрів як то напруга чи струм є невід’ємною частиною практично будь-яких цифрових вимірювальних комплексів. Актуально є збереження достовірності вимірювань але водночас потрібно зберегти баланс між точністю вимірювання та кінцевою ціною приладу. Метою цієї роботи є проектування приладу для вимірювання постійних значень напруги та струму у межах від 0 до 30 вольт та від 0 до 10 ампер.

Для вимірювання постійних значень напруги та струму використовують відповідні прилади, для напруги – вольтметр а для струму відповідно амперметр. Вольтметри безпосередньої оцінки це електромеханічні прилади різних вимірювальних систем (електромагнітні, магнітоелектричні та ін.) до їх недоліків можна віднести низький вхідний опір, малу роздільну здатність, невисоку точність. У цифрових вольтметрах як вимірювальна частина використовується аналогово-цифровий пристрій (АЦП), а як індикатор – цифропоказуючий пристрій (дисплей). Такі пристрої мають високий вхідний опір  $R_{вх} > 10 \text{ МОМ}$  і високу роздільну здатність, яка визначається числом знаків після коми на пристрої індикації. Цифрові вольтметри можуть бути реалізовані за схемою прямого перетворення (час-імпульсний АЦП), врівноважуючого перетворення або за схемою інтегруючого вольтметра. Клас точності таких приладів може складати 0,01 – 0,05, а швидкість вимірювань до 10000 вим./с.

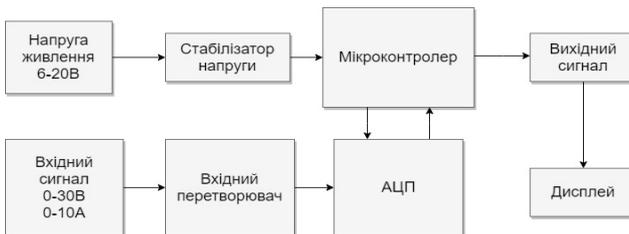


Рисунок 1 - Блок-схема розробленого вольтамперметра

Під час виконання роботи було розроблено блок схему приладу (рис. 1), у якій вхідний сигнал потрапляє на вхідний перетворювач, який адаптує вхідний сигнал придатний для вимірювання, після чого, він потрапляє до АЦП, де сигнал із аналогового перетворюється у цифровий сигнал, який уже потрапляє до мікроконтролера. У свою чергу мікроконтролер зчитує із АЦП цифровий сигнал, перетворює його у десяткове значення, та генерує відповідні команди, які надходять до дисплея. Увесь пристрій живиться від стабілізатора напруги,

який зменшує напругу живлення до 5 та 3.3 вольт.

На сайті виробника ST Microelectronic у розділі моделей мікроконтролерів було проведене дослідження актуальних моделей. У розробленому приладі використовується мікроконтролер STM32F103C8T6, оскільки він має оптимальне співвідношення ціни та функціональних можливостей. Основні характеристики даного мікроконтролера: ядро: ARM Cortex M3, тактова частота: 72 МГц, розрядність 32 біт, розмір ПЗУ 64 кБ, розмір ОЗУ 20 кБ.

У розробленому пристрої використовується АЦП ADS1115, це 16-ти бітне АЦП яке має 4 вхідних канали, вбудований програмований підсилювач сигналу, та можливість диференційного заміру напруги (різниця напруги між 2-ма входами). Це АЦП підключається до мікроконтролера через протокол I<sup>2</sup>C, що забезпечує достатньо швидке та водночас просте під'єднання.

Оскільки вихідним сигналом розробленого пристрою є двійкові команди для графічного дисплея, який тільки відображає інформацію, ніяк її не змінюючи, то основним джерелом похибки у розробленому пристрої є АЦП а саме його похибка квантування, максимальне значення якої розраховується так:

$$\delta_g = \theta = \frac{U}{2^N - 1}, \quad (1)$$

де  $\theta$  – ширина квантування, яка дорівнює роздільній здатності у вольтгах;  $U$  максимальне значення напруги перетворення в АЦП;  $N$  – розрядність АЦП.

Але, у нашому випадку найстарший розряд у АЦП використовується для відображення знаку напруги, то реальна кількість біт яка бере участь у вимірювання буде  $N = 15$ . Також оскільки використовується вхідний перетворювач, який пропорційно знижує вхідну напругу, то  $U$  прийемо за максимальну вхідну напругу  $U = 30\text{В}$ . Тоді похибка квантування АЦП у пристрої буде становити:

$$\delta_g = \theta = \frac{30}{2^{15} - 1} = 0,9155 \times 10^{-3} \text{ В}. \quad (2)$$

**Висновок.** При розробці даного вимірювального пристрою було проаналізовано актуальну на сьогоднішній день елементу базу мікроконтролерів та АЦП. Було обрано мікроконтролер STM32F103C8T6 та АЦП ADS1115, що дозволило розробити достатньо точний та відносно не дорогий вольтамперметр.

#### Літературні джерела

1 Метрологія та вимірювальна техніка: підруч. для студ. вищих навч. закл. / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, В.О.Яцук [та ін.] – Львів: Бескид Біт, 2003. – 544 с.

2 STM32 MCUs URL: [www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-mainstream-mcus.html](http://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-mainstream-mcus.html) (Дата звернення 28.09.2020)

3 ADS1115 URL: [www.ti.com/product/ADS1115](http://www.ti.com/product/ADS1115) (Дата звернення 28.09.2020).

## РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕОГРАФІЧНИХ АРТЕФАКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРФЕЙСУ ГЕОДАНИХ ТА МОБІЛЬНОЇ ОС ІОS

*Гандрибіда В. О.*

*Вінницький національний технічний університет*

Геоінформаційні системи (ГІС) є відносно новим, сучасним технічним засобом об'єднання та аналізу різноманітної інформації.

Завдяки широкому застосуванню ГІС в усіх сферах професійної та громадської діяльності зростає роль географічної інформації як багатогалузевого та загальносуспільного предмета споживання [1].

Сучасні тенденції інформатизації в багатьох сферах суспільної діяльності не обминули і сферу туризму. Геоінформаційні технології (ГІТ), що мають справу з географічно координованою інформацією надають широкі можливості аналізу інформації про туристичні географічні артефакти та представлення їх у зручному для користувача вигляді: карт, атласів, тощо.

Міжнародний досвід засвідчує, що популярними серед значної кількості туристів стали географічні артефакти – туристичні об'єкти сучасності, створені майстрами різножанрового мистецтва з використанням найоригінальніших матеріалів. Окрім того, значна кількість туристичних артефактів не позбавлена цікавих вигаданих історій, тому сподіваючись на здійснення власних мрій та бажань, сучасний турист прагне відвідати їх.

Накопичення, редагування та обробка інформації в умовах сучасності неможливі без використання комп'ютерної техніки та сучасних програмних засобів. Геоінформаційні системи дозволяють здійснювати обробку даних з урахуванням їх просторової прив'язки.

Найбільшу кількість інформації користувачі отримують саме через мобільні пристрої. Тому інтеграція ГІС в мобільний додаток є актуальним завданням. Існує декілька мобільних систем, але тільки iOS дає велику кількість зручних фреймворків для швидкої розробки додатків. Також в iOS є фреймворк MapKit який є системним, що спрощує налаштування та роботу з ним.

### **Основні етапи проектування ГІС**

Застосування ГІС для вирішення різних завдань, у різних організаційних схемах і з різними вимогами, обумовлює різні підходи до процесу проектування ГІС[2].

Виділяють п'ять основних етапів процесу проектування ГІС.

1. Аналіз системи прийняття рішень. Процес починається з визначення всіх типів рішень, для прийняття яких потрібна інформація. Повинні бути враховані потреби кожного рівня і функціональної сфери.

2. Аналіз інформаційних вимог. Визначається, який тип інформації потрібен для прийняття кожного рішення[3].

3. Агрегування рішень, тобто угруповання завдань, в яких для прийняття рішень потрібна одна і та ж інформація.

4. Проектування процесу обробки інформації. На даному етапі розробляється реальна система збору, зберігання, передачі та модифікації інформації. Мають бути враховані можливості персоналу по використанню обчислювальної техніки.

5. Проектування та контроль над системою. Найважливіший етап - це створення і втілення системи. Оцінюється працездатність системи з різних позицій, при необхідності здійснюється коригування. Будь-яка система буде мати недоліки, і тому її необхідно робити гнучкою.

Геоінформаційні технології покликані автоматизувати трудомісткі операції, які раніше вимагали великих часових, енергетичних, психологічних та інших витрат від людини. Однак різні етапи технологічного ланцюга піддаються більшому або меншому автоматизації, що значною мірою може залежати від правильної постановки вихідних завдань[4].

Насамперед, це формулювання вимог до використовуваних інформаційних продуктів і вихідних матеріалів, які отримали в результаті обробки. Тут можна віднести вимоги до роздруківки карт, таблиць, списків, документів; до пошуку документів і т.д. В результаті має бути створений документ з умовною назвою «Загальний список вхідних даних».

Наступний крок - визначення пріоритетів, черговості створення та основних параметрів (територіального охоплення, функціонального охоплення та обсягу даних) створюваної системи. Далі встановлюють вимоги до даних, які використовуються з урахуванням максимальних можливостей їх застосування.

Розробка програмної оболонки ГІС складається з шести основних етапів:

1. Аналіз вимог, що пред'являються до ГІС.
2. Визначення специфікацій.
3. Проектування системи.
4. Кодування.
5. Тестування.
6. Експлуатація та обслуговування.

В аналіз включаються такі питання, як: час обробки інформації, вартість обробки, ймовірність помилки та ін. Також аналізуються проблеми як технологічного, так і концептуального характеру. На даному етапі необхідно визначити основні поняття, об'єкти і процедури обробки інформації, які будуть лежати в основі ГІС.

На етапі визначення специфікацій здійснюється точний опис функцій системи, задається структура вхідних і вихідних даних, вирішується комплекс питань, що мають відношення до структури файлів, організації доступу до даних, їх оновлення та видалення.

На етапі проектування розробляються алгоритми, що задаються специфікаціями і формується загальна структура інформаційної системи. При цьому для кожного певного модуля системи повинні бути сформульовані вимоги до нього: реалізовані функції, розміри модулів, час виконання та ін.

При реалізації етапу кодування використовуються алгоритмічні мови високого рівня, методи структурного та об'єктно-орієнтованого програмування.

У процесі тестування використовуються дані, характерні для системи в робочому стані. План проведення випробувань повинен бути складений заздалегідь, а більшу частину тестових даних слід визначити на етапі проектування системи. Витрати на тестування складають половину всіх витрат на створення системи.

### **Висновки**

У ході розробки методів і програмного забезпечення візуалізації географічних артефактів визначено необхідність створення ГІС, проаналізовано та визначено основні задачі геоінформаційної системи й можливостей її застосування. Визначено основні етапи при розробці та проектуванні ГІС, для кожного етапу зроблено опис дій які необхідно виконати під час нього. Визначено особливості процесу створення та принципів побудови ГІС.

### **Список використаної літератури**

- 1 Ладичук Д.О., Пічура В.І. Бази даних геоінформаційних систем – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – с.
- 2 Світличний О.О. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг . ред. О.О. Світличного . - Сум и : ВТД «Університетська книга », 2006. – 295 с.
- 3 Building a Gedatabase. — ESRI: Redlands, USA, 2003. — 460 p.
- 4 Mitchell A. Environmental Systems Research Institute, Inc. The ESRI Guide to GIS Analysis. V.1 : Geographic Patterns and Relationships: Redlands, USA, 1999. — 186 p.

УДК 006.015.5; 621.317

## **МЕТРОЛОГІЧНА ПЕРЕВІРКА ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ**

*Т. І. Федішин, Т.З. Бубела*

*Національний університет "Львівська політехніка" Львів, Львівська область, вулиця Степана Бандери, 12, 79000, tetiana.i.fedyshyn@lpnu.ua*

Ключовою компонентою кібер-фізичної системи є підсистеми збирання інформації, які активно починають впроваджуватись у різні сфери людської діяльності, в тому числі і в агровиробництво. Спостереження за станом ґрунтів необхідне з метою запобігання або усунення дії негативних процесів. Тому потенційними можливостями пропонуваної в роботі структури є функції контролю, діагностики, розпізнавання образів, автоматичного керування технологічними процесами агровиробництва. Основним завданням пропонуваної КФС є забезпечити оптимальний перебіг технологічного процесу [1], що є запорукою підвищення ефективності агропромислового комплексу та має прямий вплив на якість життя населення регіону. Авторами було створено

підсистему, яка даватиме можливість в режимі реального часу вимірювати основні параметри ґрунту та формувати відповідні рішення про подальші дії.

З метою створення програми верифікації (метрологічної атестації) запропонованої підсистеми були поставлені основні завдання:

- визначення номенклатури і значень метрологічних характеристик вимірювальних каналів підсистеми;
- визначення номенклатури і значень нормованих характеристик точності випробувального обладнання;
- встановлення відповідності метрологічних характеристик і нормованих метрологічних характеристик до вимог технічного завдання на розроблення, або стандартів;
- встановлення періодичності метрологічного підтвердження підсистеми збору інформації;
- перевірка правильності вибору методів та засобів калібрування та верифікації;
- перевірка методик калібрування та верифікації;
- встановлення придатності системи для застосування.

Виокремлено наступні розділи програми верифікації [2], а саме:

1. Загальні положення.
2. Загальні вимоги до вимірювальних каналів.
3. Еталонні та допоміжні засоби вимірювальної техніки.
4. Експериментальні дослідження вимірювальних каналів.
5. Методика проведення верифікації.
6. Аналіз результатів верифікації.
7. Висновки.

Важливе місце у програмі верифікації займає планування та проведення експериментальних досліджень підсистеми. Тому на цьому етапі необхідним є:

1. Встановлення обсягу репрезентативної вибірки вимірювальних каналів.
2. Визначення кількості досліджуваних точок з діапазону вимірювань та спосіб апроксимації результатів вимірювань.
3. Визначення кількості спостережень в досліджуваних точках з діапазону вимірювань.
4. Встановлення вимог до режимів вимірювань і їх послідовності в часі.
5. Аналіз вибраних еталонних засобів і допоміжних пристроїв.
6. Встановлення початкових даних і умов для визначення похибок вимірювальних каналів.
7. Аналітичне зображення похибки вимірювальних каналів в нормальних умовах.
8. Аналітичне зображення похибки вимірювальних каналів в робочих умовах.
9. Визначення похибки вимірювальних каналів в нормальних умовах.
10. Визначення похибки вимірювальних каналів в робочих умовах.
11. Отримання і опрацювання результатів спостережень.
12. Перевірка методики калібрування вимірювальних каналів.

13. Встановлення періодичності метрологічного підтвердження вимірювальних каналів.

14. Зауваження і пропозиції за результатами експериментальних досліджень.

Оцінювання підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу агровиробництва здійснювалось на основі початкових даних:

- діапазон вимірювання температури [12 - 30] °C;
- нормоване значення точності згідно з конструкторською документацією: =  $\pm 0,045$  °C;
- допустиме значення похибки вимірювань  $= \pm 0,033$  °C;
- кількість досліджуваних вимірювальних каналів (ВК)  $N=100$ ;
- середній термін експлуатації ВК  $\tau = 10\ 000$  год;
- допустиме значення похибки визначення часу настання метрологічної відмови  $\Delta t = 360$  год;
- довірна ймовірність  $P(t)=0,95$ .

Визначено обсяг репрезентативної вибірки для аналізу підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу агровиробництва, для розрахунку якого встановлено

- кількість ВК, які призначені для вимірювання температури – 100;
- похибку репрезентативності  $\epsilon = 10\%$ ;
- довірчу ймовірність  $P=0,95$ ;
- $t = 1,96$ .

Необхідна кількість ВК репрезентативної вибірки склала 40. Для встановлення міжкалібрувального інтервалу (МКІ) був використаний критерій швидкості зміни похибки. Під час його реалізації розраховано ймовірність безвідмовної роботи посередині інтервалу, яка склала 0,975.

Було здійснено оцінювання підсистеми на предмет вимірювання вологості за таких початкових даних:

- діапазон вимірювання [35-93]%;
- нормоване значення точності згідно з конструкторською документацією =  $\pm 2,0\%$ ;
- допустиме значення похибки вимірювань = 1,5%;
- кількість досліджуваних ВК  $N=100$ ;
- середній термін експлуатації ВК  $\tau = 10\ 000$  год;
- допустиме значення похибки визначення часу настання метрологічної відмови  $\Delta t=400$  год;
- довірна ймовірність  $P3(t)=0,95$ .

Обсяг вибірки  $n$  для вимірювання вологості та ймовірність безвідмовної роботи підсистеми на середині інтервалу під час вимірювання вологості дорівнює відповідним значенням[3], розрахованим для вимірювання температури. Правила визначення міжповірювальних інтервалів законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки і міжкалібрувальних інтервалів всіх інших засобів вимірювання регламентує Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», згідно з якими міжповірювальний інтервал для

запропонованої в роботі підсистеми склав 1,5 року. На сьогоднішній день переносна підсистема призначена для швидкого вимірювання вологості ґрунту в будь-якій точці поля (площею в кілька десятків квадратних метрів) та після опрацювання отриманих даних формування керуючих дій на етапах вирощування зернових. Підсистема дистанційно (за допомогою Wi-Fi модуля ESP8266) відстежує вологість та температуру ґрунту в режимі реального часу. Дані передаються через базову станцію в програму, яка може бути доступною як для фермерів, так і для інших зацікавлених осіб з будь-якого персонального комп'ютера, чи смартфона, підімкненого до інтернету. З метою реалізації поставлених завдань досліджено бездротові технології та застосовано їх при побудові підсистеми збору інформації. Розраховано міжповірювальний інтервал для запропонованої в роботі підсистеми, який склав 1,5 року.

#### Список літератури

1 Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання: ДСТУ ISO 10012:2005 (ISO 10012:2003 IDT). – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 19 с. - (Національний стандарт України).

2 Мельник А. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку / А. О. Мельник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні системи та мережі. - 2014. - № 806. - С. 154-161.

3 Бубела Т.З. Програмне забезпечення етапу збору інформації для кіберфізичної системи контролю органічного виробництва / Т.З. Бубела, Т.І. Федішин // Technical Using of Measurement – 2017: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології, 24-29 січня 2017 р., - Славське, 2017. - С. 26-28.

УДК 681.121

## **ВИВЧЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ СЕРЕДНЬОЗВАЖЕНОЇ ПОХИБКИ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

*Р. І. Гава, О. Є. Середюк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна, e-mail: zarichna@nuing.edu.ua*

Основи застосування середньозваженої похибки для оцінювання похибки побутових лічильників газу (ПЛГ) викладені в наукових дослідженнях [1]. Це передбачає визначення похибки тільки за результатами визначення метрологічних характеристик на витратах, які вказані в нормативних документах України і міжнародних стандартах. Такий підхід стосується побутових лічильників, для яких здійснюється оцінювання відповідності або здійснюються приймальні випробування на заводі-виробнику. Він передбачає визначення похибки на шести витратах.

Однак цей вище наведений алгоритм не враховує вплив на середньозважену похибку умов експлуатації ПЛГ. Це стосується того, що тут не відображений об'єм, який виміряв лічильник в міжповірочний період, а також не враховано відповідна кількість ПЛГ, які відрізняються отриманою похибкою при повірці. Тому доцільним є проведення опрацювання результатів статистичних досліджень з врахуванням трьох факторів: виміряного об'єму, похибки і кількості лічильників, які характеризуються певними діапазонами похибок.

Для аналізу були сформовані вибірки для лічильників типу GALLUS G4, які були повірені на установці ПАТ «Івано-Франківськгаз» впродовж 2017 року. При цьому була здійснена фільтрація лічильників, які виміряли в міжповірочний період об'єм газу, який стосувався таких чотирьох діапазонів: 0-10 тис. м<sup>3</sup>, 10-20 тис. м<sup>3</sup>, 20-30 тис. м<sup>3</sup>, 30-40 тис. м<sup>3</sup>. Одночасно також була здійснена фільтрація по таких діапазонах похибок ПЛГ при мінімальній витраті: 0...+3, 0...-3, -3...-6, -6...-10, -10...-20, -20...-30, більше -30, а також окремо таких, які були повністю непридатними, наприклад, не працював відліковий пристрій.

За результатами експериментальних даних було обчислено середньозважені похибки лічильників ПЛГ за формулою:

$$\delta_{\text{ср}} = \sum \delta_{\text{ср}i} \cdot y_i \quad (1)$$

де  $\delta_{\text{ср}i}$  - статистично визначене середнє значення похибки для  $i$ -ої витрати окремої вибірки ПЛГ, яка стосується окремо кожного із вказаних вимірних об'ємів газу,

$y_i$  - відносна кількість ПЛГ, які характеризуються похибкою  $\delta_{\text{ср}i}$ .

Ця формула була конкретизована для трьох випадків її обчислення

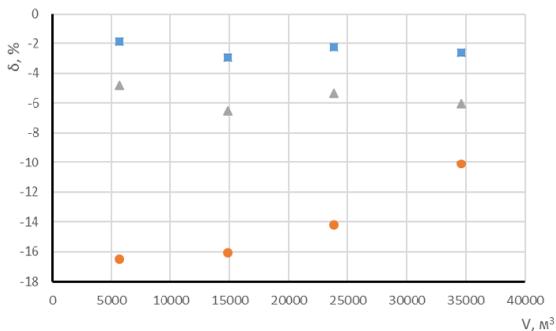
- перший стосувався трьох діапазонів похибок придатних лічильників в межах від +3% до -6%
- другий стосувався чотирьох діапазонів похибок непридатних лічильників з похибкою від -6% до -30%
- третій стосується середньозваженої похибки лічильників, яка знаходиться в межах від +3% до -30%

Такий підхід дозволяє оцінювати закономірності і методичні підходи стосовно визначення середньозважених похибок при різному вимірному об'ємі.

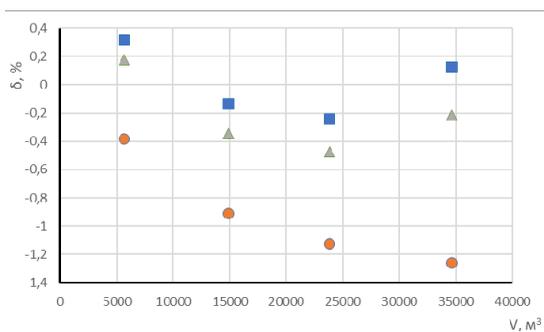
Результати обчислення похибки подані на рис. 1.

На всіх рисунках середньозважена похибка придатних ПЛГ є найменша порівняно із похибкою непридатних і для всіх повірених. Похибка непридатних лічильників є найбільшою (має від'ємний знак). А похибка стосовно всіх ПЛГ, яка позначена трикутником знаходиться між придатними і непридатними. Водночас видно різні закономірності зміни середньозваженої похибки придатних і непридатних лічильників. Наприклад, при мінімальній витраті похибка придатних не містить явно вираженої закономірності її зміни, а при витраті  $0,2q_{\text{max}}$  і  $q_{\text{max}}$  похибка має екстремальний характер, який виражається мінімальним значенням за об'ємом близько 20 тис. м<sup>3</sup>. Фізичне пояснення цього

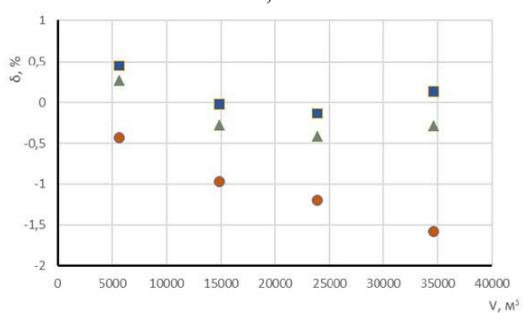
явища потребує проведення додаткових досліджень. Також такі дослідження доцільно виконати для інших моделей ПЛГ, в тому числі які виготовляються в Україні.



а)



б)



в)

**Рисунок 1 – Результати обчислень середньозваженої похибки за різних виміряних об'ємів природного газу при витратах  $q_{\min}$  (а),  $q_{\max}$  (б),  $0.2q_{\max}$  (в) для ● – неприємних; ■ – придатних; ▲ – всіх повірених ПЛГ.**

Висновок. Встановлено закономірності зміни середньозваженої похибки ПЛГ від інтенсивності експлуатації в між повірочний період, які визначаються вимірним об'ємом газу на цей період.

#### Літературні джерела

1 Лютенко Т. В., Середюк О. Є., Криницький О. С. Дослідження впливу умов експлуатації побутових лічильників газу на їх метрологічні характеристики. Приладобудування: стан і перспективи: зб. тез. доп. XVII міжнар. наук.-техн. конф., 15-16 травня 2018 р., Київ: НТУУ “КПІ” ПБФ, 2018. С. 201-202.

УДК 53.083.6

## РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР РІДИН

*А.П. Кушнір*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
м. Івано-Франківськ, 76019*

Температура – один із найважливіших параметрів хіміко-технологічних процесів. Нафтогазова промисловість характеризується широким діапазоном контрольованих температур з різноманітністю умов їх вимірювання, що пояснюється застосуванням різних методів та вимірювальних приладів [1].

Вимірювання різниці температур є актуальною темою сьогодення, оскільки використовується в багатьох сенсорних приладах: психрометричних вимірювачах вологості, термоанемометричних вимірювачах швидкості потоку газу та рідини, теплових детекторах горизонтального положення, датчиках теплового випромінювання, засобах дослідження теплоізоляційних властивостей матеріалів та вимірювачах теплової енергії в системах обігріву приміщень та ін.[2].

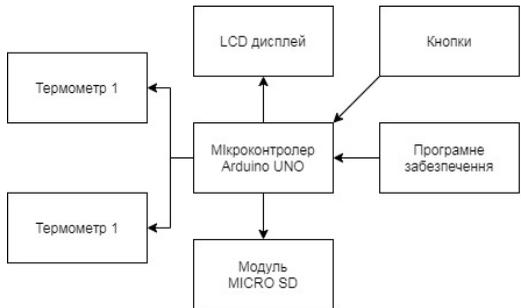
Для вимірювання різниці температур рідин використовують різні диференціальні термометри, наприклад DT51 (Weiss Instruments), HD200 (Extech Instruments), Testo (Техноком). Нажаль такі прилади є дорогими.

Згідно з цим виникає необхідність розробки інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) вимірювання різниці температур рідин на основі більш дешевої елементної бази. Розроблену функціональну схему такої ІВС зображено на рис.1.

Також проведено вибір елементної бази для побудови такої системи, а саме: мікропроцесорної платформи (Arduino UNO), LCD дисплея(LCD 1602 I2C), давачів для вимірювання температури (DS18B20) та кнопок управління.

Платформа Arduino запрограмована в середовищі Programino на мові C++.

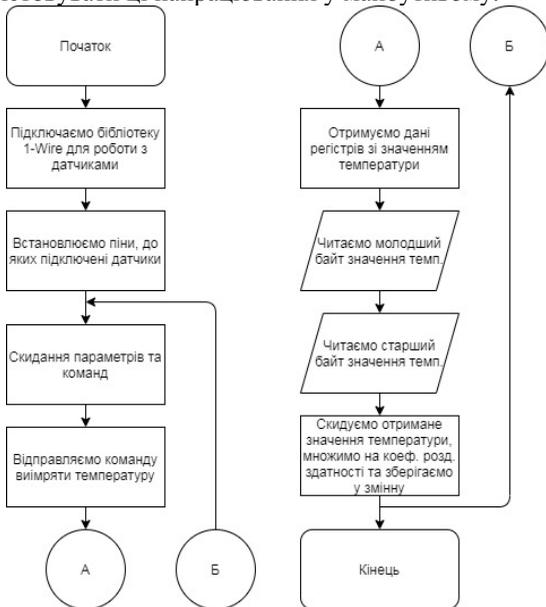
Для прикладу наведено блок-схему взаємодії Arduino UNO із датчиками DS18B20 (рис. 2).



**Рисунок 1 – Функціональна схема розроблювальної системи**

Принцип роботи наступний: вмикається дисплей, кнопками управління вибираються режими вимірювання різниці температур, з датчиків температури знімаються покази та відображаються на дисплеї. Отримані значення записуються у файл формату .txt на MicroSD карту для подальшої обробки (при необхідності) на ПК за допомогою програм Microsoft Excel чи Matlab.

Отже, в результаті проведеної роботи було побудовано функціональну, електричну принципову, блок-схему роботи та написано програмне забезпечення для ІВС вимірювання різниці температур. Адекватність розробленої електричної принципової схеми перевірено в пакеті програм для автоматизованого проектування електронних схем Proteus Design, що дає можливість використовувати ці напрацювання у майбутньому.



**Рисунок 2 - Блок-схема алгоритму взаємодії Arduino з датчиками температури DS18B20**

### Літературні джерела

1 Дорожовець М., Мотало В., Стадник Б., Василюк В., Борек Р., Ковальчик А. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: У 2 т./ Б.Стадник. Львів: Львівська Політехніка, 2005. -1529 с.

2 Мікроелектронні сенсори фізичних величин. В трьох томах / За ред. З. Ю. Готри. – Львів: Ліга-Прес, 2003, Том 2.

УДК 004.832

## **ІНФОРМАЦІЙНО НАВИГАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ КУРСОРОМ ЕКРАНУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗОРОВОГО АПАРАТУ ЛЮДИНИ**

*Шахно В.М.*

*Вінницький національний технічний університет*

### **Вступ**

На сьогоднішній день ми не можемо уявити життя без комп'ютера [1], його використовують для роботи, навчання, розваг та використовують у найрізноманітніших галузях та уже давно став невід'ємним атрибутом для кожного з нас. Однак, комп'ютер це лише кусок заліза, який є не розумнішим за таргана, він нічого не вміє сам по собі, а для того, щоб отримати користь від нього, щоб він виконав певну задачу, потрібно сказати йому про те, що ми хочемо. Та комп'ютер не розуміє людської мови, проте, він розуміє мову алгоритмів, за допомогою якої ми можемо розказати комп'ютеру, чого ми хочемо, що можна зробити за допомогою програм.

Комп'ютерна програма – це скінченна, чітко визначена послідовність дій, що вирішує задану задачу [2]. Тобто, програма, являє собою роль посередника, за допомогою якого ми використовуємо комп'ютер, його неймовірну обчислювальну потужність. Взаємодія з комп'ютером базується через програми, які у свою чергу використовують комп'ютерні ресурси. Отже, насправді, ми використовуємо комп'ютер через програми, як абстракцію, яка надає нам кращий користувацький досвід, щоб нам не доводилось взаємодіяти з комп'ютером через бінарний код чи на транзисторах.

Однією з найважливіших характеристик якісної програми є її інтерфейс [3]. Якщо програма буде виконувати бездоганно свою роботу, з неймовірною швидкістю, але нею ніхто не зможе користуватись через її незрозумілість, то вона безкорисна. Отже, можна з впевненістю сказати, що зовнішній вигляд програми є на стільки важливим як і її алгоритм вирішення задачі, що зумовлює актуальність постійної розробки та пошуку кращого рішення для користувацького інтерфейсу.

Взаємодія користувача і програми складається у форматі вхідних та вихідних даних, де користувач надає програмі за допомогою пристроїв вводу вхідні дані, а програма за допомогою пристроїв виводу повертає користувачу

результат запитуваних дій. До найпоширеніших пристроїв вводу можна віднести комп'ютерні миші та клавіатури, рідше, звук. Та бувають різні ситуації, коли людина не може використовувати перелічені пристрої вводу, по стану здоров'я чи інших випадків, проте, використання комп'ютера є вкрай важливим та необхідним. Тому пошук нових способів взаємодії з комп'ютером є актуальним.

Одним із новітніх напрямків, що набуває все більшої популярності є забезпечення інтерактивності з комп'ютером за допомогою зору.

Окулографія (ай-трекінг, відслідковування ока) – визначення координат зору (точки перетину оптичної осі очного яблука і площини об'єкта спостереження або екрана, на якому відображений певний зоровий подразнювач) [4].

Технології відслідковування руху ока використовуються у багатьох сферах: від наукових та маркетингових досліджень до спрощення взаємодії людини та комп'ютера.

На сьогоднішній день найбільш широко вживаними є ай-трекери на основі відеозапису очей [5]. Камера знімає один або обидва ока і реєструє їхні рухи, поки піддослідний розглядає візуальний стимул. Більшість сучасних пристроїв для відслідковування руху очей використовують контраст між зіницею і райдужною оболонкою, який виникає при інфрачервоному підсвічуванні. Крім того, аналізується положення відблиску інфрачервоного підсвічування, завдяки чому стає можливим визначити орієнтацію оптичної осі очного яблука.

Використовується два основних типи подібних систем:

- системи, засновані на методі яскравого зіниці;
- системи, засновані на методі темного зіниці.

Різниця між ними полягає в розташуванні джерела підсвічування щодо камери. У разі, якщо підсвічування розташоване паралельно оптичній осі камери, око працює як вторинний відбивач світла, що надходить від підсвічування і відбивається від сітківки, створюючи ефект яскравої зіниці, аналогічний ефекту червоних очей на фотографії. У разі, якщо джерело підсвічування зрушає щодо оптичної осі камери, зіниця стає чорною, оскільки вторинне відображення від сітківки не надходить в камеру. Ефект яскравої зіниці дозволяє вести ай-трекінг незалежно від кольору райдужної оболонки випробуваного. Це також дозволяє проводити відстеження очей при світлових умовах від повної темряви до високої освітленості, однак техніка яскравого ока не ефективна для відстеження руху очей в умовах вулиці, внаслідок наявності додаткових джерел інфрачервоного випромінювання.

Ай-трекінгові компанії спеціалізуються на наданні розуміння людської поведінки для цілей бізнесу та науки. Наприклад, окулографія використовується:

- як засіб комунікації для людей з обмеженими можливостями, які можуть вводити інформацію тільки за допомогою очей;
- в офтальмології, для кращого розуміння руху очей і для покращення способів запобігання, діагностування та лікування аномалій;

– для тестування юзабіліті веб-сайтів, комп'ютерних ігор, мобільних пристроїв тощо;

– в поясненні розвитку та змін у сприйнятті, когнітивних та соціальних здібностях від народження і до зрілого віку.

Актуальність даної роботи полягає у розробці програмного засобу для реалізації управління курсором за допомогою ока людини.

#### Список використаної літератури

- 1 Комп'ютер [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп%27ютер>
- 2 Комп'ютерна програма [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп%27ютерна\\_програма](https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп%27ютерна_програма)
- 3 Інтерфейс [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтерфейс>
- 4 Окулографія [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://neuropsychgroup.com/uk/eye-tracking/>
- 5 Ай-трекінг [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ай-трекінг>

УДК

## ОГЛЯД МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ ДАНИХ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖ

*В. В. Гавучак, І. З. Мануляк*

*ІФНТУНГ, м.Івано-Франківськ, Україна, vitaliihavuchak@gmail.com*

Розвиток нових технологій в останні роки і значні удосконалення інтернет-протоколів і обчислювальних систем зробили зв'язок між іншими пристроями простіше, ніж коли-небудь раніше. IoT – це поєднання вбудованих технологій дротового і бездротового зв'язку, сенсорних і виконавчих пристроїв, а також фізичних об'єктів, підключених до мережі Інтернет. Автоматизований аналіз одержуваних даних може допомогти зрозуміти раніше невідомі відносини між речами, їх середовищем і користувачами, підвищуючи ефективність і знижуючи витрати. Саме аналіз даних в реальному часі, впроваджений в фізичні системи, може забезпечити нові форми автономного управління, що в свою чергу може привести до більш якісного використання і збереження ресурсів.

Машинне навчання: методи машинного навчання, поширені методи машинного навчання, метод k-ближніх сусідів, наївний баєсів класифікатор, метод опорних векторів, лінійна регресія, випадкові ліси, K-середні, штучна нейронна мережа

Завдяки скороченню та перетворенню даних на локальному рівні, видобуток кінцевих даних може кількісно зменшити кількість пакетів, які потрібно надіслати, зменшуючи споживання енергії та потреби віддаленого зберігання.

Крім того, кінцеві дані можуть потенційно знизити ризик втрати конфіденційності особистості за допомогою вбудовування інформаційних вимог у точку зондування, обмежуючи неналежне використання.

Алгоритм навчання приймає набір вибірок в якості вхідних даних з ім'ям навчального набору. В цілому існують три основні категорії навчання: з учителем, без учителя і підкріплення. Мета навчання з учителем – навчитися передбачати відповідний вихідний вектор для даного вхідного вектору. Додатки, в яких цільової міткою є кінцеве число дискретних категорій, називаються завданнями класифікації.

Метою навчання без учителя може бути відкриття корисне внутрішнє уявлення вхідних даних шляхом попередньої обробки вихідної вхідної змінної, щоб перенести її в новий простір змінних.

Поширені методи машинного навчання:

1. У методі К-найближчих сусідів (K-nearest neighbors, KNN) мета полягає в тому, щоб класифікувати дану нову невидиму точку даних, подивившись на К-заданих точок даних в навчальному наборі, які ближче всього у вхідному або векторному просторі.

2. Наївний баєсів класифікатор

У машинному навчанні наївні класифікатори Баєса, сімейство лінійних класифікаторів, заснованих на теоремі Баєса про ймовірність, відомі для створення простих, але добре виконуються моделей, особливо в областях класифікації документів і прогнозування захворювань.

3. Метод опорних векторів (SVM) контрольований алгоритм машинного навчання, який можна використовувати і для задач класифікації або регресії. Однак він в основному використовується в задачах класифікації.

4. Лінійна регресія кількісно визначає зв'язок між однією або декількома змінними предиктор і однієї змінної результату. Лінійна регресія з однією змінною предиктора відома як проста регресія. У реальних додатках зазвичай існує кілька змінних-предикторів. Така регресія називається множинною регресією.

5. Випадковий ліс (Random forest) - популярний ансамблевий метод, який можна використовувати для побудови прогностичних моделей як для задач класифікації, так і для завдань регресії. По суті, випадковий ліс-це цілий ліс випадкових некореляційних дерев рішень, класифікованих як метод ансамблю.

6. Метод К-середніх (K-means) - тип навчання без учителя, алгоритм розподільної кластеризації. Мета цього алгоритму полягає в тому, щоб знайти групи в даних з кількістю груп, представлених змінною К. Алгоритм працює ітеративно, щоб призначити кожному точку даних однієї з К груп на основі наданих функцій. Точки даних згруповані на основі подібності ознак.

7. Штучна нейронна мережа

Штучна нейронна мережа (artificial neural network, ANN) - математична модель, реалізована у вигляді програм або апаратних засобів, є спробою змоделювати роботу мережі нейронів живого організму.

**Висновки.** Проведено огляд сучасних трендів на ринку комп'ютерних технологій та виявлено, що Інтернет речей є передовою концепцією майбутнього, яка розвивається дуже швидко і яка буде вирішувати певні завдання без контролю і впливу людини. Сфера Інтернет речей є одним із головних світових трендів. Старі-добрі пристрої стають частиною Інтернет мережі і виконую нові функції.

Особливу роль у розвитку інтернету речей відіграють рішення програмного забезпечення, створення нових продуктів та розвиток сфер застосування даної концепції. Тому вирішено, що для полегшення і здешевлення процесу обробки і відправлення інформації необхідно відправляти не прості дані, а оптимізовані, що цілком задовільняють потреби і зменшують витрати, БЕЗ втрати важливих даних.

### Література

- 1 Стаття про Інтернет речей (IoT), Mahdi H. Miraz. [Електронний ресурс] / Інтернет база міжнародних конференцій. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7317398>
- 2 Інтернет речей. [Електронний ресурс] / Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет\\_речей](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей)
- 3 Машинне навчання. [Електронний ресурс] / Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Машинне\\_навчання](https://uk.wikipedia.org/wiki/Машинне_навчання)
- 4 M. Chui, M. Löffler, and R. Roberts. The Internet of Things. M. Chui, M. Löffler, and R. Roberts. The Internet of Things. [Електронний ресурс] / Mckinsey. URL: [http://www.mckinsey.com/insights/high\\_tech\\_telecoms\\_internet/the\\_internet\\_of\\_things](http://www.mckinsey.com/insights/high_tech_telecoms_internet/the_internet_of_things), Mar. 2010.
- 5 The Top 10 Machine Learning Algorithms . [Електронний ресурс] / DataQuest. URL: <https://www.dataquest.io/blog/top-10-machine-learning-algorithms-for-beginners/>
- 6 Commonly Used Machine Learning Algorithms [Електронний ресурс] / Data Science. URL: <https://www.dataquest.io/blog/top-10-machine-learning-algorithms-for-beginners/>



# **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**



## ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ВИШАХ

*Т.Г. Полухтович, Ю.Є. Мельничук*

*Луцький національний технічний університет*

Реалізація потенціалу викладача можлива за умови інформаційного забезпечення навчального процесу у вишах, що складається з таких джерел, як: загальнодоступні ресурси мережі Інтернет, методичні розробки, електронні посібники, електронна бібліотека університету; інформаційне освітнє середовище; портал студентів і викладачів, що забезпечує інформаційний обмін між ними; відео конференції; сайт викладача; робота в телекомунікаційних проектах.

Сучасний розвиток суспільства вимагає нової системи освіти – «інноваційного навчання» («інновація» означає нововведення, зміни). У ньому особливий акцент ставиться не тільки на сутності освітньої технології, її змісті, а й на можливості якісної передачі інформації викладачем, володінні ним інноваційними технологіями навчання і викладання наукового матеріалу. Саме освітні інноваційні технології у вишах виступають одним із основних інструментів діяльності викладача, який, окрім багатоаспектного знання свого предмета, повинен науково, доступно і цікаво представити освітній матеріал та створити умови для засвоєння та набуття вмінь і навичок студентами, а відтак, підвищення їхньої мотивації.

Теоретичний доробок вчених-освітян дозволяє класифікувати інноваційні освітні технології за критерієм їх змісту та способу передачі інформації, на такі різновиди, як:

- "особистісно-орієнтована технологія впливу на особистість;
- інтерактивна технологія навчання і викладання.
- інформаційно-комунікативна технологія навчання і викладання.
- технологія навчальних проектів;
- інтегрована розвивальна технологія;
- модульно-рейтингова технологія "[1, с.36-38 ].

Інформаційне забезпечення передбачає наявність: вітчизняних і закордонних фахових періодичних видань відповідного профілю у бібліотеці університету (також в електронному вигляді); доступу до баз даних періодичних наукових видань англійською мовою (допускається спільне користування базами кількома закладами освіти); офіційного веб сайту закладу освіти, на якому розміщена основна інформація про його діяльність (для прикладу, видавнича діяльність наукових працівників), навчальні й наукові структурні підрозділи, перелік навчальних дисциплін, правила прийому, контактна інформація; сторінки на офіційному веб-сайті закладу освіти англійською мовою, на якому розміщена основна інформація про діяльність,

правила прийому іноземців та осіб без громадянства, умови навчання та проживання іноземців та осіб без громадянства, контактна інформація.

Отже, "інновації відображаються в тенденціях нововведень в освітньому просторі і відповідно спричиняють зміни у сфері освіти. Із впровадженням у навчальний процес сучасних технологій викладач все більше набуває функцій консультанта, радника, наставника. Останнє вимагає від нього спеціальної професійної підготовки, оскільки у діяльності викладача реалізуються не тільки спеціальні предметні знання, а й сучасні знання у сфері педагогіки і психології, технології навчання і виховання. На цій основі формується готовність до сприйняття, оцінки і реалізації освітніх інновацій" [2,с.7].

Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, інтеграція їх у традиційну систему навчання сприяли формуванню мобільності й сучасного студента та внесли зміни до його наукової діяльності. Оскільки об'єктом дослідження є учасники освітнього процесу, то, на нашу думку, важливо проаналізувати як організована відповідна робота студентів, які технічні можливості й методичне забезпечення необхідні для здійснення наукової діяльності? Яким чином забезпечується навчання і написання наукових робіт у ЗВО відповідно до європейських стандартів? Основним джерелом їхньої самостійної роботи є послуги Інтернет, навчання з використанням інформаційно-освітнього середовища. "Навчальний електронний методичний комплекс – дидактична система, в якій, з метою створення умов для педагогічної активності, інформаційної взаємодії між викладачами і студентами, інтегруються прикладні програмні продукти, бази даних, а також інші дидактичні засоби й методичні матеріали, що забезпечують та підтримують навчальний процес"[3,с.55]. Згідно Проекту Положення про електронні освітні ресурси, відмітимо – це "навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали і засоби, розроблені в електронній формі і представлені на носіях будь-якого типу або розміщені в комп'ютерних мережах, які відтворюються за допомогою електронних цифрових технічних засобів і необхідні для ефективної організації навчально-виховного процесу, у частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами" [4,с.5]. Їх ефективне використання надає можливість задовольнити вищевказані вимоги, що стоять сьогодні перед вищою освітою.

#### Літературні джерела

1 Кошечко Н. Інноваційні освітні технології навчання та викладання у вищій школі /Н.Кошечко// Педагогіка: Вісник КНУ імені Т.Шевченка. 2015. Вип.1. С.36–38.

2 Дубасенюк О.А. Інноваційні навчальні технології – основа модернізації університетської освіти /О.А.Дубасенюк//Освітні інноваційні технології у процесі викладання навчальних дисциплін: Зб. наук.-метод. праць; за ред. О.А. Дубасенюк. Житомир: Вид-во ЖДУ, 2004. С. 3–14.

3 Кадемія М. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології навчання : термінологічний словник / М. Ю. Кадемія. Львів : Вид-во "СПОЛОМ", 2009. 260 с.

4 Биков В. Ю. Проект положення про електронні освітні ресурси [Електронний ресурс] / Биков В. Ю., Шишкіна М. П. та ін.; Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. – [К.], 30.09.2014. 11 с. URL : <http://lib.iitta.gov.ua/1041/>.

УДК 378.1:37.022

## **THE STUDENT'S MODEL AS A COMPONENT OF INTELLECTUAL COMPUTER-BASED LEARNING SYSTEMS**

*Mykhailiuk Iryna, Tsareva Oleksandra, Vavryk Tetyana*

*Ivano-Frankovsk national technical university of oil and gas, Institute of informational technologies,  
Department of Applied Mathematics*

The student's model is one of the basic components of intellectual computer-based learning systems (ICS). It contains of quite complete information about the student: the level of his knowledge, skills and abilities, ability to learn, ability to perform tasks (whether he could use the information obtained), personal characteristics (type, orientation) and other parameters. The student's model is dynamic, that's mean that it changes during the course, while working with the system.

One of the important problems for any ICS that student's model performs is uncertainty. ICS should build a student's model based on a minimum amount of information, which is characterized by a high degree of uncertainty, just as a human teacher does. Given that the educational system builds its decisions on the basis of the student's model (as does the human teacher), the uncertainty and ambiguity in the student's model are transferred to the decisions of the system and in some cases could be regarded as inadequate pedagogical influences. It is uncertainty and vagueness that has led to the development of simpler non-intellectual learning systems that involve much less prediction and inference.

Another source of uncertainty arises from that fact that some pedagogical influences based on the student's model built by the system during the first session with the student. Therefore, the considered pedagogical influences could be considered as functions defined on many models of students. If the student's model is characterized itself by uncertainty, then it is obvious that this uncertainty would be transferred to many pedagogical influences. In the real situation of the educational process, this would be reflected in the fact that the INS would choose pedagogical influences that are not optimally adequate for a given student.

The student's model is based on the observations which was made by the educational system makes during the session with the student and could be considered as a concise record of these observations. The input information is

combined, some pieces of information are neglected and the result is a set of assessments that the system makes about the student. The result is a set of rules of logical inference, which allow you to convert observations of the system relative to a particular student in a set of grades or evaluation functions.

The amount of student input information and observations made by the system may not be sufficient to draw reliable conclusions that are a source of uncertainty. The rules of inference for building a student's model could also be suboptimal in themselves. If the rules of inference are inconsistent, incomplete, or semantically confusing, they would still be transferred to the student's model under construction. In other words, "poor" inference rules would lead to a "poor" student's model, no matter how reliable or unreliable the information received from the student during the session. However, reliable input information combined with a high-quality inference mechanism would inevitably lead to a high-quality student's model.

### References

1 ЗайцеваТ.В., Нестерова Е.В, Игрунова С.В., Пусная О.П., Путивцева Н.П., Смородина, Н.Н. Байесовская стратегия оценки достоверности выводов// Научные ведомости БелГУ. Белгород: Изд-во БелГУ. 2012. №13(132). Выпуск23/1. С.180-183.

2 [Redeker, 2003] Redeker G.H.J. An Educational Taxonomy for Learning Objects // Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. ICALT 2003. Athens, Greece, 2003. P. 25 251.

3 [Zaitseva, 2003] Zaitseva L., Boule C. Student modelsin Computer-based Education // Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. ICALT 2003. Athens, Greece, 2003, p. 451.

УДК 378.147

## **ПРОФЕСІОНАЛІЗМ І МАЙСТЕРНІСТЬ У ПЕДАГОГІЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ВИКЛАДАЧА**

*Т.Г. Полухтович, Ю.Є. Мельничук*

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Волинська область, Україна*

Одним із компонентів педагогічної майстерності викладача – є його професійна компетентність, що дає можливість оцінити якість викладання і якість засвоєння студентами навчального матеріалу. Через загальні тенденції й закономірності освітнього розвитку проаналізуємо формування педагогічної майстерності педагога на основі здібностей та комплексу інших якостей, а також його досвіду. Оцінка компетентності викладача є актуальною і проводиться з метою виявлення його професійності через підвищення педагогічної майстерності, кількісні та якісні результати діяльності. Викладач

має відповідати новим домінуючим вимогам з широкими можливостями самовираження і самореалізації, поставленим цілям.

Розглянемо професійні стандарти (кваліфікаційні характеристики професій працівників). Кваліфікаційна характеристика, як нормативний документ, включає три розділи. Зокрема, у розділі «Кваліфікаційні вимоги» йдеться про професійну підготовку працівника, засвідчену дипломом про освіту, вимоги до стажу роботи при виконанні трудових функцій [1]. Необхідно виділити відображену у кваліфікаційній характеристиці посад педагогічних і науково-педагогічних працівників професійну, комунікативну, інноваційну і правову компетентність. Для прикладу, кожна з дій професійної компетентності, як: володіння освітніми технологіями, удосконалення методів навчання і викладання предметів, використання наукової літератури, розглядаються у взаємозв'язку, і в умовах сталого зростання ролі знань вони трансформують професійну майстерність викладача. В зазначеному контексті при формуванні набору професійних якостей особистості важливо врахувати й надання самостійності викладачу.

Методологія дослідження спрямована на вирішення конкретних, вище вказаних завдань з урахуванням поставленої мети. А методи і принципи виступають основною засадою пізнання. Так, за допомогою формально-юридичного методу нами проаналізовано правові, наукові джерела, які закріплюють і розглядають поняття «професійні якості», «компетентність», «кваліфікація», «педагогічна майстерність» і сформульовано визначення досліджуваних понять. Практичне значення результатів дослідження зумовлене використанням нових підходів до розуміння оцінки професійності викладача у відповідності з реформами, що проводяться в нашій країні в освітній сфері крізь призму відносин між учасниками освітнього процесу.

Підвалиною професійної майстерності викладача є знання. Зростання ролі знань в сучасних умовах орієнтує науково-педагогічних працівників на трудову активність, саморозвиток, здатність до інновацій. Зміна якості життя вимагає формування нової системи цінностей, тому розвиток професіоналізму у дихотомії з педагогічною майстерністю учасників освітнього процесу постає актуальним. Можна стверджувати, що в особистісному прояві професіоналізм орієнтує на здобуття знань протягом усього життя.

Дискусійним залишається питання виділення такої групи якостей людини як професійні та їх співвідношення з діловими якостями. У дослідженні вказаної проблематики склалися наступні підходи [2, с.83].

По-перше, для позначення необхідних для роботи якостей особистості вживається поняття «ділові (професійні) якості» чи «професійно-ділові якості». Дані поняття ототожнюються.

По-друге, одне поняття включає інше чи навпаки. Тобто, «ділові якості» визначаються через поняття «професійні якості» або професійні якості, серед іншого, включають в себе ділові якості. До прихильників такої позиції можна віднести: С. Гуцу, Н. Лукашеву, О. Серопян, А. Манжул, А.Мовчан [2, с.84].

Третя позиція полягає у тому, що «ділові якості» і «професійні якості» є різними за змістом і включають окремі набори властивостей людини та можуть використовуватися особою в різних сферах життєдіяльності [2,с. 84].

З огляду на четверту позицію, деякі автори взагалі не виділяють в окрему характеристику працівника професійні або ділові якості (В.І. Курилов, Ю.П. Битяк, Л.І. Скібіцька)[2,с. 84].

Загальноживане поняття професійні якості, у новому розумінні, нерідко ототожнюють з поняттями кваліфікація, компетентність, тобто із оволодінням особою професійними знаннями, навичками і досвідом роботи. Так, звичайні якості людини (почуття такту, виховання, справедливість, дисциплінованість) визнаються професійними за умови, якщо їх наявність в особі дозволить оволодіти конкретною професією.

Педагогічна майстерність викладача розглядається нами як постійна праця над вдосконаленням власних знань і професійної діяльності; володіння достатньою інформацією про зміни у вищій школі; забезпечення фахового рівня компетентності при виконанні професійних обов'язків. Актуальними у цьому контексті є відображені моральні якості як: чесність, доброзичливість, гідність, справедливість у дихотомії з професійними зобов'язаннями. Підтримання професійної компетентності є обов'язком педагога. Професійна компетентність базується на його здатності бути стриманим, доброзичливим, принциповим, творчим, здатним засвоювати передовий досвід і передати іншим. Педагог є відповідальний за безперервне підвищення й удосконалення професійного рівня і самовдосконалення. Професійна компетентність містить знання, розуміння, уміння, навички та способи виконання роботи на високому рівні кваліфікації відповідно до конкретних умов для задоволення певних потреб»[3,с.130]. Вони формуються в процесі отримання освіти, професійного навчання. Згідно ст.1 п.13 Закону України «Про вищу освіту», «компетентність – це динамічна комбінація знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти»[4]. Враховуючи рівні Національної рамки кваліфікацій і компетентності особи, які відповідають кожному з них, підкреслюється важливість у підвищенні теоретичних знань, практичних умінь і навичок таких ділових якостей особи, як: комунікація, «продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем»[4], відповідальність, самостійність.

В оцінці професійності викладача у вищих навчальних закладах об'єктивність оцінювання результатів його навчальної, наукової і виховної діяльності у підвищенні якості освіти, вдосконаленні професійних освітніх програм, поглибленні наукового звання, – теж є важливими. У цьому контексті педагогічна майстерність може розглядатися як найвищий рівень професіоналізму. Ми проаналізували не всі рівні педагогічної майстерності. Так, поза увагою залишився творчий рівень, який характеризується творчим підходом, індивідуальним стилем викладача.

### Літературні джерела

1 Про затвердження кваліфікаційних характеристик професій (посад) педагогічних та науково-педагогічних працівників навчальних закладів від 01.06.2013 року. №665. (Наказ Міністерства освіти і науки). URL:<https://ru.osvita.ua/legislation/other/37302/>.

2 Залевська О.А. Професійні характеристики працівника: поняття, зміст та значення /О.А. Залевська //Право і суспільство.2015.№4 (ч.2). С.80–86.

3 Сидорова К.Г. Особливості співвідношення категорій «професіоналізм», «професіоналізація» та «компетентність» у контексті реалізації процесу професійного навчання державних службовців в Україні / К.Г.Сидорова // Економіка та держава: міжнародний науково-практичний журнал. Київ, 2012.№12. С.128–130.

4 Закон України «Про вищу освіту»: чинне законодавство станом на 8 вересня 2016р.: Офіц. текст. К.: Алерта, 2016. 96 с.

УДК 004.01/08

## **USE OF CONTEXTUAL ADVERTISING TECHNOLOGY WITH THE HELP OF GOOGLE ADWORDS FOR EDUCATIONAL PURPOSES**

*S. V. Kotlyk, O. P. Sokolova*

*Odessa National Academy of Food Technologies, st. Kanatnaya, 112, Odessa, Ukraine, 65039,  
e-mail: sergknet@gmail.com*

The Internet can be considered as one of the most powerful marketing communication channels with its unique characteristics. It has additional advantages over traditional marketing tools (media advertising, information leaflets and brochures, exhibitions and presentations) in terms of content (meaningful) presentation of information. The use of the Internet makes it possible to present to the site visitor in as much detail as possible all information about the organization's activities, to clarify the characteristics of goods or services. This is also facilitated by the ability to provide information to the site visitor in various forms - in the form of text, photographs, interviews, pictures, diagrams, animation, video clips.

Separately, it is worth highlighting the construction of sites for educational organizations, in particular, sites for faculties and departments of the university. Universities today are fighting for every applicant, and in the information age, those who brought this struggle to the Internet win. The fact that all universities offer the same educational service (i.e. training in the same specialty) demonstrates how strong competition is in the field of higher education, and, therefore, absolutely all of them resort to one or more other methods to attract applicants. However, even here it is necessary to apply advanced technologies in order to get a student for training.

In modern educational conditions, the Internet becomes the main communication medium, and the university website is the main communication tool. An important component of it is the presentation of information about the university in a

presentable and interesting way. The advantages of the site as a tool for promoting the faculty are obvious: relative cheapness, informational mobility, general availability, multimedia.

Most applicants try to decide on their own where to apply, but they lack information about the specialty. This is evidenced by the results of a survey of students, commissioned by the analytical center CEDOS [1].

In view of the foregoing, a very important role today is acquired by the quality of the sites of university departments, which should provide the most complete information about educational services provided by universities. The popularity of the site also plays an important role, which affects its position in the issuance of results by search engines [2].

Thus, the problem of informing potential applicants about the university division consists of two tasks: creating a high-quality site and promoting the site so that the consumer can see it in the top lines of the search engine results. Most of the users view only the first page of search engine results in response to a query. It is not enough to make the site of a university division (faculty), you need to make it informative, meeting the requirements of search engines, capable of moving to the first lines in search results [3].

Website promotion can be effectively carried out using the AdWords service. At the Department of Information Technology and Cybersecurity of the Odessa National Academy of Food Technologies, the technology of promoting sites in the TOP-10 using the Google AdWords service has been generalized, and specific recommendations have been developed for building effective Google AdWords campaigns with a limited budget.

After analyzing and testing the proposed technology for promoting the faculty website during the admissions office using the AdWords service, the following recommendations for setting up the campaign were developed:

- campaign period - three months (from 1.05 to 31.08);
- campaign budget - UAH 1000;
- the maximum cost of one click is 10 UAH;
- audience coverage - several nearby regions (Odessa, Nikolaev, Kherson, Vinnitsa);
- ad type - "Search Network and Optimized Display Network";
- selection of the "Standard" option in the ad, when only text ads can be used (the campaign is cheaper);
- bidding strategy - "Manual" (maximum 10 UAH per click)
- using no more than 5 groups (and, accordingly, ads)
- using the order of several hundred keywords, periodically updating them (based on their actual use by visitors);
- performance control - monitoring the achievement of the goal (increasing visits to the site without exceeding the financial limit of the campaign) in the interface of the Google Analytics system.

Launching an advertising campaign implies the selection of keywords, the preparation of an adequate ad, distribution by landing pages, setting the cost, etc. After that, you have to collect statistics. For this, the proposed budget should be

enough for at least a week; it doesn't make much sense to analyze the data in less time.

Statistics allow you to assess user activity for each day. For example, you may find that people show more interest in the campaign at the beginning of the week or over the weekend. Using this information, you can adjust the targeting, which will increase the CTR and reduce the cost per click. Using these technologies when conducting contextual advertising, you can achieve high CTR rates, attract a large number of visitors to the site, spending a minimum of funds.

#### References

[1]. Национальный образовательный интернет – ресурс [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://osvita.ua/>.

[2]. Брайан Клифтон. Google Analytics для профессионалов (Advanced Web Metrics with Google Analytics). Издание 3-е. - М.: «Диалектика», 2013.- 608 с.

[3]. Тероу Шэри. Видимость в Интернете. Поисковая оптимизация сайтов. - М.: Символ-Плюс, 2015. - 288 с.

УДК 378.01:1

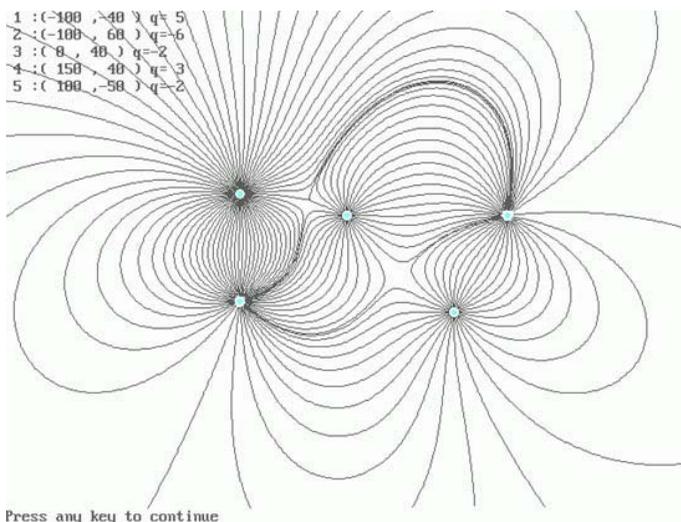
### **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ: ЕЛЕКТРИЧНА СКЛАДОВА**

*Р. Р. Лучицький, О. О. Войтичук*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ,  
Україна, galuschak@nuing.edu.ua*

Витоки використання силових ліній для пояснення властивостей електричного поля сягають початку ХІХ ст., а саме робіт Майкла Фарадея та, особливо, Дж. К. Максвелла: «Про фарадеєвські силові лінії» і «Про фізичні лінії сили».

Однак в підручниках з фізики різних років видання графічне зображення електричних та магнітних полів якщо і мало місце, то найбільше для двох зарядів. А використання їх для візуалізації, тобто графічного представлення електричного поля – ми не зустрічали. Причиною цього була, напевно, складність розрахунків без сьогоденних можливостей комп'ютерів. Складена комп'ютерна програма, яка базується на застосуванні принципу суперпозиції, дозволяє отримати картину силових ліній результуючого електростатичного поля, створеного декількома (до 9) точковими зарядами різних знаків та величини.



Для візуалізації, кращого сприймання результатів розрахунку програма дозволяє отримати градієнтну картину інтенсивності поля в кольорі. Для цього використано властивість еквіпотенціальних ліній перетинатися під прямим кутом із силовими лініями електричного поля в даній точці. Ми назвали градієнтною картину тому, що приписували один відтінок певного кольору смузі, значення інтенсивності якої від краю до краю відрізнялись на однакове невелике значення інтенсивності поля.

Слід зауважити, що термін «точковий заряд» несе у собі невизначеність, пов'язану із розмірами цього заряду і, відповідно, значенням напруженості та потенціалу поля на дуже близькій відстані від нього, співрозмірній із його розмірами.

УДК 378.01:1

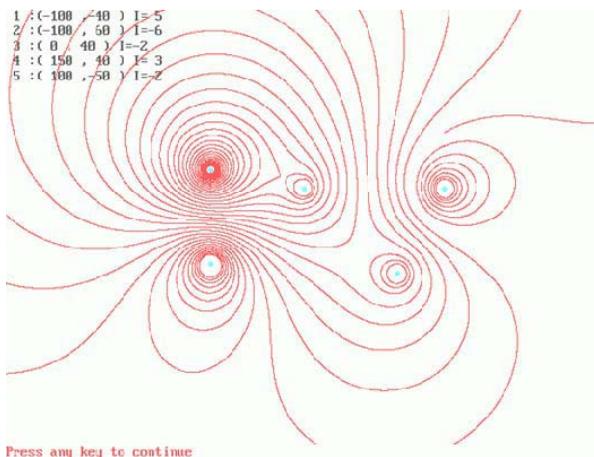
## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ: МАГНІТНА СКЛАДОВА

*В. В. Нижникевич, А. І. Ворона*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ,  
Україна, galuschak@nung.edu.ua*

Складена комп'ютерна програма, яка базується на застосуванні принципу суперпозиції і дозволяє отримати картину ліній індукції результуючого магнітного поля, створеного декількома (до 9) прямолінійними провідниками через які протікають струми різних напрямків та величини, які розташовані перпендикулярно до площини рисунка.

Для візуалізації, кращого сприймання результатів розрахунку програма дозволяє отримати градієнтну картину інтенсивності поля в кольорі. Для цього використано покерову побудову ліній однакового значення індукції магнітного поля. Ми назвали градієнтною картиною тому, що приписували один відтінок певного кольору смугі, значення індукції якої від краю до краю відрізнялись на однаково невелике значення інтенсивності поля.



Слід зауважити, що термін «прямолінійний провідник із струмом» несе у собі невизначеність, пов'язану із діаметром провідника  $i$ , відповідно, значенням індукції магнітного поля на дуже близькій відстані від нього, співрозмірній із його розмірами.

УДК 378.01:1

## РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ЯК ДОКАЗ ЄДНОСТІ ЙОГО СКЛАДОВИХ

*Р. Р. Лучицький, В.В. Сідак*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ,  
Україна, galuschak@nung.edu.ua*

Історія розвитку таких розділів фізики як «Електрика» та «Магнетизм» говорить про те, що вони, в основному завдяки експериментальному характеру досліджень, розвивались практично незалежно. І тільки геній Майкла Фарадея оформив їх «шлюб» у 1820 році у вигляді закону електромагнітної індукції, а кінець оцієї роздвоєності поклала теорія електромагнітного поля Дж.К. Максвелла, викладена ним у 1857 році в праці «Про фарадеевські силові лінії» і кінцево в працях «Про фізичні лінії сили» та «Динамічна теорія поля» (1861-65 pp.).

Однак в підручниках з фізики різних років видання графічне зображення електричних та магнітних полів якщо і мало місце, то найбільше для двох зарядів. А використання їх для візуалізації, а тим більше для доказу єдності складових електромагнітного поля – ми не зустрічали. Причиною цього була, напевно, складність розрахунків.

Тому нами були складені комп'ютерні програми, які базуються на застосуванні принципу суперпозиції і дозволяють отримати картини силових ліній результуючого електростатичного поля, створеного декількома (до 9) точковими зарядами різних знаків та величини, та картини ліній індукції результуючого магнітного поля, створеного декількома (до 9) прямолінійними провідниками через які протікають струми різних напрямків та величини, які розташовані перпендикулярно до площини рисунка.

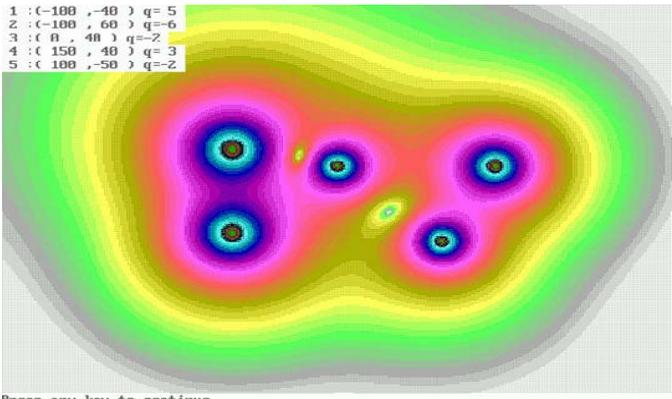
Для візуалізації, кращого сприймання результатів розрахунку програма дозволяє отримати градієнтну картину інтенсивності поля в кольорі. Ми назвали градієнтними картини тому, що приписували один відтінок певного кольору смузді, значення інтенсивності якої від краю до краю відрізнялись на однакову незначну величину.

Для досягнення своєї цілі – показати подібність електричних та магнітних полів, - ми розмістили точкові заряди і струми в точках з однаковими координатами, а значення струмів взяли такі ж, як зарядів, знаки зарядів узгодили із напрямками струмів.

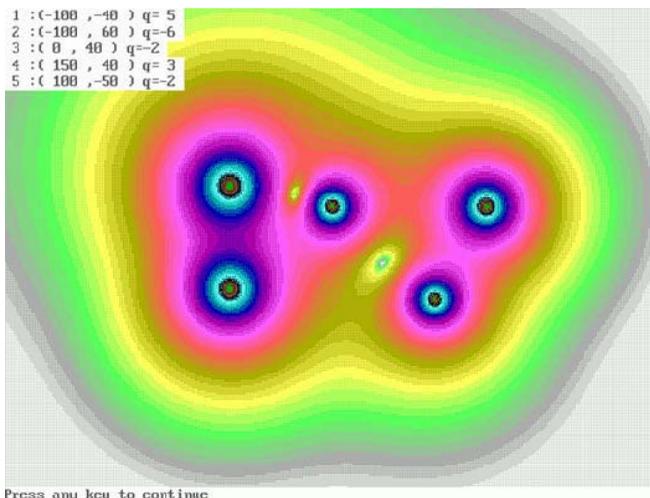
Ідея задуму полягала в тому, що якщо рухати площину із зарядами з постійною швидкістю перпендикулярно до неї, то вона стає тотожною другій площині із струмами, адже струм – це заряд, що рухається.

Отримані результати показали, що одне й теж поле може бути зображено як електричними характеристиками та лініями, що з них витікають, так і магнітними характеристиками та лініями індукції.

**Градієнтна картина результуючого електростатичного поля**



## Гradientна картина результуючого магнітного поля



УДК 378.01:1

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ФІЗИКИ СТУДЕНТІВ НА ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЯХ

*В. В. Нижникевич, Р. М. Лучицький*

*ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019,  
e-mail: galuschak@nung.edu.ua*

Індивідуалізація навчання – це спеціально організована взаємодія учасників процесу навчання, за якої якнайповніше враховуються й використовуються індивідуальні особливості кожного, визначаються перспективи подальшого розумового розвитку й гармонійного вдосконалення особистісної структури, відбувається пошук засобів, які сприяли б формуванню індивідуальної особистості.

Ефективним при такому підході до навчання є використання віртуальних моделей систем для самостійної підготовки студентів до лабораторних робіт. Модель в даному випадку являє собою складну модульну структуру, що включає в себе математичну модель самої системи, моделі самих пристроїв, що володіють усіма притаманними їм характеристиками і за допомогою яких проводяться вимірювання. При розробці емулятора використовуються моделі пристроїв, що працюють за тими ж принципами, що і реальні. Як і у випадку з

реальною установкою, в результаті роботи з моделлю створюється файл з даними для подальшого аналізу отриманих результатів студентом.

Мультимедійні програмні засоби дозволяють інтегрувати текстову, графічну, анімаційну, відео та аудіо інформацію. Одночасне використання кількох каналів сприйняття навчальної інформації дозволяє підвищити рівень засвоєння навчального матеріалу. Мультимедійні програмні засоби дають змогу імітувати складні реальні процеси, ситуації, візуалізувати абстрактну інформацію за рахунок динамічного представлення процесів. Такі технології можна використати під час проведення аудиторних занять з фізики (лекція, практичне заняття, лабораторна робота), для забезпечення самостійного вивчення окремих тем із фізики.

Викладач фізики має змогу самостійно створювати дистанційні електронні курси і проводити навчання на відстані, надсилати повідомлення студентам, розподіляти, збирати та перевіряти завдання, вести електронний журнал обліку оцінок та відвідування, налаштовувати різноманітні ресурси навчального курсу тощо. Електронні навчальні курси, розміщені на порталі, використовуються студентами стаціонару для організації самостійної роботи, виконання контрольних робіт, тестування паралельно з відвідуванням аудиторних занять. Організація та підтримка роботи такого порталу дозволяє активізувати використання наявних і створювати нові освітні та наукові ресурси; розширити доступ до цих ресурсів студентам та викладачам; створити організаційну та технологічну базу для впровадження дистанційних технологій у навчальний процес; створити єдину платформу для надання освітніх послуг.

Використовуючи технологію віртуальних інструментів, є можливість повністю відтворити інтерфейс реального приладу у вигляді віртуальної моделі, зберігаючи всі його характеристики та функціональні можливості. Студент працюючи з віртуальними приладами на комп'ютері, набуває практичних навичок роботи з фактично з реальними приладами. Їх параметри та принципи роботи можна легко змінювати, спостерігаючи, як це відбивається на результатах вимірювань. Можливо навіть самостійне проектування подібних компонент студентами в якості самостійних робіт з відповідних курсів.

У результаті використання віртуальних моделей ми отримуємо наступні основні можливості: якісна підготовка студентів до виконання лабораторних робіт і роботи з апаратурою; можливість поглибленого вивчення студентами явищ в вимірювальних системах при проектуванні моделей систем та приладів; можливість студентів з відповідних курсів вирішувати реальні, а не абстрактні завдання.

Оскільки для успішного опанування фізики важливе не лише оволодіння знаннями, а й вироблення умінь та навичок, сучасне обладнання дає змогу студентові працювати в індивідуальному темпі та виступає у якості тренажера-репетитора, який враховує індивідуальні особливості кожного студента. Комп'ютер значно розширив можливості подання навчальної інформації (застосування кольору, графіки, мультиплікації, звуку, можливість моделювання і прогнозування дозволяє відтворювати реальну обстановку

діяльності). Він дозволяє суттєво змінити способи управління навчальною діяльністю, наприклад, занурюючи студентів у певну ігрову ситуацію або історичну епоху, зробивши його учасником подій і т. д. Також значно розширюється асортимент застосовуваних навчальних завдань. Комп'ютери дозволяють успішно використовувати у навчанні завдання на моделювання різних ситуацій, на пошук і усунення деяких проблем, коли є велика кількість варіативних способів вирішення завдання і, що важливо, дозволяє їм наочно побачити, усвідомити і оцінити результат своїх дій.

УДК 004.8

## **ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ ДОДАТКАХ**

*В. В. Демченко*

*Вінницький Національний Технічний Університет, Україна, 21021 Вінниця, Хмельницьке шосе 95, vntu@vntu.edu.ua*

Машинне навчання- це здатність системи навчатися та покращуватися за рахунок досвіду, без необхідності явного програмування поведінки. Машинне навчання є галуззю технологій штучного інтелекту.

В цілому, використання машинного навчання у індустрії комп'ютерних ігор можна поділити на дві категорії:

- Штучний інтелект у якості суперника або гравця;
- Генерація контенту за допомогою машинного навчання [1].

Дослідники штучного інтелекту по всьому світі працюють над навчанням штучного інтелекту гри у більш складні ігри. Серед досягнень варто відзначити успіхи штучного інтелекту у традиційній китайській грі го, та у змагальній стратегічній грі StarCraft 2 [2]. У цій категорії використання штучного інтелекту дослідники використовують середовище гри як спосіб оцінки програмного забезпечення, або як тренувальне середовище з заданими правилами та чіткими системами винагород. Навчаючи штучний інтелект в ігрових середовищах, дослідники сподіваються зрозуміти, як проводити навчання машини більш комплексним задачам.

Основними методами машинного навчання, що використовуються у розробці агентів є нейроеволюція та навчання з підкріпленням. Використання нейроеволюційного методу зумовлено тим, що ігрові середовища зазвичай містять параметри, які дозволяють легко оцінити ефективність процесу навчання. Навчання з підкріпленням розглядає те, як програмний агент взаємодіє з певним середовищем для максимізації накопичення винагород. Базова модель навчання з підкріпленням складається з таких елементів:

- множина станів середовища;
- множина дій;
- правила переходів між станами;
- правила, що визначають винагороду;

- правила, що описують спостереження.

Набір правил часто визначається випадковим чином. Агент навчання з підкріпленням взаємодіє з середовищем у дискретні моменти часу. У кожен момент часу агент отримує спостереження, яке може включати в себе винагорода. Потім він обирає дію з множини доступних дій, яка взаємодіє з середовищем та призводить до зміни його стану. При цьому визначається винагорода, пов'язана з переходом.

При використанні машинного навчання для генерації контенту, навчання з підкріпленням використовується у поєднанні з аналізом поведінки гравців-людей та імітаційним навчанням, що значно покращує якість та швидкість процесу тренування [3]. Прикладом такої системи є SEED, розроблений EA.

Отже, можна зробити висновок, що сфера розробки комп'ютерних ігор має велику кількість потенційних застосувань для машинного навчання.

#### Список використаної літератури

1 How artificial intelligence will revolutionize the way video games are developed and played- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.theverge.com/2019/3/6/18222203/video-game-ai-future-procedural-generation-deep-learning>

2 6 Ways Machine Learning will be used in Game Development- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.logikk.com/articles/machine-learning-in-game-development/>

3 Integrating Machine Learning into Game Development- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dashbouquet.com/blog/artificial-intelligence/integrating-machine-learning-into-game-development>.

УДК 371.39 +372:854

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ ПЛАТФОРМИ MICROSOFT TEAMS ПРИ ВИКЛАДАННІ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

*Л. Р. Бабчук*

*фаховий медичний коледж Івано-Франківського національного медичного університету  
76018, м. Івано-Франківськ, вул. Лесі Українки, 2, [telure@ukr.net](mailto:telure@ukr.net)*

Зміни, що відбуваються на сучасному етапі розвитку людства сильно впливають на життя людини і докорінно змінюють підходи до освіти, бо зумовлюють пришвидшений перехід до новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, де особлива увага приділяється дистанційному навчанням.

Сьогодні дистанційна освіта займає своє соціально-значуще місце у всьому світі і в усіх навчальних закладах України саме цього року відбулося її активне впровадження, що дало змогу тим, хто навчається здобувати повноцінну освіту або підвищувати професійну кваліфікацію. Дистанційне навчання для різних

дисциплін, в тому числі і хімії, почало запроваджуватися як асинхронне навчання через листування учителя і учнів через мережу Інтернет та як навчання на платформах соціальних мереж (Google+, FaceBook тощо), де створювалася окрема група (коло, спільнота), на якій викладач розміщував навчальні матеріали і продовжило повноцінну роботу у віртуальному середовищі хмарного сервісу або програми, де воно здійснюється шляхом організації одночасної зустрічі учасників навчання через різноманітні сервіси для on-line спілкування (Skype, GoogleTalk, спільні документи, інші корпоративні платформи такі як Microsoft Teams ).

Для здійснення дистанційного вивчення хімічних дисциплін на платформі Microsoft Teams можна використовувати традиційні технічні засоби, під'єднані до мережі інтернет, такі як комп'ютер та мобільний телефон. Microsoft Teams - корпоративна платформа, що об'єднується в робочому просторі чату, зустрічі, заміни та пропозиції.. Крім Office 365 тут є також інтегрований Skype, через це є можливість інтеграції з додатками сторонніх розробників. Основними особливостями сервісу є можливість безкоштовно використовувати команди Microsoft у командах, що навчають до 300 людей, необмежена кількість повідомлень у чатах, простота використання вбудованих аудіо- та відео дзвінків для індивідуальних, групових та командних нарад, тобто лекцій, практичних занять, індивідуальної роботи зі студентами. Платформа може зберігати 10 ГБ плюс додаткові 2 ГБ на кожного користувача. Вона інтегрована з іншими продуктами Microsoft, у тому числі Word, Excel, PowerPoint та OneNote та інтегрована із 140 сторонніми сервісами та додатками, включаючи Adobe, Evernote та Trello. Крім того, там є можливість спілкування та взаємодії з усіма студентами. Викладач, як власник команди (групи, підгрупи, потоку, курсу, гуртка) формує бібліотеку на сайті SharePoint Online для зберігання файлів команди, тобто календарно-тематичних планів, підручників, посібників, таблиць, презентацій лекцій, навчально-методичних матеріалів до кожного заняття, відео хімічних експериментів, лабораторних робіт. Загальний поштовий ящик і календар Exchange Online дають змогу студентам оперативно отримувати нагадування про подію – лекцію, практичне чи лабораторне заняття. Поточний та підсумковий контроль рівня знань здійснюється в режимі on-line. Робоча дошка влаштована за аналогом звичайної шкільної дошки на якій можлива групова робота викладача і студентів з використанням текстового редактора. Крім того, викладач може відправляти індивідуальні завдання кожному студенту, очікуючи у відповідь фото- чи відео звіт виконаної задачі чи експерименту. Це дозволяє системно здійснювати контроль за процесом засвоєння нових знань на різних етапах навчального процесу, постійно мати зворотній зв'язок зі студентами, тому що чат для сьогоденних команд Microsoft Teams пропонує розмову для команди на сучасний манер - кожен учасник проекту може бути залучений у діалог. У свою робочу область кожен може додати смайлики, наклейки, GIF та користувацькі меми. Таким чином, профіль буде унікальним та швидко впізнаваним через індивідуальність.

Microsoft Teams легко адаптується під хімічні дисципліни. Хімія як природнича наука насамперед належить до дисциплін вивчення яких невід'ємно пов'язане з практичними дослідженням, експериментом, з перевіркою теоретичних засад на практиці. Студенти з цікавістю по кілька разів проглядають відео ролики хімічних експериментів і запам'ятовують особливості проходження багатьох якісних та характерних хімічних реакцій. Лекція, яка опрацьовується студентами в дистанційному режимі, завжди є доступна в будь-який час протягом тривалого періоду часу. Таке навчання хімії є особистісно-орієнтованим і дає можливість кожному студенту працювати відповідно до його типу темпераменту. Студенти мають змогу багато разів проходити тестові питання і розв'язувати ситуаційні задачі в режимі тренера, при складанні тесту зразу ж отримують свій результат у вигляді кількості балів.

Використання корпоративної платформи Microsoft Teams дає нові можливості вивчення дисциплін хімічного профілю з урахуванням індивідуальності студента та створенням необхідних і достатніх умов для його розвитку, що в умовах дистанційного навчання дає змогу підтримувати і розвивати природних якості та індивідуальні здібності студента, допомагати в становленні його як особистості, сприяти творчій самореалізації.

#### Літературні джерела

1 А.А Белохвостов. Методы компьютерного обучения химии //Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе; сборник научных статей. – Витебск, ВГУ им. П.М. Машерова, 2016

2 Валюк В.Ф. Особливості використання комп'ютерних технологій при вивченні хімічних дисциплін // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. - 2011. - Вип. 3. - С. 24-29.

УДК

## **ВЕДЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ ВЕБ ПРОЄКТІВ**

*О. І. Мимоход*

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, тутokhod@gmail.com*

Мета ведення розробки веб проєктів – це перш за все розробка якісного продукту. Запорука успішної реалізації проєкту – це злагоджена робота команди. Заздалегідь підібрана методологія ведення проєкту, середовище для реалізації детальніших, розписаних завдань, вдало сформована чисельність команди та розподілені ролі – це вже частина успіху.

На першій стадії майбутньої розробки необхідно якнайбільше взаємодіяти з клієнтом, чітко розписати технічне завдання, розповісти, які технології краще використати саме для цього проекту, узгодити приблизну модель команди та бажану кількість розробників для успішної реалізації.

Після цього погоджується бюджет розробки, проводиться робота над її оцінкою, визначення терміну на виконання. Дуже часто провальними проектами називають саме ті, які вийшли за рамки бюджету, а отже, і за часові рамки.

Зазвичай для веб проекту необхідна така структура команди:

- проджект менеджер (людина, яка «веде» проект; виконує функції особи, яка налагоджує цілісну роботу команди);
- 1 або декілька фронт-енд розробники (розробка інтерфейсів, анімацій, стилів та багато іншого);
- 1 або декілька бек-енд розробників (створення різноманітних компонентів та функціоналу користувачу через інтерфейс);
- 1 або декілька UI/UX дизайнерів (розробники візуального інтерфейсу користувача для досягнення максимальної зручності його використання користувачами);
- тестувальник (людина, яка після релізу деяких частин проекту чи цілого проекту виконує тестування розробки).

Коли всі бюджети та часові рамки погоджені, в проекті розподіляються завдання (далі – задачі), та вже узгоджуються часові рамки на задачі для кожного розробника окремо. Для роботи в одному місці використовуються такі середовища, як jira, slack, asana, trello. Ці середовища допомагають організувати задачі, визначити пріоритетність виконання та вносити зміни.

За останній рік, в умовах віддаленої роботи у зв'язку з COVID-19 робота для більшості ІТ-компаній стала віддаленою, а отже, різноманітна взаємодія команд офлайн стала не доступною. Іноді під час створення проектів виникають проблеми чи зміни в процесі розробки. Для таких випадків, щоб швидко реагувати на зміни, зараз виник новий термін як «віртуальне вікно», для того, щоб вся команда знала, що відбувається та на якій стадії розробки вони зараз.

Досить часто зміни в процесі розробки можуть впливати на методологію, яка використовується. На сьогоднішній день можна виділити дві методології, які є найбільш вживаними – це Agile та Waterfall.

Agile – це метод планування та керування, який виділяє короткі цикли розробки продукту, надаючи додаткові оновлення в залежності від зміни потреб клієнта. Саме ця методологія чудово підійде для організації «рухомих» проектів.

Waterfall – каскадна методологія послідовної розробки. Зміст цієї методології полягає в тому, що кожен етап іде за попереднім і не може бути виконаний раніше.

Ключовим фактором для визначення правильної методології є тип проекту або процесу, яким керують. Маючи широкий спектр зручності підходу на

основі конкретних критеріїв є критичним. Ці фактори включають: залучення клієнтів та зацікавлених сторін (інвесторів), гнучкість часової шкали, виділений бюджет, кількість та тип команд, що працюють над проектом, складність проєктів, необхідні ресурси та масштабованість проєкту.

На базі будь-якої методології можна успішно реалізувати проєкт. Навіть від настрою одного з учасників команди може залежати реалізація проєкту, що ще раз доводить – кожен із членів команди залежить один від одного, кожен учасник усвідомлює свою роль, роль інших та функціональність.

#### Літературні джерела

1 Waterfall vs Agile [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.seguetech.com/waterfall-vs-agile-methodology/>

2 Best software development conz [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://acodez.in/12-best-software-development-methodologies-pros-cons/#We\\_will\\_take\\_you\\_through\\_some\\_of\\_the\\_addon\\_values\\_that\\_you\\_can\\_enjoy\\_when\\_using\\_XP](https://acodez.in/12-best-software-development-methodologies-pros-cons/#We_will_take_you_through_some_of_the_addon_values_that_you_can_enjoy_when_using_XP)

УДК 004.428.4

## РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМИ ПОШУКУ ДУБЛІКАТІВ ФАЙЛІВ

*В. Р. Кропивницький, В. Б. Кропивницька*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел.(03422)50-45-21; e-mail: vitalia.krop@gmail.com*

Розвиток та удосконалення інформаційних технологій, збільшення об'єму інформації, перехід до суспільства знань – усе це зробило інформаційні комп'ютерні технології потужним інструментом підвищення продуктивності виробництва, економічного зростання, створення нових засобів комунікацій. Постійне зростання кількості електронних файлів, можливість зберігання їх великих колекцій та проблеми індексування спричиняють дублювання матеріалів. У зв'язку з цим, у всіх сферах соціального середовища виникає проблема появи ідентичних за змістом копій файлів.

Чистити дублікати файлів вручну – це досить тривалий і складний процес тому, щоб полегшити цей процес розроблено програму для пошуку і видалення дублікатів файлів (причому, навіть тих, які відрізняються і за форматом файлу, і за розміром один від одного).

Для пошуку дублікатів текстових файлі на жорсткому диску, було прийнято розробити програму «Анти Дубль» в середовищі програмування Delphi.

Для забезпечення базових принципів роботи та підтримки графічного інтерфейсу, окрім стандартних бібліотек, програма містить п'ять користувацьких модулів для підтримки функціоналу кожної форми та для окремих операцій, таких як сортування та видалення зі списку.

В програмі використано такі прикладні програмні інтерфейси: Windows, Messages, ShellApi. Окрім інтерфейсів також використані класи такі класи з області імен system: SysUtils, Variants, Classes. Графічні бібліотеки: Graphics, Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, Buttons, ComCtrls, ShellCtrls, StdCtrls, Grids, Menus, Buttons, jpeg, ExtCtrls. Та власні модулі AddFolder, Result, Help, Shared, Main.

Для початку роботи програми спочатку користувач повинен за допомогою кнопки “додати” додати каталоги для сканування за цю функцію відповідає окрема форма і окремий програмний модуль в якому містяться відповідні процедури. Після того як користувач вибрав каталоги для сканування слід вказати критерії оцінки дублікатів. Після чого здійснюється перевірка пункту “сканувати підкаталоги”, і в залежності від вибраного варіанту можливі наступні операції: розпочнеться сканування підкаталогів або перехід до початку сканування (рис.1).

Запустивши процес сканування одразу відбувається виклик процедури StartButtonClick модуля Main, де відбувається початкова ініціалізація всіх даних. Далі в даній процедурі перевіряються вибрані критерії для того щоб реалізувати пошуку дублікатів в залежності від заданих критеріїв. По завершенню сканування відбувається генерування списку результатів з такими параметрами група, назва, розмір, час та папка. Параметр група відповідає за номер групи в які групуються схожі за певним критерієм файли під час сканування; Назва – ім'я файлу; Розмір – за розмір файлу; Час – показує дату створення/останньої зміни файлу; Папка – показує шлях до файлу.

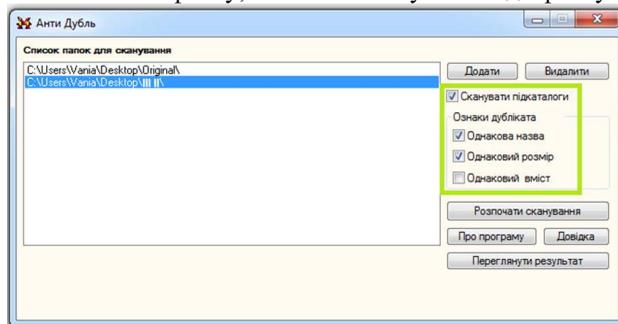


Рисунок 1 – Вікно програми для вибору критерію сканування

Програма дозволяє зберігати та завантажувати результати сканування.

А самі результати можна переглянути в формі результат натиснувши на кнопку “Переглянути результат” (рис.2). В формі результат підключено можливість сортування за вищевказаними параметрами за допомогою процедур ByGroupClick, ByNameClick, BySizeClick, ByTimeClick, ByFolderClick. Для роботи зі списком було написано процедури DeleteItem та SortBy в модулі Shared.

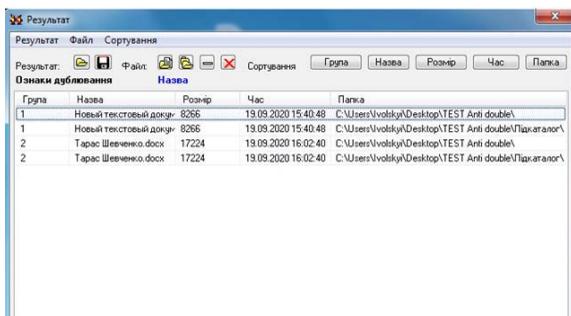


Рисунок 2 – Вікно результатів роботи програми

Отже, розроблена програма має багатомодульну структуру, що дозволяє модифікувати модулі незалежно один від одного. Крім того, широко використовується парадигма об'єктно-орієнтованого програмування, що дозволяє представити функціонування будь-якого елемента окремим об'єктом.

УДК 004.422.83

## РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ГРАФІЧНИХ ОНЛАЙН-РЕДАКТОРІВ

*В. О. Козьмін, В. П. Майданюк*

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, vntu@vntu.edu.ua*

### Вступ

Історію програмних інтерфейсів можна розділити на декілька етапів. Якщо на першому етапі користувач робив маніпуляції лише за допомогою консольних команд, то сьогодні вже давно настала епоха графічних інтерфейсів з інтуїтивно зрозумілою логікою взаємодії. Графічне відображення інформації уможливило робити прості маніпуляції не лише з текстом та логічними операціями, але й з графічними файлами, такими як растрові чи векторні зображення та об'ємні моделі. Для маніпуляції над останніми було створено низку програм, що іменуються графічними редакторами, які дозволяють створювати нові та редагувати існуючі моделі та зображення для подальшого їх використання. Можливості сучасних процесорів, досягнута швидкість передачі даних в глобальних і локальних мережах дозволяють створювати кросплатформні онлайн-додатки найвищої складності, зокрема, графічні онлайн-редактори. Такі додатки не потребують попереднього встановлення, що робить їх більш універсальними.

## Односторінкові веб-додатки

Одна з причин повільної роботи традиційних сайтів заключається в тому, що популярні серверні каркаси для створення MVC-додатків (Model-View-Controller) “заточені” під передачу статичних сторінок. Наприклад, при клікові на посилання на традиційному сайті екран блимає та на протязі декількох секунд відбувається перезавантаження всієї сторінки повністю: елементів навігації, рекламних банерів, верхнього та нижнього колонтитулів і тексту. Хоча змінились лише поточна фотографія та пояснювальний текст. Гірше того, немає ніякого індикатора, який би вказував, що сторінка готова для взаємодії із користувачем. Наприклад, інколи посилання доступне відразу після завантаження сторінки, а інколи доводиться чекати. Таке повільне, непослідовне та неефективне функціонування стає неприйнятним для все більш вибагливих користувачів мережі Інтернет [1]. На допомогу застарілим методам приходять нові рішення і в даному випадку це односторінкові додатки.

Односторінковий додаток (SPA - Single page application) - це додаток, який працює в браузері і не перезавантажує сторінку під час роботи. Як і будь-який інший додаток, він призначений для того, щоб допомогти користувачеві у вирішенні задачі, наприклад: “підготувати документ”, “адмініструвати веб-сервер”. Як узагальнюючий висновок, подібний додаток розглядається як “товстий” клієнт, що завантажується з веб-серверу [1].

До переваг даної технології можна віднести наступне:

- продуктивність;
- високі потенційні можливості для розробки;
- одна клієнтська мова;
- більш рухлива та інтерактивна сторінка;
- універсальні рішення для будь яких пристроїв.

По мірі розвитку мови JavaScript недоліки односторінкових рішень були значно пом’якшені, а переваги виступили на передній план, що робить SPA-додатки найбільш перспективними для реалізації онлайн-сервісів редагування графічних файлів.

## Робота із графікою в браузері. Технологія Canvas

Перші браузерні переглядачі мали доволі обмежений функціонал, а розробники розглядали веб-сторінку суто як текстовий документ, оскільки швидкість Інтернет з’єднання не дозволяла передавати великий обсяг інформації, до того ж апаратні можливості тогочасних ЕОМ могли не впоратись із відображенням великого документу, тому графічні можливості в них були вкрай примітивними. Мова HTML, що використовується для відображення таких документів, пройшла значний шлях у розвитку засобів відображення графіки і у зв’язі із сучасними технологіями, як мова JavaScript та каскадні таблиці стилів CSS (Cascading Style Sheets), створила потужний стек технологій, які дозволяють обробляти та виводити інформацію на екрани

користувачів. Одна із технологій, що була реалізована на основі даного підходу є Canvas.

HTML Canvas - це технологія для рисування, вбудована у всі сучасні браузери. За допомогою Canvas у браузері з'являється можливість малювати фігури, керувати зображеннями, створювати ігри та анімувати сторінку. Дана технологія має високий потенціал, оскільки дає можливість редагувати графіку, що було недоступним у застарілих браузерах [2].

#### Літературні джерела

1 Michael S. Mikowski, Josh C. Powell, “Single Page Web Applications”. – Manning Publications Co, 2014. – 31 p – ISBN 9781617290756.

2 Глубокое погружение в Canvas [Електронний ресурс] // WebReference - Режим доступу: <https://webref.ru/dev/canvasdeepdive>.

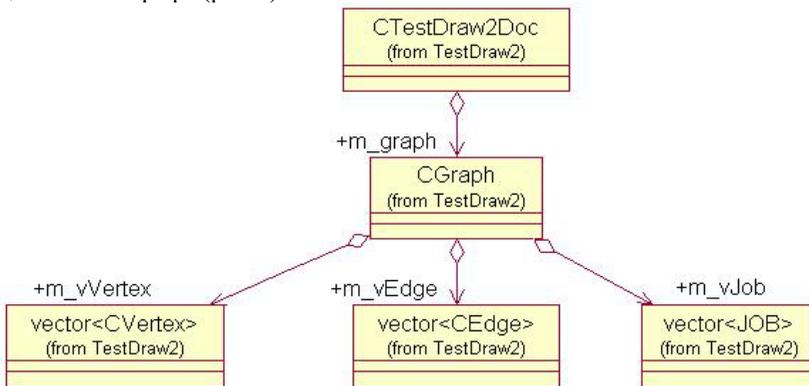
УДК 004.772

## ПРЕДСТАВЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ В СИСТЕМІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Л. В. Бойко, В. Б. Кропивницька*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел.(03422)50-45-21; e-mail: vitalia.krop@gmail.com*

Комп'ютерну мережу можна розглядати як орієнтований граф, в якому кожна вершина відповідає вузлу комутації пакетів, а лінії зв'язку між вузлами відповідає пара паралельних ребер, по кожному з яких дані передаються в одному напрямі. Виходячи із цієї інформації і було реалізоване графічне представлення графа (рис.1).



**Рисунок 1 – UML-діаграма реалізації класу графічного представлення графа**

У такій мережі для передачі пакету від вузла-джерела вузлу-одержувачу по різних лініях через декілька комутаторів пакетів потрібно ухвалити рішення про вибір маршруту. Це завдання еквівалентне пошуку шляху в графі. Для об'єднаної мережі, такої як Інтернет, представлення її у вигляді орієнтованого графа також є прийнятним. В цьому випадку кожній вершині відповідає маршрутизатор. Якщо два маршрутизатори безпосередньо приєднано до однієї і тієї ж локальної або глобальної мережі, тоді це двостороннє з'єднання відповідає парі паралельних ребер, що сполучають відповідні вершини. Якщо до мережі безпосередньо приєднано більше двох маршрутизаторів, тоді ця мережа представляється у вигляді безлічі пар паралельних ребер, кожна з яких сполучає два маршрутизатори. У об'єднаній мережі для передачі пакетів від маршрутизатора-джерела до маршрутизатора-приймача по різних лініях через різні мережі і маршрутизатори пакетів потрібно ухвалити рішення про вибір маршруту. Практично у всіх мережах з комутацією пакетів і у всіх об'єднаних мережах рішення про вибір маршруту ухвалюється на основі одного з різновидів критерію мінімальної вартості. Якщо вибирається маршрут з мінімальною кількістю ретрансляційних ділянок, тоді кожному ребру, відповідній ретрансляційній ділянці, призначається одинична вага. Це завдання відповідає пошуку найкоротшого шляху в звичайному графові. Але найчастіше кожній ретрансляційній ділянці у відповідність ставиться певна величина, звана вартістю передачі. Ця величина може бути обернено пропорційній пропускній спроможності лінії, прямо пропорційному поточному навантаженню на цю лінію або бути якоюсь комбінацією подібних параметрів. При розрахунку вартості можуть враховуватися також такі критерії, як фінансова вартість використання ретрансляційної ділянки. У будь-якому випадку, вартості використання ретрансляційних ділянок є вхідними даними для алгоритму пошуку шляху з мінімальною вартістю, який може бути сформульований таким чином.

Хай є мережа, що складається з вузлів, сполучених двонаправленими лініями зв'язку, і кожній лінії поставлена у відповідність вартість пересилки даних в кожному напрямі. Вартість шляху між двома вузлами визначається як сума вартостей всіх ліній, що входять в даний шлях. Завдання полягає в тому, щоб знайти шлях з найменшою вартістю для кожної пари вузлів. Звернемо увагу на те, що вартість використання ретрансляційної ділянки може бути різною у різних напрямках. Наприклад, це справедливо у випадку, якщо вартість використання ретрансляційної ділянки пропорційна довжині черги, що чекають передачі. У теорії графів завданням знаходження шляху з найменшою вартістю відповідає завдання пошуку шляху з найменшою довжиною в зваженому орієнтованому графові. Більшість алгоритмів пошуку маршруту з найменшою вартістю, що застосовуються в мережах з комутацією пакетів і об'єднаних мережах, є варіації одного з двох загальних алгоритмів, відомих як алгоритм Дейкстри і алгоритм Беллмана-Форда.

УДК 004.832

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІГРОВИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ДІЙ

*Мініє Р. П.*

*Вінницький національний технічний університет*

### Вступ

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Сьогодні комп'ютер [1] є невід'ємним атрибутом у житті людей, це й не дивно, адже, він вважається найважливішим винаходом людства [2], оскільки, його створення направлене на підсилення розумових, а не фізичних навичок людини. Такий стрімкий ріст популярності зумовлений і іншими другорядними складовими, які ми можемо отримати від комп'ютера, де одна з найбільш зарекомендованих є, беззаперечно – розважальна складова у вигляді ігор.

Найважливішою, без сумніву, в усі часи була і залишається професія педагога. Якщо, раптом, через невідому причину зникнуть усі вчителі, то нас відкине назад у минуле, а наш розвиток, буде призупинено на десятки, а то і сотні років. Ви можете заперечити, оскільки крім вчителів, професіонали у своїх галузях нікуди не ділись, так, але, професіонал це не те саме що вчитель. Він може бути неперевершеним працівником, який розбирається у своїй справі, але якщо він не зможе передати ці знання, поділитись ними, то ці знання зникнуть разом з ним. Не кожна людина може бути вчителем, для цього, окрім самих знань, потрібно мати ще й ряд інших необхідних навичок, які потрібні для заохочення до навчання, щоб навчання було цікавим і в першу чергу – доступним та зрозумілим.

Одним з найпоширеніших та найефективніших методів навчання є навчання в ігровій формі [3]. Дитині буде значно цікавіше навчатись, коли вона грається, вона навіть не буде знати що вона навчається, а ефект – неповторний. Але через епоху комп'ютерів, багато старих навчальних ігор відійшло на задній план, були забуті чи уже не використовуються, так як по великому рахунку, комп'ютер сьогодні надає значно більше можливостей. Це не є погано, це еволюція, але також варто розуміти, що старі навчальні ігри не втратили своєї сили в наш час, їх просто потрібно подавати у тій формі, до якої ми сьогодні звикли, а саме, через – комп'ютер.

Одна з таких навчальних ігор є – графічний диктант. Усі ми знайомі з графічними диктантами, грали в них чи хоча б чули про них. Графічний диктант – це малювання різних образів на клітинках, за допомогою підказок у вигляді кроків, наприклад: дві клітинки вправо (2→), 4 клітинки вниз (4↓) у результаті чого появиться певний малюнок. Малювання по клітинках є не тільки цікавою, а ще й корисною грою. Під час малювання по клітинках розвивається просторова уява, уважність, зосередженість. Внаслідок чого, їх часто використовують у школах і садочках, хоча вік гравців не обмежується.

Отже, визначивши, що таке графічні диктанти і яка від них користь, можна зрозуміти актуальність такого методу навчання. Останнім часом учнями,

студентами все менше і менше використовуються зошити, ручки тощо, на зміну ним прийшли комп'ютерні текстові редактори, звукозаписувальні пристрої та технології. В таких методів є певні переваги, у деяких випадках вони навіть більш зручні, практичні і функціональні. І для того, щоб не забути про таку цікаву та корисну гру як малювання по клітинках, було прийнято рішення перенести її в комп'ютерний світ, що дає змогу усім охочим і бажаючим помалювати не тільки на листочку а й на комп'ютері.

**Актуальність даної роботи** полягає у методах покращення навчального процесу за допомогою реалізації ігрових інтерактивних дій.

#### Список використаної літератури

1 Комп'ютер [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп%27ютер>

2 Винаходи людства що змінили світ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://futurenow.com.ua/vynahody-shho-zminyly-svit-top-10/>

3 Як навчання на основі ігор розвиває навички 21-го століття [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://osvitoria.media/experience/navchannya-rozvagoyu-5-igor-za-metodom-edutainment/>

4 Графічний диктант [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vseosvita.ua/news/hrafichnyi-dyktant-pryiom-dlia-rozvytku-uiavy-i-opanuvannya-aziv-matematyky-5246.html>.

УДК 004.932

## **УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ПОРІВНЯННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З МОЖЛИВІСТЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКОВИХ ДУБЛІКАТІВ ЗОБРАЖЕНЬ**

*Владислав Олександрович Ніколайчук, Оксана Володимирівна Романюк*

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна,  
romaniukoksanav@gmail.com*

На просторах інтернету є величезна кількість медійної інформації, а особливо зображень. Практично для кожного зображення, розміщеного на тому чи іншому сайті, є величезна кількість копій цього зображення на цьому ж сайті або інших. Цифрові зображення піддаються найрізноманітнішим спотворенням під час обробки, стиснення, зберігання, передачі та відтворення, що може призвести до погіршення візуальної якості. Крім цього, зображення може бути дещо модифіковано: стиснено та закодовано іншим алгоритмом, накладено фільтр, обрізано, нанесено додаткові деталі або водяні знаки тощо. Тому актуальною задачею є розробка алгоритму для покращення точності порівняння двох зображень, що дозволить визначити чи є одне зображення повним або частковим дублікатом.

Для зображень з однаковими розмірами, зазвичай метрикою відмінності слугує середньоквадратичне відхилення пікселів. Але якщо зображення було

хоч якість модифіковано, більшість наявних алгоритмів порівняння комп'ютерних зображень, наприклад, порівняння пікселів обох зображень між собою, не виявляють схожості між модифікованим зображенням та першоджерелом. Крім того, такий метод є трудомістким [1].

У випадку використання фільтрів та різного розміру зображень найбільш ефективними на даний момент є методи порівняння фотографій через перцептивні хеші [2]. Однак, ці методи не є стійкими до модифікацій. Напівдублікати встановити алгоритмами комп'ютерного зору доволі важко, тому що з людської точки зору зображення можуть бути схожі через те, що ми виділяємо значущі ділянки та їх порівнюємо, але з точки зору комп'ютера ці зображення будуть дуже сильно відрізнятися.

При вирішенні поставленої задачі порівняння зображень найважливішу роль відіграє ієрархічний аналіз "первинних" особливостей зображень – стабільних точок. Стабільна точка – це точка, позиція якої залишається стабільною на зображенні при повторному стисненні та спотворенні різного типу, окрім обрізання.

Основними перевагами використання стабільних точок для задач виявлення є простота і швидкість виділення (у порівнянні з іншими використовуваними характерними ознаками). Крім того, на зображеннях не завжди вдається виділити інші характерні риси (чіткі контури або області), в той час як локальні особливості в переважній більшості випадків виділити можна.

Завдання виявлення об'єкта на зображенні зводиться до пошуку характерних точок і фіксації їх взаємного розташування. Загальна схема алгоритму пошуку відповідних точок складається з декілька етапів:

- виділення точкових особливостей на зображеннях;
- формування векторів ознак точок;
- зіставлення точок в просторі ознак.

Для визначення стабільних точок, зображення необхідно перш за все перевести у відтінки сірого, тому що в такому зображенні кожен піксель представляє або кодує інформацію лише про його інтенсивність.

Далі для зображення необхідно знайти різницю гаусіанів. Різниця гаусіанів – це зображення, отримане шляхом попіксельного віднімання одного гаусіана вихідного зображення від гаусіана з іншим радіусом розмиття. Найважливіші параметри фільтра — два радіуси. Варто пам'ятати, що збільшення малого радіуса призводить до розширення границь, а зменшення великого радіуса збільшує поріг, за яким визначається межа це чи ні [3]. Після знаходження характерних точок зображення, необхідно побудувати значущі ділянки та представити їх у вигляді дескрипторів.

Дескриптор – опис особливої точки, що визначає особливості її околиці, являє собою числовий або бінарний вектор певних параметрів. Довжина вектора і вид параметрів визначаються застосовуваним алгоритмом. Дескриптор дозволяє виділити особливу точку з усього їх безлічі на зображенні, це необхідно для складання ключових пар особливостей, що належать одному об'єкту, порівнюючи з іншими зображеннями [4].

Для подальшого порівняння зображень між собою необхідно провести перевірку геометричної консистентності розміщення дескрипторів на картинках. Якщо області, що перетинаються на цих зображеннях, були знайдені, потрібно застосувати невелику кількість фільтрів для того, щоб вирівняти яскравість та освітленість на зображенні та виконати етап фінальної валідації.

Для проведення фінальної валідації, необхідно стиснути зображення до розміру 16x16 пікселів та порівняти пікселі обох зображень між собою. Чим більше спільних областей буде знайдено та підтверджено їх ідентичність за допомогою етапу фінальної валідації – тим більшим буде відсоток подібності двох зображень, ігноруючи незначні відмінності та модифікації одного з зображень.

Таким чином, для вирішення поставленої задачі було запропоновано алгоритм порівняння модифікованих зображень, що має кращу швидкість, дає більшу точність порівняння. Даний алгоритм дозволить з більшою точністю визначити чи є зображення частковим дублікатом іншого зображення та має меншу кількість помилкових спрацьовувань.

#### Літературні джерела

1. Ніколайчук В.О., Романюк О.В., Новий метод пошуку модифікованих дублікатів зображень у форматі JPEG XR з використанням перцептивних хешів // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 3rd International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kharkiv, Ukraine. 2020. Pp. 107-110. URL: <http://sci-conf.com.ua>.

2. Ніколайчук В.О., Романюк О.В., Кластерний метод пошуку модифікованих дублікатів зображень у форматі JPEG XR з використанням перцептивних хешів // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2020) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2020 С. 1094-1098. URL: [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/vntu\\_2020\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/vntu_2020_netpub.pdf)

3. Різниця гаусіанів [Електронний ресурс] // Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Різниця\\_гаусіанів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Різниця_гаусіанів)

4. Visual descriptors [Електронний ресурс] // Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_descriptor](https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_descriptor).

УДК 004.624

## РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ГРИ-ВІКТОРИНИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

*Бурбело С.М., Бевз С.В., Дмитрієнко Д.В.*

*Вінницький Національний Технічний Університет,  
21021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, vntu@vntu.edu.ua*

Сьогодні використання мобільних додатків є досить важливим аспектом життя кожного. Проте навчальні можливості мобільних додатків мало використовуються. Їх поширення у навчальному процесі обмежує відсутність ігрової форми навчання. Тому актуальним є розвиток мобільних додатків, орієнтованих на навчання в ігровій формі [1].

Ігрова мобільна система складається з чотирьох компонентів: клієнтської частини, кешу на мобільному пристрої, серверної частини та бази даних (БД), до якої під'єднано сервер. У кеші зберігаються дані про користувача, які отримуються після авторизації. При цьому вони також відправляються на сервер і зберігаються в БД.

Структура додатку є деревоподібною, це дозволяє додавати та видаляти нові модулі додатку. Додаток складається з трьох частин: роботи з даними, бізнес логіки та користувацького інтерфейсу. Роботу з даними також поділяємо на дві частини: роботу з сервером та локальними даними. Модуль користувацького інтерфейсу складається з основного коду, що відповідає за відображення даних на екрані, та додаткових утиліт, які спрощують написання коду. Бізнес логіка поділяється на «презентери» (класи, які призначені для перенаправлення даних) та трансформери даних (класи, що призначені для трансформування отриманих даних).

Завдяки моделі GOMS [2] було обрано зручний варіант інтерфейсу, щоб процес запису даних не відбирав у користувача багато часу. Для розробки серверної частини було використано середовище IntelliJ IDEA. Це комерційне інтегроване середовище розробки для різних мов програмування (Java, Python, Scala, PHP та ін.) від компанії JetBrains.

Використання мобільної інтелектуальної гри-вікторини дозволяє активізувати навчальний процес і дає можливість наповнювати базу даних запитаннями з різних обраних тем навчальної дисципліни.

### Літературні джерела

1 Дмитрієнко Д.В. / Розробка мобільного додатку інтелектуальної гри-вікторини «Quiz Duck» / Д.В. Дмитрієнко, В.В. Войтко // XLVIII науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, ВНТУ, 2019 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2019/paper/view/7881/6551>

2 Модель GOMS. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://33testers.blogspot.com/2012/02/goms.html>

## ОГЛЯД ІГРОВОГО РУШІЯ UNREAL ENGINE 4

Ю.В. Сідлак

*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, popohynol@yahoo.com*

У той час, як багато студій-розробники ігор використовують власні ігрові рушії, є ще величезний ринок інді-розробників і навіть великих студій, які не мають власного ігрового рушія, який допоможе створити свою гру за короткі терміни. Unreal Engine 4 - це один з найпопулярніших ігрових рушіїв.

Unreal Engine 4 має відкритий код, а також підтримку користувачів, які самостійно створюють для нього різного роду скрипти, генератори або ж розширення для редактора.

Вікно редактора складається зі стандартних вікон - Вміст сцени (Scene Outliner), Браузер контенту (Content Browser), вікно властивостей об'єкта (Details), Режими роботи (Modes). Інші елементи можна додати через меню Windows.

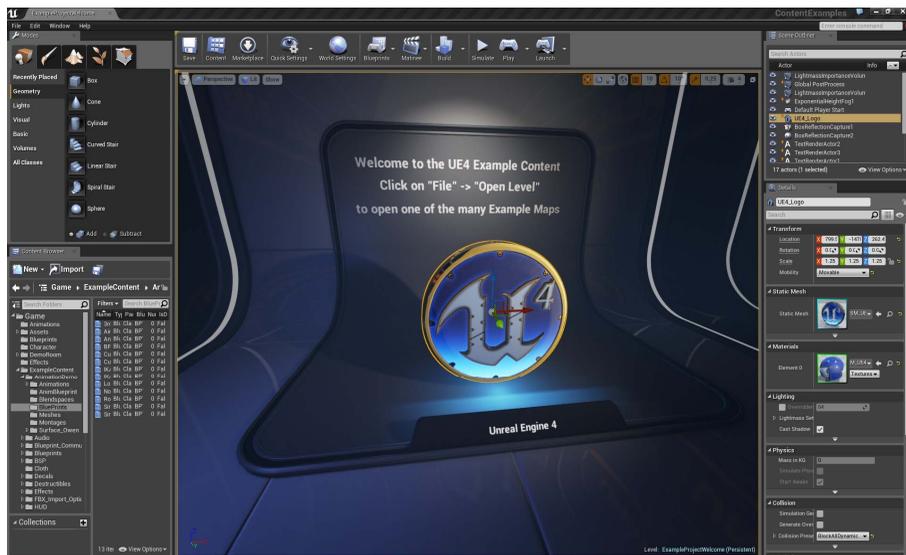


Рисунок 1 – Вікно редактора

В Unreal Engine 4 використовується мова програмування C++. Але Unreal Engine 4 має рішення для людей, які бояться високого порогу входження в C++. Це Blueprint - редактор візуального скриптинга. Технічно вам не потрібно писати жодного рядка коду. Це дуже зручно для створення швидких прототипів, і ви навіть можете створювати цілі гри за допомогою Blueprint. Якщо ви не майстер програмування, Unreal Engine 4 буде для вас відмінним варіантом. До слова, в Unity є схоже рішення. У Unity Asset Store можна

придбати розширення для редактора під назвою Playmaker, яке так само дозволяє розробляти прототипи ігор без написання коду.

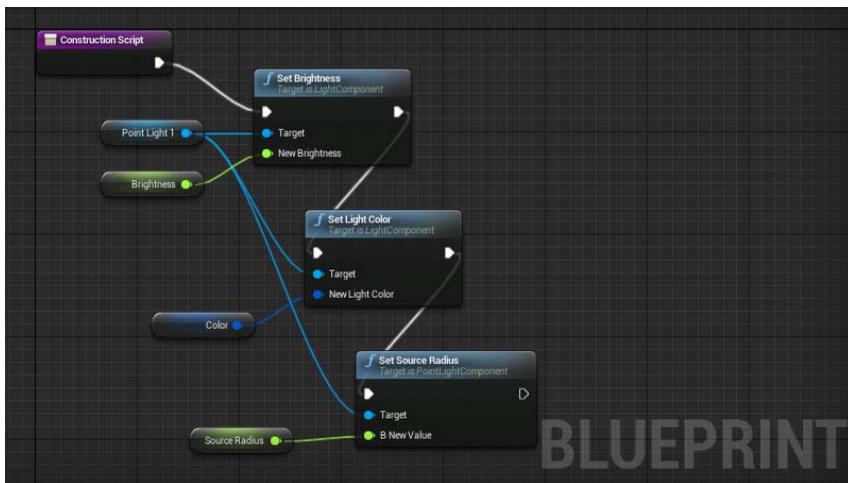


Рисунок 2 – Blueprint редактор візуального скриптинга

Якщо ж все ж таки код буде писатись вручну то редактор Unreal Engine 4 відмінно синхронізується з Visual Studio. При запуску збірки через студію проект запуситься в редакторі, а в студії можна ставити регламентувати написане. Intelicense теж відмінно працює.

Ігрова логіка а C ++ пишеться шляхом успадкування від стандартних класів. У свою чергу кожен blueprint успадковується від C ++ класу, який називається батьківським класом креслення( blueprint). Цей клас може бути як стандартним, так і користувацьким.

В висновку можна сказати що Unreal Engine 4 виглядає багатообіцяюче. Крім того для нього була створена нова екосистема з великим числом навчального матеріалу, магазином контенту, форумом і співтовариством розробників. Можливість писати як на нативному коді, так і на візуальному редакторі.

#### Літературні джерела

- 1 Unreal Engine 4 Game Development Essentials - Satheesh Pv, 2016. - 266

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ**



**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО АРМУВАННЯ ЗУБКІВ ШАРОШОК БУРОВИХ ДОЛІТ***І. О. Шуляр, В. В. Кустов, Ю. Сидоров**ІФНТУНГ, 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15?  
e-mail:ira.shuliar@gmail.com*

В загальному обсязі буріння нафтових і газових свердловин більше 90 % прохідницьких робіт виконуються шарошковими долотами [1,2]. При всіх перевагах, недоліком цих породоруйнівних інструментів є доволі незначний термін їх експлуатації. Це обумовлено передусім зношуванням оснащення шарошок, яке представляє собою суцільні або вставні зубки, рідше, штирі з твердосплавних матеріалів, штучних алмазів або мінералокераміки. Стійкість до зношування породоруйнівних елементів визначається, як відомо, багатьма факторами, пов'язаними з процесами проектування, виробництва доліт та їх промислового використання. Підвищення її рівня вимагає розробки на науковій основі раціональних рекомендацій конструкторсько-технологічного та експлуатаційного характеру.

Зокрема в роботі [3,4] методом планування експерименту досліджувався вплив на зносостійкість зубків шарошкових доліт технологічних параметрів процесу відцентрового армування, яким ці зубки отримувались .

Процес армування (зміцнення) проводився в такій послідовності: попередньо підігріта ливарна форма встановлювалась на установку відцентрового литва і приводилася в рух. В форму, що обертається, одночасно вводився розплавлений метал і твердий сплав. При цьому кожне зерно твердого сплаву оточене рідким металом і в процесі його руху до периферії форми відбувалося оплавлення зерен по границям контакту, чим забезпечувалося надійне закріплення зерен твердого сплаву в матриці. Процеси, які відбуваються в зоні армування пов'язані з технологічними параметрами виготовлення виливок. В зоні армування відбуваються фізико-хімічні процеси, пов'язані з технологічними параметрами процесу отримання виливок. Регулюючи останні можна одержати оптимальну структуру металозв'язки і форму армованої зони, які забезпечують стійкісні характеристики шарошок бурових доліт до зношування.

Як незалежні змінні (фактори) було обрано такі режими технологічного процесу відцентрового армування зубків:  $X_1$  - температура заливання сталі,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $X_2$  - кількість введеного твердого сплаву, г;  $X_3$  - частота обертання відцентрової машини при заливанні сталі,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $X_4$  - температура нагрівання керамічної форми,  $^{\circ}\text{C}$ . Залежною змінною  $Y$  (параметр оптимізації) обрано розмірне спрацювання зубків.

Для чотирьох факторного експерименту була реалізована лінійна модель повного факторного експерименту, яка описується рівнянням регресії – поліномом першого порядку

$$y = 2,62 - 0,17x_1 - 0,28x_2 - 0,06x_3 .$$

Для визначення чисельного значення коефіцієнтів регресії було проведено шістнадцять дослідів, для кожного з яких підготовлено три зразки зі сталі 18ХН2МФ армованих релітом. Аналіз отриманого рівняння регресії, що описує модель зміцнення зубків показав, що за рівнем значущості фактори, які визначають режими відцентрового армування зубків розміщуються в такій послідовності:  $X_2$  – кількість введеного реліту,  $X_1$  – температура заливання сталі,  $X_3$  - частота обертання відцентрової машини при заливанні сталі; збільшення значень факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  призводить до зменшення зносу зубків. Таким чином регулювання параметрів режимів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  дозволяє оптимізувати процес виготовлення зубків досягаючи мінімальних значень їх зношування в процесі експлуатації шарошkových бурових доліт.

#### Літературні джерела

1 Буровой породоразрушающий инструмент. Шарошечные долота: международный транслятор-справочник / под ред. В. Я. Кершенбаума, А. В. Торгашева, А. Г. Мессера. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2003– . – Т1. – 2003. – 257 с.

2 Каталог буровых долот компании Hughes Christensen / [сост. Хьюз Кристенсен] - М.: Бейкер Хьюз Инкорпорейтед, 2008. - 44 с.

3 Кустов В.В. Моделювання впливу режимів відцентрового армування на зношування зубків шарошок бурових доліт / В. В. Кустов, І.О.Шуляр, В. М. Грабовецький // Науковий вісник ІФНТУНГ : всеукр. науково-технічний журнал. — Івано-Франківськ, 2019. — № (1). — С. 32-39.

4 Пляскин И. И. Планирование эксперимента в машиностроении / И. И. Пляскин. – М.: Машиностроение, 1982. – 176 с.

УДК 004.67

## **АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ MAC-ПІДРІВНЯ БЕЗПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ**

*А. І. Гриш, Я. І. Заячук*

*ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019,  
anastasiiaa1999@gmail.com*

На сьогоднішній день найпоширенішим стандартом безпроводних мереж є стандарт 802.11. Оскільки стандартом 802.11 визначено ряд специфікацій, які підтримують різні конфігурації параметрів фізичного, MAC-підрівня та вищих рівнів мережевої моделі OSI, імітаційні моделі повинні врахувати різні швидкості передачі даних, які залежать від технології модуляції сигналів на фізичному рівні, та різні схеми доступу до фізичного середовища на MAC-підрівні. Зважаючи на те, що схему доступу DCF можна вважати окремим випадком схеми EDCA, коли увесь трафік мережі належить до одного типу класу трафіка, то в загальному випадку станція безпроводної мережі при

передачі функціонуватиме згідно спрощеної діаграми станів, зображеної на рисунку 1 [1].

Для кожного кадру, який надійшов у чергу, станція генерує значення лічильника проміжку зворотного відліку backoff (BoF) та переходить в стан прослуховування каналу. За умови вільності каналу станція зменшує лічильник BoF та знову прослуховує канал. Якщо ж під час очікування проміжку backoff канал стане зайнятим, то лічильник BoF заморожується, доки канал не буде вільним. Коли лічильник BoF стане рівним нулю та середовище все ще залишатиметься вільним, то станція переходить в стан перевірки на внутрішню колізію. Серед усіх кадрів, для яких лічильник BoF рівний нулю, станція обирає для передачі кадр з найвищим класом, щодо решти кадрів застосовується механізм запобігання колізій. Станція надсилає службовий кадр RTS та очікує на кадр CTS, тим самим резервуючи канал для передачі свого кадру. Якщо кадр CTS не отримано, то станція застосовує механізм запобігання колізій, інакше – передає кадр. Кожна передача кадру супроводжується кадром-квитанцією ACK про успішний прийом кадру станцією-адресатом. Якщо ACK не отримано, то станція вважає, що відбулась колізія в середовищі та застосовує механізм запобігання колізій. Експонентний вигляд функцій  $h_1(x)$  та  $h_2(x)$  є не єдиним видом даних функцій, який призведе до виникнення максимуму у функції  $h(x)$ . Так, наявність максимуму в одній з функцій  $h_1(x)$  або  $h_2(x)$  також може привести до даного явища.

В моделі станів враховано механізм RTS/CTS, за його відсутності станція після прослуховування каналу одразу переходить до передачі даних.

При прийомі станція заморожує лічильник зворотного відліку, якщо в черзі знаходиться кадр для передачі. Успішно прийнявши кадр, станція відсилає кадр-підтвердження ACK.

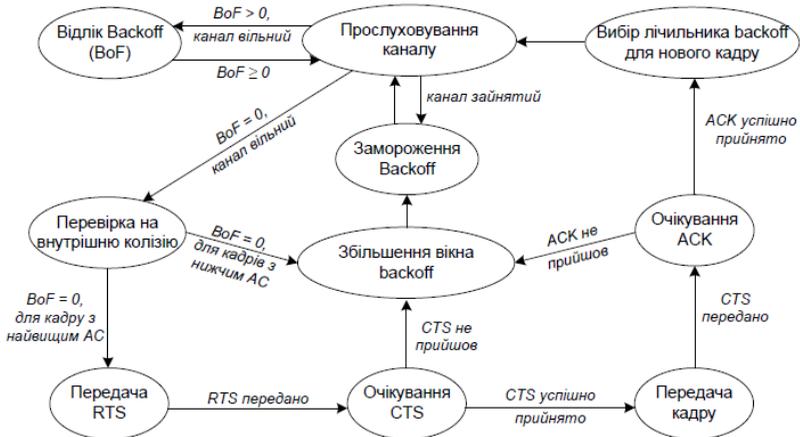


Рисунок 1 – Діаграма станів на MAC-підрівні

Аналіз безпроводної мережі можна звести до аналізу її окремих сегментів, які в свою чергу складаються з набору робочих станцій, точки доступу та безпроводного середовища. Станції, точки доступу і безпроводне середовище описуються своїм набором параметрів, серед яких є і параметри MAC-підрівня. Станції за допомогою точки доступу обмінюються між собою повідомленнями. При цьому повідомлення можуть бути кадрами даних або службовими (АСК, СТС, RTS). Для сегменту безпроводної мережі можна виокремити наступні класи об'єктів [1]: клас TComp для опису станцій, клас TAccess для опису точок доступу, клас TMAC для опису MAC-підрівня станції чи точки доступу, клас TPacket для опису кадрів даних та клас TService для опису службових повідомлень. Крім того, існують ще два класи об'єктів: клас TChannel для опису параметрів фізичного середовища мережі та клас TTimer для відтворення роботи мережі в часі.

#### Літературні джерела

1 Панова О. С. Методи та моделі управління доступом до фізичного середовища безпроводних комп'ютерних мереж : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Львів, 2017. 167 с.

УДК 68.5.013:622.24

### **СИНТЕЗ ЕМПІРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГНІТАЧА НА ЗАСАДАХ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ**

*Матейк Г. Д., Захарків І.Р.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, kafatp@ukr.net*

В основу емпіричного моделювання процесів і явищ лежить фундаментальний метод найменших квадратів (МНК). На практиці, як правило, структура моделі невідома, що призводить до необхідності довільного вибору як числа функцій, так і вигляду самих функцій у моделі. Коефіцієнти моделі розраховуються за методом найменших квадратів. Такий критерій апроксимації результатів експерименту носить назву внутрішнього критерію. Отримана у такий спосіб математична модель може досить точно описувати табличні дані експерименту, але вона може дати досить хибне уявлення як про структуру моделі, так і про властивості об'єкта. Це пояснюється неточністю вихідних експериментальних даних, оскільки на вимірювані значення технологічних параметрів накладається перешкода, яка у значній мірі може спотворювати шукану залежність між виходом і входом об'єкта.

Характерною особливістю індуктивного методу побудови оптимальних моделей є те, що початкова вибірка експериментальних даних розбивається на три множини: множина  $A$  - навчальна; множина  $B$  - перевірна і множина  $C$  - екзаменаційна. Множина  $A$  служить для визначення коефіцієнтів моделей. Вибір моделі оптимальної складності із множини можливих є багатозначною і

некоректною задачею [1]. Для того, щоб отримати однозначну модель, додатково формулюють зовнішні критерії як на множині  $B$ , так і на множині  $C$ . До таких критеріїв відносять [1]: критерій регулярності  $\Delta^2(B)$  та критерій зміщення (не протиріччя) моделі  $n_{zm}^2$ .

Реалізація індуктивного методу самоорганізації моделей здійснюється поетапно: перший етап генерація моделей-претендентів (у певному порядку підвищення складності); другий етап - відбір найкращої моделі за критерієм селекції.

При самоорганізації моделей використовується деякий генератор моделей-претендентів, який визначає структури різної складності. Самоорганізація (оцінка за критеріями) дає можливість вилучити співвідношення і зв'язки, які є зайвими чи випадковими. Після виключення явно непридатних моделей інші оцінюються за критерієм регулярності або зміщення і як результат вибирається модель оптимальної складності.

Роботу нагнітача природного газу, як складового елемента ГПА, досить повно характеризують три показники: ступінь підвищення тиску  $\phi$ , політропний коефіцієнт корисної дії  $\eta_{пол}$  і внутрішня потужність  $N_i$ , тобто [2]:

$$\phi = f_{\phi}(x, y), \quad (1)$$

$$\eta_{пол} = f_{\eta}(x), \quad \frac{N_i}{\rho_0} \left( \frac{n_0}{n} \right)^3 = f_N(x),$$

де  $\rho_0$  - густина газу, приведена до умов всмоктування;

$$x = Q \frac{n_0}{n} - \text{зведена продуктивність нагнітача};$$

$$y = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{z_0 R_0 T_0}{z R T}} - \text{зведені обороти нагнітача};$$

$z_0, R_0, T_0$  - параметри зведення;  $n_0$  - номінальні обороти нагнітача;  $z$  - ступінь стискування газу приведена до умов всмоктування.

Залежності  $f_{\phi}(x, y)$ ,  $f_{\eta}(x)$  і  $f_N(x)$  - це паспортні характеристики нагнітачів, які надаються у вигляді графіків заводами-виготовлювачами [2].

Залежність (1) будемо апроксимувати поліномом степені  $r$

$$\phi = \sum_{i=0}^{M-1} a_i \prod_{j=1}^{n_i} x_j^{s_{ji}}, \quad (2)$$

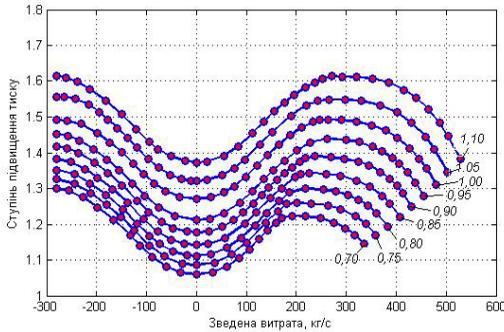
де  $x_j$ ,  $j = \overline{1, n_i}$  - аргументи залежності (1) ( $n_i = 2$ ;  $x_1 = x$ ;  $x_2 = y$ ),  $i = \overline{0, M-1}$  - коефіцієнти полінома;  $s_{ji}$  - степені аргументів, які повинні задовольняти

$$\text{обмеженню } \sum_{j=1}^{n_i} s_{ji} \leq r.$$

Число членів  $M$  полінома (2) визначають за такою формулою:  $M = \frac{(r + n_i)!}{r! n_i!}$ .

Для апроксимації залежності (1) скористаємося методом синтезу емпіричних моделей оптимальної складності на засадах генетичних алгоритмів [3], який дає

змогу визначити не тільки коефіцієнти емпіричної моделі (2), але її структуру при заданому значенні  $r$  [2].



**Рисунок 1 – Зведена характеристика нагнітача з екстраполяцією в область від’ємних значень зведеної витрати**

Як приклад апроксимації залежності (1) були взяті статичні характеристики нагнітача НЦ-16/76-1,44, які екстраполювались в область від’ємних значень зведеної продуктивності  $x$  з метою дослідження роботи нагнітача в помпажній області (рис. 1). Був вибраний поліном (2), для якого  $r = 7$ . Змінні  $x$  і  $y$  приведені до безрозмірного вигляду

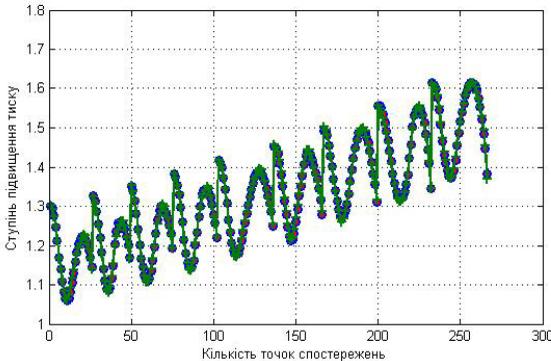
$$X = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}; Y = \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}},$$

де  $x_{min}$ ,  $y_{min}$ ,  $x_{max}$ ,  $y_{max}$  - відповідно мінімальні і максимальні значення величин  $x$  і  $y$ , що забезпечує однакові діапазони зміни величин  $x$  і  $y$ .

Результатом апроксимації є такий поліном:

$$\begin{aligned} \varphi = & a_0 + a_1Y + a_2XY + a_3Y^2 + a_4X^3 + a_5Y^3 + a_6X^4 + a_7X^3Y + a_8X^2Y^2 + a_9XY^3 + a_{10}X^5 + \\ & + a_{11}X^4Y + a_{12}X^3Y^3 + a_{13}X^2Y^3 + a_{14}X^6 + a_{15}X^5Y + a_{16}X^4Y^2 + a_{17}X^7 + a_{18}X^5Y^2 + a_{19}X^3Y^4. \end{aligned} \quad (3)$$

Результати апроксимації зведеної характеристики (1) поліномом (2) відтворює рис. 2 [2].



**Рисунок 2 – Результат апроксимації зведеної характеристики нагнітача**

Отже, отримано таке значення коефіцієнта кореляції:  $K_{Ее} = 0,99920$ . Оскільки значення коефіцієнта кореляції незначно відрізняється від одиниці, а розраховані значення ступені підвищення тиску  $\phi$  знаходяться у межах довірчих інтервалів, то є підстави стверджувати, що отримана оптимальна за структурою емпірична модель (3) адекватно описує «експериментальні» дані.

#### Літературні джерела

- 1 Буровой породоразрушающий инструмент. Шарошечные долота: международный транслятор-справочник / под ред. В. Я. Кершенбаума, А. В. Торгашева, А. Г. Мессера. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2003– . – Т1. – 2003. – 257 с.
- 2 Каталог буровых долот компании Hughes Christensen / [сост. Хьюз Кристенсен] - М.: Бейкер Хьюз Инкорпорейтед, 2008. - 44 с.
- 3 Кустов В.В. Моделювання впливу режимів відцентрового армування на зношування зубків шарошок бурових доліт / В. В. Кустов, І.О.Шуляр, В. М. Грабовецький // Науковий вісник ІФНТУНГ : всеукр. науково-технічний журнал. — Івано-Франківськ, 2019. — № (1). — С. 32-39.
- 4 Пляскин И. И. Планирование эксперимента в машиностроении / И. И. Пляскин. – М.: Машиностроение, 1982. – 176 с.

УДК 004.67

## БЕЗПЕКОВА МОДЕЛЬ КФС НА ОСНОВІ ДЕСКРИПТОРНОЇ СИСТЕМИ

*В. В. Олексин, Я. І. Заячук*

*ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019,  
y.zaiachuk@nimg.edu.ua*

Модель кібер-фізичної системи в роботі [1] розглядається на основі лінійної нестационарної дескрипторної системи

$$\begin{aligned} x(t+1) &= A(t)x(t) + Bu(t) + \xi(t), x(0) = x_0, \\ y(t) &= C(t)x(t) + Du(t) + \eta(t), t = \overline{0, T-1}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $x(t) \in R^n$ ,  $y(t) \in R^p$ ,  $A(t) \in R^{n \times n}$ ,  $B \in R^{n \times m}$ ,  $C \in R^{p \times n}$  і  $D \in R^{p \times m}$ . У рівняннях (1) розглядається деякий “білий шум”, що впливає на вимірювані вектори, які є гаусівськими випадковими векторами. Вхідні величини  $Bu(t)$  та  $Du(t)$  є невідомими сигналами, що описують завади, які впливають на мережу. Саме вони відображають «збій» роботи системних компонентів. Ці порушення моделюють ефект атаки на кіберфізичну систему [1].

Для зручності позначень та без обмеження загальності згідно [1] кожен стан і вихідна змінна можуть бути незалежно атаковані. Таким чином, можемо представити матриці у вигляді  $B = [I, 0]$  і  $D = [0, I]$ , де  $I$  – тотожна матриця,  $0$  –

нульова матриця відповідних розмірів  $i$ , звідси,  $u(t) = [u_x(t)^T, u_y(t)^T]^T$ . Отже, атака  $(Bu(t), Du(t)) = (u_x(t), u_y(t))$  може бути класифікована як атака стану, що впливає на динаміку системи та, у випадку атаки, збурює також вектор вимірювань. Повна модель кібер-фізичної системи з урахуванням атак, включаючи монітори та атаки різних типів, описана в [1].

У кінцевому випадку отримано таку дескрипторну систему

$$\begin{aligned} x(t+1) &= A(t)x(t) + u_x(t) + \varepsilon(t), x(0) = x_0, \\ y(t) &= C(t)x(t) + u_y(t) + \eta(t), t = \overline{0, T-1}. \end{aligned} \quad (2)$$

При деяких припущеннях:

$$\begin{aligned} E\xi(t) &= 0, E\xi^T(t) = 0, Ex_0 = m_0, \\ E[x_0, x_0^T] &= R_0, E[\xi(t), \xi^T(t)] = R(t), t = \overline{0, T-1}, \\ \eta(t) \in G &= \{\eta(t)\}, t = \overline{0, T-1}; \sum_{t=1}^{T-1} E\eta^T(t)Q(t)\eta(t) \leq 1, \end{aligned}$$

де  $Q(t)$  – задані додатньовизначені матриці відповідної розмірності.

Проблема оцінювання полягає в тому, щоб знайти для (2) оцінку  $a^T x(T)$  для довільного вектора  $a \in R^n$ . Таку оцінку представлено у вигляді [1]:

$$a^T x(T) = \sum_{t=0}^{T-1} v^T(t) y(t), \quad (3)$$

де  $v(t) \in R^p$ .

Взаємною інформацією між випадковими векторами  $\xi$  та  $\eta$  є величина

$$I(\xi, \eta) = E \log \frac{p(\xi, \eta)}{p(\xi)p(\eta)},$$

де  $p(\xi, \eta)$  – функція щільності спільного розподілу  $\xi$  та  $\eta$ ;  $p(\xi)$  та  $p(\eta)$  є функціями щільності відособлених розподілів  $\xi$  та  $\eta$  відповідно.

Оцінка (3) при  $v(t) = v^*(t)$  називається інформаційною мінімаксною оцінкою для мережевої моделі (2),

$$\begin{aligned} v^*(t) &= \arg \sup_{v(t)} \inf_{\eta^*(t) \in G} I(a^T x(t), \overline{a^T x(T)}), t = \overline{0, T-1}, \\ \sup \left| E(a^T x(t) - \overline{a^T x(T)}) \right| &\leq C; u_x(t) \in G_1(t), \\ \overline{a^T x(T)} &= \lambda a^T x(T | T-1); u_y(t) \in G_2(t), \end{aligned} \quad (4)$$

для деякої заданої додатної сталої  $C$ .

Інформаційна мінімаксна оцінка скалярного добутку  $a^T x(t)$  на основі спостереження (2) має вигляд

$$a^T x(t) = \lambda a^T \hat{x}(T | T-1).$$

Оцінка вигляду (3), що визначається критерієм (4), при умові, що модель має вигляд

$$x(t+1) = A(t)x(t) + \varepsilon(t), \quad (5)$$

$$x(0) = x_0, Ex_0 = 0;$$

$$y(t) = C(t)x(t) + \eta(t), \quad (6)$$

і всі припущення щодо інших змінних є незміщеними.

Крім того, задача (3-6) є тотожною до задачі оптимального керування та максимізації критерію якості

$$J(v) = \left[ \sum_{t=0}^{T-1} z_1^T(v, t+1)R(t)z(t+1) + z_1^T(v, 0)R_0z(0) \right]^2 * \\ \left[ \sum_{t=0}^{T-1} z^T(v, t+1)R(t)z(t+1) + z^T(0)R_0z(0) \right]^2 * \\ \left[ \sum_{t=0}^{T-1} z_1^T(v, t+1)R(t)z_1(v, t+1) + \sum_{t=0}^{T-1} v^T(t)Q^{-1}(t)v(t) + z_1^T(v, 0)R_0z_2(v, 0) \right]^2, \quad (7)$$

Тобто задача оцінювання системи без атаки може бути зведена до задачі оптимального керування.

Літературні джерела

1 В. Марценюк, А. Сверстюк. Про модель кібер-фізичної системи з атаками стану та вимірювань на основі стохастичних різницевих рівнянь. Захист інформації, том 21, №1, січень-березень 2019. С. 5-12.

УДК 004.946

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕЙКАСТИНГУ ДЛЯ ПОБУДОВИ 3D МОДЕЛЕЙ ПРИМІЩЕНЬ ЗАСОБАМИ МОВИ JAVASCRIPT

*В.А. Равшер*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна, vitalravsher@gmail.com*

Сучасні тенденції розвитку програмного забезпечення дедалі більше пов'язані з наданням послуг та реалізацією сервісів з використанням засобів мережі Інтернет. Зокрема, велика кількість програмного забезпечення, що донедавна була доступна виключно на окремих обчислювальних машинах, сьогодні реалізується з використанням веб-технологій, що забезпечує клієнту доступ до функціоналу за наявності будь-якої апаратно-програмної платформи, що здатна забезпечити функціонування інтернет-браузера.

При цьому, якщо веб-орієнтовані системи документообігу, CRM-системи, онлайн-ігри та засоби онлайн-зв'язку вже давно стали звичними в побуті користувачів мережі Інтернет, проблема ефективної реалізації деяких прикладних задач, пов'язаних з візуальним моделюванням, зокрема тривимірного моделювання плану приміщень, залишається актуальною.

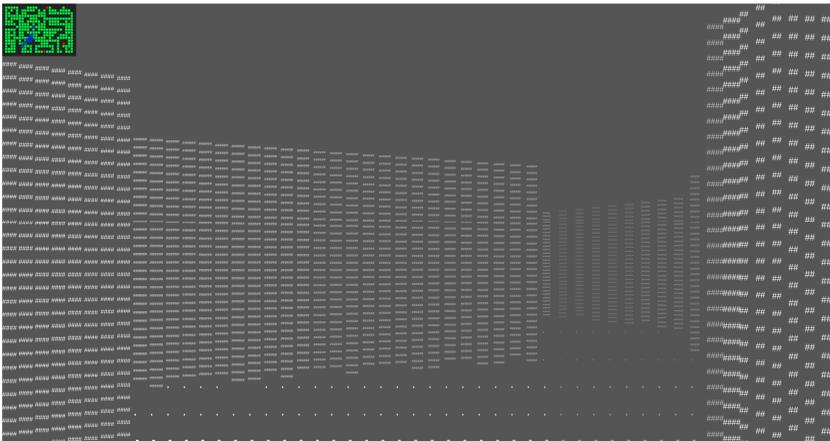
Використання тривимірних моделей, збережених у спеціалізованих форматах накладає обмеження на платформи, що використовуються, та робить реалізацію залежною від можливостей відображення таких моделей браузером.

Одним із способів вирішення даної задачі є технологія рейкастингу. Ray casting - це використання методу перетину променів з поверхнею для вирішення різних завдань в комп'ютерній графіці та обчислювальній геометрії. Цей термін вперше був використаний в комп'ютерній графіці в роботі Скотта Рота 1982 року, щоб описати спосіб перетворення моделей конструктивної блокової геометрії. [1]

Технології рейкастингу широко застосовувалися в платформних іграх до появи універсальних бібліотек 3D-моделювання, зокрема, на цій технології базується легендарна гра Wolfenstein 3D. Оскільки алгоритм побудови зображення на основі технологій рейкастингу являє собою виключно математичні перетворення та приймає як вихідні дані виключно координатну сітку з блоками що визначають стіни або простір (grid), то ця технологія фактично не залежить від жодних пропріетарних форматів моделювання та функціонує виключно завдяки реалізації з допомогою математичних функцій.

Автором було реалізоване веб-орієнтоване програмне забезпечення з використанням мови Javascript. Єдиною бібліотекою, що використовувалася при написанні, була бібліотека р5.j - графічна бібліотека, призначена для художників, дизайнерів та інших професій, пов'язаних зі створенням візуальних ефектів у вікні браузера [2].

Розроблене програмне забезпечення містить координатну карту простору, в якому знаходиться спостерігач, функції для розрахунку довжини променя та побудови візуального зображення на основі розрахунків, включаючи спотворення по вертикалі за принципом “риб'яче око”. Приклад вигляду приміщення з точки зору спостерігача, що у ньому перебуває, показано на рис. 1.



**Рисунок 1 - Відображення стін тривимірної моделі приміщення з використанням технології рейкастингу**

Недоліками даного методу є те, що хоча якість (роздільну здатність) модельованого зображення можна явно задати в параметрах програмного забезпечення, при зростанні якості спостерігається значне навантаження на обчислювальні ресурси комп'ютера (зокрема, оперативну пам'ять та відеокарту) та зменшення кількості кадрів за секунду (FPS). Тому однією з головних подальших задач автора буде оптимізація процесу обчислення довжини променів та побудови зображення, зокрема за рахунок методів інтерполяції.

Розробка веб-орієнтованого програмного забезпечення, що використовує для 3D моделювання виключно математичний апарат та засоби мови JavaScript, відкриває широкі перспективи застосування такого програмного забезпечення у прикладних задачах, зокрема, для “вигляду зсередини” приміщень на сайті оренди та продажу нерухомості в новобудовах, візуалізації планів будівель, тощо.

Літературні джерела

1 Scott D, Roth (February 1982). "Ray Casting for Modeling Solids", Computer Graphics and Image Processing (en). с. 18 (2): 109–144. doi:10.1016/0146-664X(82)90169-1.

2 P5.js Library. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://p5js.org/>.

УДК 004.67

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ДАНИХ У БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

*В. А. Хомик, Я. І. Заячук*

*ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019,  
anastasiiaa1999@gmail.com*

Трафік БСМ є гетерогенним і є сумішшю трафіку від джерел двох типів: вузлів, що передають телеметричні дані, і вузлів, що передають зображення [1].

Для моделювання трафіку від вузла телеметрії використана модель з постійною швидкістю передачі (CBR, Constant Bit Rate). При цьому, хоча потік від одного телеметричного джерела є детермінованим, об'єднаний потік від безлічі джерел набуває стохастичні властивості за рахунок випадкового зсуву моментів відправки пакетів з різних джерел.

Для моделювання трафіку вузлів, що передають зображення, використовується ON-OFF модель [1], в якій пакети передаються з постійною швидкістю протягом ON-інтервалів і не передаються протягом OFF-інтервалів. Часовий ряд даних трафіка вузла, що передає зображення, подано як:

$$W_1^{(i)}(t), t \geq 0,$$

де  $W_1(t) = 1$  протягом ON-інтервалу та  $W_1(t) = 0$  протягом OFF-інтервалу.

При цьому відповідно до [1] тривалості ON-інтервалів при передачі зображень є фіксованими, а тривалості OFF інтервалів в даному дослідженні були обрані випадковими величинами, розподіленими рівномірно на заданому інтервалі:

$$f_{1\_ON}^{(i)} = \begin{cases} 1, x = x_{ON} ; \\ 0, x \neq x_{ON} \end{cases} ;$$

$$f_{1\_OFF}^{(i)} = \begin{cases} \frac{1}{x_{OFF\ max} - x_{OFF\ min}}, x \in [x_{OFF\ min}, x_{OFF\ max}] \\ 0, x \notin [x_{OFF\ min}, x_{OFF\ max}] \end{cases} .$$

Об'єднаний трафік від усіх вузлів, що передають зображення:

$$W_1^{(i)}(t) = \sum_{i=1}^I W_1^{(i)}(t).$$

Аналогічний підхід може використовуватися для моделювання трафіку від вузла телеметрії. При цьому через те, що трафік телеметрії є трафіком з постійною швидкістю передачі (CBR), інтервалами ON вважаються моменти передачі одного пакета, а інтервалами OFF – паузи між періодичними відправками пакетів.

Хоча потік від одного телеметричного джерела є детермінованим, об'єднаний потік від безлічі джерел  $W_2(t)$  набуває стохастичні властивості за рахунок випадкового зсуву моментів відправки пакетів з різних джерел.

Сумарний трафік від всіх джерел визначається так [1]:

$$W(t) = W_1(t) + W_2(t) = \sum_{i=1}^I W_1^{(i)}(t) + \sum_{j=1}^J W_2^{(j)}(t).$$

Результати імітаційного моделювання сенсорної мережі, наведені в [1], показують, що зі збільшенням кількості вузлів, які передають зображення, і одночасним зменшенням кількості телеметричних вузлів функція залежності показника Херста від чисельного розподілу вузлів двох типів має виражений максимум.

Однією з властивостей самоподібних процесів є гіперболічно загасаюча коваріаційна функція:

$$R(\tau) \approx \tau^{(2H-2)}L(t) \text{ при } \tau \rightarrow \infty, \tag{1}$$

де  $L(t)$  – функція, що повільно змінюється на нескінченності ( $L=\text{const}$ ).

$W_1(t)$  та  $W_2(t)$  мають властивість самоподібності. Коефіцієнт Херста для цих процесів подано як функцію від числа джерел, що об'єднуються:

$$H_1 = h_1(I),$$

$$H_2 = h_2(J).$$

Дані потоки також об'єднуються в один, причому за умовами моделювання сума значень  $I$  та  $J$  є константою, тобто при збільшенні кількості джерел першого типу  $I$  зменшується кількість джерел другого типу  $J$ :  $I + J = N$ .

Коваріаційна функція суми двох незалежних процесів дорівнює:

$$R(\tau) = R_1(\tau) + R_2(\tau).$$

Тоді виходячи з (1), отримано:

$$L\tau^{(2h(x)-2)} = L_1\tau^{(2h_1(x)-2)} + L_2\tau^{(2h_2(x)-2)} \text{ при } \tau \rightarrow \infty.$$

Тоді:

$$h(x) = \frac{1}{2} \left[ \frac{\log\left(\frac{L_1}{L}\tau^{(2h_1(x)-2)} + \frac{L_2}{L}\tau^{(2h_2(x)-2)}\right)}{\log(\tau) + 2} \right] \text{ при } \tau \rightarrow \infty.$$

Експонентний вигляд функцій  $h_1(x)$  та  $h_2(x)$  є не єдиним видом даних функцій, який призведе до виникнення максимуму у функції  $h(x)$ . Так, наявність максимуму в однієї з функцій  $h_1(x)$  або  $h_2(x)$  також може привести до даного явища.

#### Літературні джерела

1 Носенко О. В. Дослідження характеристик трафіка у бездротових сенсорних мережах : пояснювальна записка до атестаційної роботи здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка / О. В. Носенко ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2019. – 56 с.

УДК 004.021

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДІАГНОСТУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ДЕФЕКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

*Р. Б. Курташ*

*Івано-Франківський національний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна,  
rkurtash@gmail.com*

Діагностика відіграє дуже важливу роль у забезпеченні надійної роботи обладнання. Вона дозволяє виявляти наявні дефекти, попереджуючи негативні наслідки аварій, впливати на проектування для створення більш надійних зразків. Діагностика дозволяє зменшувати витрати оскільки чим швидше будуть усунені дефекти, тим меншими будуть наслідки на інші справні сусідні елементи обладнання, зберігаючи тим самим їх ресурс. Перевагою вібродіагностики є те, що для її проведення не потрібно зупиняти роботу об'єкта, що може займати багато часу, а отже і до зайвого простою. Натомість діагностика відбувається у робочому стані, що дозволяє виконувати її частіше, виявляти дефекти швидше і проводити необхідні ремонти відповідно до реального стану обладнання, а не згідно планів. Проте аналіз спектру вібросигналу є досить складним завданням а також існують певні відмінності залежно від конкретного об'єкту діагностування [1].

Пропонується проводити діагностування структурних дефектів через підбір моделі об'єкту діагностування з використанням блоків, що відповідають певним структурним дефектам. Тоді якщо виходи (чи їх спектри) реального об'єкта діагностування та моделі співпадають можна припустити що об'єкт містить відповідний дефект. Якщо блок дефекту має параметри для налаштування, можна моделювати різні ступені розвитку дефекту.

Отже задачею є підбір моделі та її параметрів для генерування виходу зі спектром, схожим на заданий.

Для підбору структури та параметрів її блоків застосовуються генетичні алгоритми. Вони широко застосовуються при розв'язанні задач оптимізації, проте ще не були використані для вібродіагностики. Принцип роботи генетичних алгоритмів полягає у створенні початкової множини можливих розв'язків, та поступової заміни гірших розв'язків кращими. Коли буде знайдено розв'язок що достатньо задовольняє умову задачу, робота алгоритму закінчується.

Генетичні алгоритми можуть використовуватися і для підбору значень параметрів блоків заданої моделі і для генерування самої моделі. В цьому випадку можна використати острівну модель, коли пошук відбувається паралельно у кількох популяціях. Це дозволяє шукати розв'язок на більшій області. Також на кожному острові можна підбирати параметри для певної моделі [2].

Для оцінки якості підібраних параметрів порівнюються спектри, отримані з допомогою віконного перетворення Фур'є. Це дозволяє проводити діагностику для випадку коли спектр сигналу змінюється з часом (наприклад при перехідних процесах).

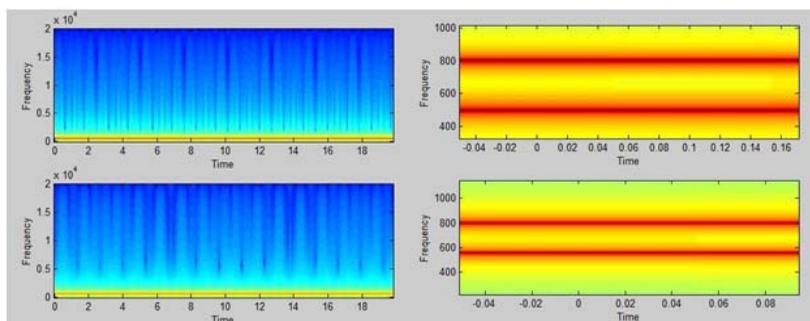
Для складання моделі реалізовано кілька простих блоків таких як додавання, синусоїда, константне значення, та ін. Для представлення моделі створено спеціальний клас, що містить колекцію цих блоків а також зв'язки між ними і може генерувати вихідний сигнал як послідовність дійсних чисел з заданим інтервалом. Змінюючи цей інтервал можна отримувати вихідний сигнал з потрібною частотою дискретизації, рівною частоті дискретизації реального сигналу, завдяки чому отримані спектри можна одразу порівнювати.

Оскільки для вирішення поставленої задачі потрібно проводити багато обчислень, для реалізації алгоритму було обрано мову програмування C++. Вона надає потужні можливості, потребуючи при цьому небагато ресурсів. Для підвищення швидкодії доцільно використати багатопоточність та запуск на багатоядерних платформах.

Для реалізації віконного перетворення Фур'є потрібно використати віконну функцію та швидке перетворення Фур'є. Як віконну функцію використано вікно Ханнінга. Для швидкого перетворення Фур'є використано бібліотеку з відкритим вихідним кодом FFTW [3]. Дана бібліотека підтримує перетворення для даних дійсного типу різної довжини, завдяки чому можна досягати компромісу точність/швидкість.

Генетичний алгоритм використовує випадкові мутації та схрещування для підбору параметрів блоків моделі. Ступінь мутації залежить від поточного значення пристосованості (краще пристосовані особини мутують менше ніж гірше пристосовані). Для схрещування використовуються різні підходи (одноточкове, доточкове, рівномірне та ін.).

На рисунку 1 наведено спектрограми для заданого та підібраного сигналів (зліва на всьому діапазоні, справа збільшено масштаб для порівняння частот). Для простоти перевірки, заданий сигнал складався з суми двох синусоїдальних сигналів з частотами 500 та 800 Гц. В даному випадку можна скористатися простим спектральним аналізом, проте для більш складних сигналів (з амплітудно- та частотно-модульованими складовими) є сенс застосувати запропонований метод.



**Рисунок 1 - Спектрограми заданого та отриманого сигналів**

Отже на даний момент реалізовано простий підбір параметрів моделі простих системи. Потрібно реалізувати підбір блоків структури, розширити набір блоків, проаналізувати залежність якості роботи від параметрів віконного перетворення Фур'є, та покращити реалізацію генетичного алгоритму.

#### Літературні джерела

1 В.Ю. Бойко, Лі Хунчень, Ю.М. Данильченко. Використання методів комп'ютерного моделювання для діагностики стану редуктора приводу тунельного ескалатору – 2019 // <http://imm-mmi.kpi.ua/proc/article/view/166124>.

2 Меняйлов Е.С. Обзор и анализ существующих модификаций генетических алгоритмов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2015 №70 – С 244-254.

3 FFTW Home Page [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] –режим доступу: <http://www.fftw.org>.

УДК 681.5.015

## ЗАСТОСУВАННЯ ЧИСЛОВИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДВОСТУПЕНЕВОГО ВЦН ПРИРОДНОГО ГАЗУ

*В. М. Гарасимів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
Івано-Франківськ, 76019, e-mail: viraharasymiv78@gmail.com*

Процес параметричної ідентифікації математичних моделей як сукупність використання числових методів набув широкого використання, так як дана теорія керування добре вивчена та формалізована.

Для ідентифікації математичної моделі, яку наведено в праці [1], використано метод найменших квадратів, а для знаходження параметрів математичної моделі застосовано метод Нелдера-Міда. Даний метод у порівнянні з іншими методами (квазіньютонівські методи, метод спряжений градієнтів, метод Коші) має такі переваги [2]:

- він є методом нульового порядку, тобто для визначення напрямку спуску не потрібно обчислювати похідні цільової функції.
- він є найшвидший і найбільш надійним методом із неградієнтних методів оптимізації, що дозволяють найбільш ефективно вирішувати поставлене завдання.

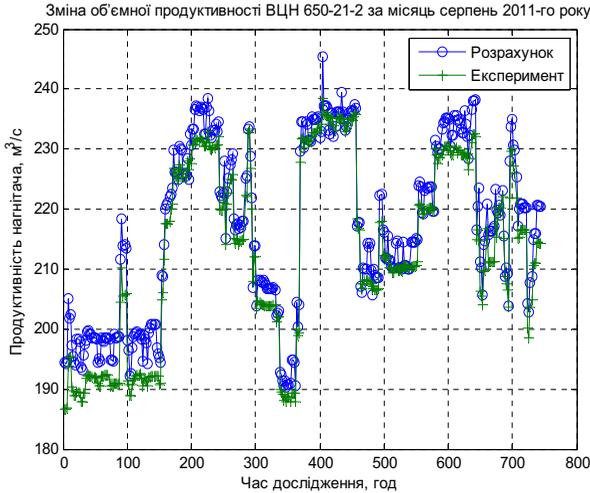
Використовуючи дослідні дані, які були взяті на КС-39 «Прогрес» було створене програмне забезпечення для знаходження параметрів двоступеневого відцентрового нагнітача (ВЦН) природного газу у програмному середовищі Matlab. Обчислення центра ваги симплексу реалізовано з використанням коду:

```
S=zeros(1,N);
for j=1:N+1
    S=S+V(j,1:N);
end
in=in+1;
x_n2=(S-V(h,1:N))/N;
Sn(in,:)=x_n2;
```

Як результат отримано залежність зміни об'ємної продуктивності нагнітача ВЦН-650-21-2 (рис.1) та знайдено такі параметри його математичної моделі: коефіцієнт корегування кінцевої остаточної кількості лопаток  $\mu = 0,6578$  та коефіцієнт, значення якого залежить від технології обробки лопаток колеса нагнітача  $k_T = 1,8$ .

Також обчислено коефіцієнт кореляції  $K_{yy}$  та середньоквадратичне відхилення  $\sigma_{yy}$  за такими формулами:

$$K_{yy} = \frac{\sum_{i=1}^N Y \cdot y}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Y)^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y)^2}}$$



**Рисунок 1 – Результати параметричної ідентифікації із використанням методу Нелдера-Міда**

де  $y = Q_1$ ,

$Y = Q_{ac}$  – розрахункові і експериментальні значення об'ємної продуктивності ВЦН природного газу;

$N$  – кількість точок відліку.

$$\sigma_{y_y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y - y)^2}{N - 1}}$$

Отримали,  $K_{y_y} = 0,9893$  та  $\sigma_{y_y} = 4,2614$ , що свідчить про достатню ефективність використання методу, але для покращення результатів рекомендується використовувати методи штучного інтелекту.

#### Літературні джерела

1 Горбійчук М. І., Медведчук В.М. Метод параметричної ідентифікації технічного стану двоступеневого відцентрового нагнітача природного газу. *Нафтогазова енергетика*. 2015. №1 (23). С. 78-85.

2 Ловецкий К.П., Севастьянов Л.А., Бикеев О.Н., Паушто М.В. Математический синтез оптических наноструктур. Москва : Мир, 1975. 536 с.

УДК 004.42

## **СИСТЕМА ДЛЯ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКОЇ ОНЛАЙН ГРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ**

*О.В. Восьмушко, О.В. Романюк*

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе 95, sasha.vosmushko@gmail.com*

Наразі мультикористувацькі карткові онлайн ігри є дуже популярними, про це свідчить те що 3 із 10 найбільш популярних ігор на Google Play є картковими, до них входять Hearthstone, Gwent, Magic: the Gathering та інші. В основі будь якої хорошої карткової гри стоїть стратегія гравця або комп'ютера, тому подібні ігри сприяють розвитку мислення, логіки та пам'яті.

Сучасні методи та засоби розробки такі як фремворки, інтегровані середовища розробки, системи контролю версій, хмарні технології, системи управління базами даних та мови програмування високого рівня дозволяють ефективно проводити розробку як в команді, так і одному інженеру. Саме тому було прийнято рішення розробки даної системи.

Система багатокористувацької онлайн гри повинна мати весь необхідний функціонал, а саме: підтримка онлайн гри з людьми та локальної гри з ботом, кросплатформеність, система рейтингу, збереження локальної сесії гри, мати підсистему чату між користувачами в реальному часі. Також дана програмна система повинна задовільняти певним вимогам, а саме: легка для підтримки та тестування, слабка зв'язаність між компонентами системи, висока маштабованість.

Існує два основних підхода до проектування клієнт серверних програмних систем: монолітний та мікросервісний.

Монолітна архітектура полягає у використанні одного застосунку, який включає в себе всі необхідні функції [1]. Перевага даного підходу полягає в простоті реалізації та розгортання, швидкості розробки першої версії додатку. До недоліків такого підходу можна віднести складну підтримку застосунку з ростом бази коду, оскільки існує сильний взаємозв'язок між різними компонентами системи; погану маштабованість, оскільки доступне тільки вертикальне маштабування, без можливості горизонтального маштабування.

Іншим підходом є використання мікросервісної архітектури, яка вирішує більшість проблем монолітного підходу [2]. Перевагами такого підходу є те, що різні компоненти системи ізольовані один від одного, що не створює зайвих залежностей, дозволяє спростити розробку нового функціоналу, а також тестованість та підтримку існуючого. Іншою перевагою є підвищення маштабованості, оскільки у разі високого навантаження на сервіс є можливість розгорнути нові екземпляри контейнера та сховища даних, задля горизонтального маштабування. Недоліком такого підходу в порівнянні з монолітним є необхідність розробки додаткового функціоналу для комунікації між сервісами.

Враховуючи вимоги до системи було прийнято рішення застосувати мікросервісну архітектуру.

Користувач взаємодіє лише з клієнтом. Клієнт розроблено за допомогою фреймворку Unity, що забезпечує кросплатформеність застосунку [3]. Клієнт для збереження таких даних як сесія гри, токен авторизації використовує локальне сховище, яке забезпечується фреймворком в залежності від платформи.

Клієнт використовує User data API через протокол https. Також клієнт встановлює з'єднання з Game search service, Chat service, Online game service за допомогою технології для комунікацій в реальному часі SignalR Core, яка базується на технології websocket [4].

Вся серверна інфраструктура розроблена за допомогою фреймворку .Net Core та мови програмування C# [5]. Також використовується технологія Docker для розгортання сервісів в контейнерах і подальшого розгортання в хмарному середовищі такому як AWS, Microsoft Azure чи Google Cloud. Це дозволяє розгорнути інфраструктуру на сервері з будь-якою операційною системою та архітектурою процесора.

Сервіс використовує PostgreSQL базу даних для збереження та пошуку даних.

Game search service – це сервіс, який забезпечує пошук багатокорисувачької гри. Для інтерфейсу підключення використовує SignalR Core та в якості бази даних Redis [6]. Передає та оновлює дані про кімнати гравців, до яких можна підключитись в реальному часі. Використовує User data API для отримання інформації та передає повідомлення про початок гри до Online game service.

Chat service – це сервіс, який забезпечує чат між гравцями. Передає та оновлює дані про комунікацію гравців в реальному часі.

Online game service – це сервіс, який відповідає за перебіг багатокорисувачької гри. Він має такі функції: валідація ходу гравця, синхронізація ходу гри та часу ходу гравця, збереження поточного стану гри, комунікацію в реальному часі з клієнтом.

Таким чином, було запропоновано архітектурне рішення з використанням мікросервісного підходу. Практична реалізація виконана з використанням технологій: .Net Core, Unity, C#, PostgreSQL, Redis, SignalR Core та Docker для контейнеризації та розгортання у хмарі.

#### Література

- 1 Монолітна архітектура [електронний ресурс] – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Monolithic\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Monolithic_system)
- 2 Мікросервісна архітектура [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://microservices.io/patterns/microservices.html> [електронний ресурс]
- 3 Unity framework [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/>
- 4 SignalR Core [електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/signalr/introduction>
- 5 Introduction to ASP/NET Core [Tktrnhjyybq htcehc]/ – Ht;bv ljcnege^ <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-2.2>
- 6 Redis [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://redis.io/documentation>

УДК

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ КАЛОРИЙНОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ОПЕРАЦІЙНІ ВИТРАТИ

Кузик М.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна, [kuzymisha@gmail.com](mailto:kuzymisha@gmail.com)

Для уточнення методики розроблення системи умовних одиниць для газорозподільних мереж, що дасть можливість оцінити ефективність кожного регіону з газопостачання та дозволить ранжувати їх по відношенню затрат на утримання газової мережі до кількості споживачів природного газу оцінимо чи впливає калорійність природного газу на операційні витрати газу.

Наведемо схему впливу калорійності на операційні витрати в розрізі статей таких витрат.



Рисунок 1 - Схема впливу калорійності на операційні витрати

Як видно з рисунку 1 ключовим фактором впливу на операційні витрати є об'єм. Проведемо дослідження можливості такого впливу та його величини, розглянувши на практиці межі розходження рівнів енергоспоживання на прикладі. З 2014 року облгази вимірюють чисельні значення фізико-хімічних показників природного газу і виставляють ці дані на свої сайти. Визначивши, що найбільш схожим по кліматичним умовам до м.Івано-Франківська є м.Чернівці для порівняння було обрано Івано-Франківськгаз і Чернівцігаз. Було обрано маршрути по яких буде розраховуватись якість природного газу. Для Чернівців це маршрут №411, а для Івано-Франківська – це 406 маршрут визначення фізико-хімічних показників газу.

Розрахуємо середньорічне значення нижчої теплоти згорання природного газу за маршрутами 411 та 406, за даними доступними на сайтах цих облгазів.[1,2]

За даними наявними для маршруту № 411 середньозважена калорійність газу за 2019 рік становить  $8316 \text{ ккал/м}^3$ . [1]

Для маршруту постачання газу № 404 за 2019 рік було визначено нижчу теплоту згорання природного газу, що становить  $8497 \text{ ккал/м}^3$ . [2]

За даними з особистого кабінету в 104.ua щоб обігріти 60 м<sup>2</sup> квартиру в Івано-Франківську протягом року витрачається 621.54 м<sup>3</sup> газу з калорійністю 8497 ккал/м<sup>3</sup>

Енергія яка отримується від спалювання газу розраховується за загальновідомою формулою:

$$E_{I\phi} = Q_n \cdot V$$

де  $Q_n$  – нижча теплота згоряння природного газу, ккал/м<sup>3</sup>;

$V$  - об'єм природного газу, м<sup>3</sup>.

$$E_{I\phi} = 8497 \cdot 621.54 = 5281225.38 \text{ ккал}$$

Визначимо який об'єм газу використає така ж по теплових властивостях квартира в м. Чернівці.

Енергії для опалення та інших потреб потрібно буде використати стільки ж скільки і в квартирі в м.Івано-Франківську:

$$E_{Чер} = E_{I\phi} = 5281225.38 \text{ ккал}$$

Розрахуємо який об'єм газу використає квартира в м. Чернівці

$$V_{Чер} = E_{Чер} / Q_n \text{ Чер}$$

$$V_{Чер} = \frac{5281225.38}{8316} = 635.07 \text{ м}^3$$

Як бачимо для квартири в м.Чернівці використовується 635.07 м<sup>3</sup> газу, що більше чим об'єм газу 621.54 м<sup>3</sup> який потрібен на рік для квартири в м.Івано-Франківську. Можна зробити висновок, що для районів з газом з меншою калорійністю споживачі використовують більший об'єм газу, для потреб опалення, приготування їжі, нагріву води і т.п.

Збільшення об'єму перекачувального газу буде впливати на потужність компресорної станції. На даному прикладі в Чернівцях потрібні будуть компресорні станції з більшою потужністю порівняно з Івано-Франківськом. Це також буде впливати на періодичність і кількість ремонтів. Тому є необхідність в математичній оцінці впливу калорійності газу на операційні витрати, щоб більш докладно проаналізувати впливові фактори калорійності газу.

Літературні джерела

1 Якість газу Івано-Франківськгаз. Вилучено із <https://if.104.ua/ua/for-clients/jakist-gazu>

2 Якість газу Чернівцігаз. Вилучено із <https://cv.104.ua/ua/for-clients/jakist-gazu>

УДК 621.6.07

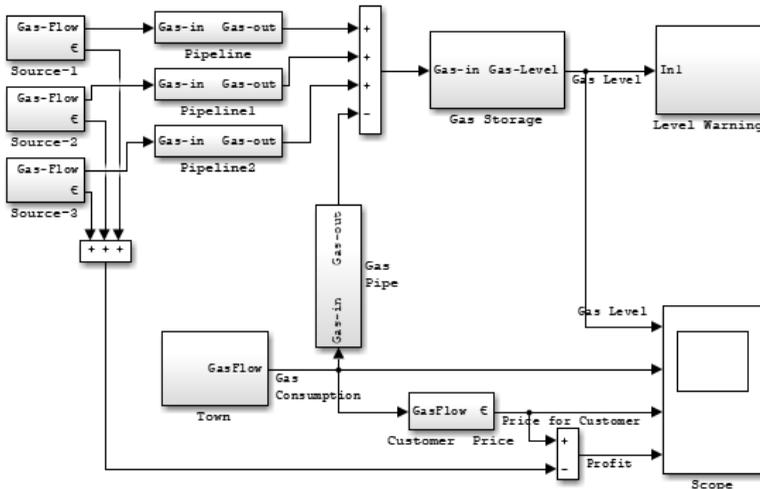
## МОДЕЛЮВАННЯ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

*С.О. Максим'юк*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: admin@nung.edu.ua*

Для реалізації повноцінного ринку природного газу України обов'язковою умовою є перегляд сталих методів та способів метрологічної оцінки газу в процесі торгівлі між споживачами та операторами ГТС. Основним напрямком нового підходу має стати розгляд природного газу, як енергетичного товару. Тобто не лише оцінювати параметри об'єму цього ресурсу, а й враховувати його якісні показники. Це дасть можливість запровадити на ринку природного газу України розрахунок за спожитий чи переданий газ в енергетичних одиницях.

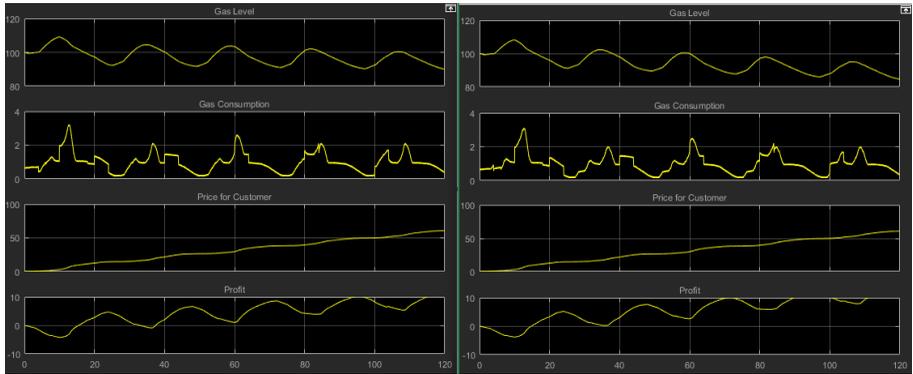
Згідно Паспортів фізико-хімічних показників природного газу по областях [1], за 2019 рік максимальне зафіксоване середнє значення калорійності природного газу на території України склало 8386 ккал, мінімальне – 8015 ккал. Різниця між середньозваженими показниками калорійності природного газу за річний період складає 371 ккал, це 4,5 % від середньозваженого показника по Україні. Проведено моделювання роботи газової мережі на основі моделі [2], що включає джерела газу, газові сховища, трубопроводи та споживачів (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Використана модель мережі газопостачання в середовищі графічного інтерфейсу Matlab – Simulink**

Модель прораховано для випадку мережі зі звичайними параметрами та випадку, коли якісні показники природного газу (теплотворна здатність газу) знижені на 4,5 %. Отримані результати включають рівень газу у сховищах,

споживання клієнта, модель ціноутворення для клієнта та прибуток для оператора мережі (рисунок 2).



а) Результати моделювання мережі зі звичайними якісними показниками природного газу

б) Результати моделювання мережі для випадку зниження якісних показників природного газу на 5 %

**Рисунок 2 – Графічні результати моделювання мережі постачання природного газу для двох випадків якісних показників природного газу**

Порівнюючи графіки навантаження спостерігається їх ідентичність у двох випадках. Так відсутня кореляція між навантаженням споживачів та калорійністю газу. Така ж ситуація спостерігається і для випадку графіку вартості послуг. Це пояснюється тим, що наразі в Україні введено ринок природного газу, проте вартість послуги з постачання природного газу на цьому ринку не залежить від якості продукту. Це викликає підвищення рівня споживання населенням природного газу у випадку зниження якості енергоресурсу. Така ситуація пояснює зміни залежності у двох інших графіках рисунку 2. Підвищення попиту на природний газ для випадку (б) знижує рівень запасів газу в газосховищах (рисунок 2). Також погіршення якості впливає на ріст прибутку газопостачальних організацій по причині росту об'єму енергоресурсу, що реалізується. Проте, слід зазначити, що використана модель не враховує додаткових витрат оператора мережі газопостачання спричинених погіршенням стану обладнання через вплив газу нижчої якості (до прикладу підвищенням ймовірності корозії трубопроводів через вищий вміст вологи в газу).

#### Літературні джерела

1 Якість газу [Електронний ресурс] // АТ "Укртрансгаз". – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html>.

2 Майкл Вундер (2020). Споживання газу (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9425-gas-consumption>), Центральний обмін файлами MATLAB. Отримано 10 вересня 2020 р.

УДК 681.5

## УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ ПРИ ОТРИМАННІ ВИСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНУ

*Шавранський М.В., Кустрин І.І.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Виробництво нафтопродуктів - важлива галузь промисловості України, яка значною мірою впливає на економічний розвиток нашої країни. Бензини - один з основних видів палива для двигунів сучасної техніки. Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилоли) повсюдно використовуються у виробництві пластичних мас, синтетичних каучуків, синтетичних волокон і розчинників. Процес каталітичного риформінгу є важливою стадією отримання високооктанового компонента автомобільних бензинів, ароматичних вуглеводнів та технічного водню. Продуктивність установок каталітичного риформінгу значною мірою залежить від ефективності керування даним процесом.

Існуючі системи автоматизованого (оптимального) керування використовують математичні моделі, що описують процес інформаційно, за принципом «чорного ящика», або кінетичні моделі, які відображають кінетику хімічного перетворення вуглеводнів в реакторному блоці. Вони поступаються формальним моделям за мірою з'ясовності отриманих результатів і не враховують тонкощі реакцій, що протикають в модельованому об'єкті, а тому швидко втрачають адекватність.

В результаті аналізу відомих способів автоматизованого керування процесом каталітичного риформінгу встановлено, що математичні моделі, які використовуються в системах автоматизованого керування, не забезпечують високої точності розрахунку оптимальних режимів процесу, тому що не враховують особливості перетворення реакційної суміші в окремих реакторах реакторного блоку і не мають ефективного механізму компенсації нестационарності процесу внаслідок зміни активності каталізатора з плином часу.

У роботі описано вирішення актуальної наукової задачі створення та реалізації системи автоматизованого керування процесом каталітичного риформінгу на базі удосконаленої (уточненої) математичної моделі для збільшення його продуктивності.

У відповідності зі стратегією системного аналізу проведена декомпозиція реакторного блоку каталітичного риформінгу на більш прості для дослідження і моделювання об'єкти – окремі реактори. Описана оновлена структура математичної моделі об'єкта керування, що відрізняється від відомих тим, що математична модель процесу каталітичного риформінгу представлена у вигляді системи трьох послідовно з'єднаних кінетичних моделей окремих реакторів з індивідуальними параметрами налаштування для кожної з них (рис. 1) [1].

Вхідними параметрами моделі є:  $G_0$  – витрата гідрогенізатору на вході реакторного блоку;  $Y_{a,n,p}$  – відповідно вміст ароматичних, нафтових і

парафінових вуглеводнів у вхідній суміші;  $T_{50}$  – температура 50% википання вхідної суміші;  $\rho$  – щільність вхідної суміші;  $G_{vh}$  – витрата водневмісного газу на вході реакторного блоку;  $T_{1-3}$  – температури суміші на вході реакторів P1, P2 и P3;  $P$  – тиск суміші на вході реакторного блоку;  $K, K_c$  – коефіцієнти налаштування моделі.

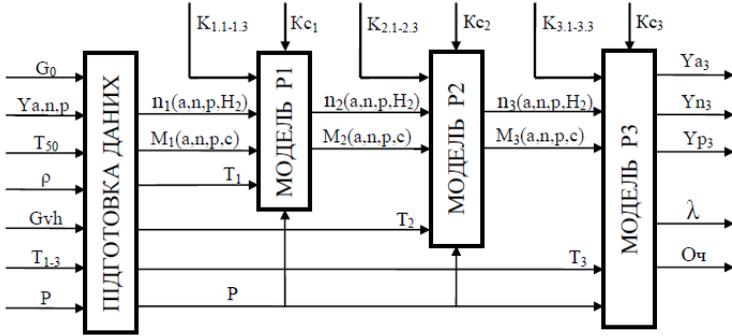


Рисунок 1 – Структура математичної моделі процесу каталітичного риформінгу

Вихідними параметрами моделі є:  $Y_{a3}, Y_{n3}, Y_{p3}$  – вміст ароматичних, нафтових і парафінових вуглеводнів в продуктах реакції;  $\lambda$  – вихід кінцевого продукту - каталізатора;  $O_c$  – октанове число одержуваного каталізатора.

Кінетика хімічних перетворень і тепловий баланс у кожному реакторі каталітичного риформінгу описуються наступною системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
 -\frac{dn_{na}}{dG_k} &= k_1 p_n - k_1' p_a p_{H_2}^3; \\
 -\frac{dn_{np}}{dG_k} &= k_2 p_n p_{H_2} - k_2' p_p; \\
 -\frac{dn_{ng}}{dG_k} &= k_3 \frac{p_n}{p}; \quad -\frac{dn_{pg}}{dG_k} = k_4 \frac{p_p}{p}; \\
 -\frac{dT}{dG_k} &= \frac{1}{G_{cm} \cdot \bar{C}} \cdot \sum \Delta H_j \cdot \frac{dn_j}{dG_k};
 \end{aligned}$$

де  $G_k$  - маса каталізатора, кг;  $dn_{na}, dn_{np}, dn_{ng}$  – кількість нафтових вуглеводнів, що перейшли в ароматичні, парафінові і газоподібні вуглеводні в елементарному шарі каталізатора  $dG_k$ , Кмоль/ч;  $dn_{pg}$  – елементарна кількість парафінових, які перейшли у газоподібні вуглеводні в елементарному шарі каталізатора  $dG_k$ , Кмоль/ч;  $p_a, p_n, p_p, p_{H_2}$  – парціальні тиски ароматичних, нафтових, парафінових вуглеводнів і водню в реакційній суміші, Па;  $P$  – загальний тиск суміші, Па;  $k_1, k_1', k_2, k_2', k_3, k_4$  - константи швидкості прямих і зворотних хімічних реакцій, що протікають в реакторі;  $G_{cm}$  - масовий потік реакційної суміші, кг/г;  $\bar{C}$  - середня теплоємність реакційної суміші, кДж/кг·К°;  $\Delta H_j$  - тепловий ефект j-тої хімічної реакції, кДж/моль;  $dn_j$  - елементарна зміна i-

го компонента в результаті реакції, що протікає в елементарному шарі каталізатора  $dG_k$ , Кмоль/ч.

Удосконалена математична модель реакторного блоку каталітичного риформінгу враховує особливості перетворення реакційної суміші, а також зміну активності каталізатора з плином часу в кожному реакторі і в результаті має меншу похибку за основними розрахунковими показниками.

#### Літературні джерела

1 Левчук И.Л. Оптимизация процесса платформинга высокооктановых бензинов. /И.Л. Левчук, В.Я. Тришкин // Сборник научных трудов национальной горной академии Украины. – 2001. – №11. Т. 2. – С. 139-144.

УДК 006.015.5; 621.317

## **ДЖЕРЕЛА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ПАРАМЕТРІВ ДОВКІЛЛЯ**

*В. В. Мойсеєва, Т. З. Бубела*

*Національний університет “Львівська політехніка” Львів, Львівська область, вулиця Степана Бандери, 12, 79000, viktorii.moiseieva.mt.2018@lpnu.ua*

Глобальні зміни кліматичних умов актуалізують питання моніторингу та оцінювання параметрів функціонування екосистем. Основним джерелом інформації для такого контролю є результати вимірювань, які супроводжуються невизначеностями (Рис. 1). Існування останніх призводить до низького ступеня відтворюваності результатів досліджень параметрів довкілля.

Встановлено, що найрозповсюдженіші джерела невизначеностей пов'язані з особливостями об'єкта досліджень (унікальність екосистем), що ускладнює ідентифікацію повторюваних членів вибірки. Також невизначеність може бути спричинена природною варіацією та недосконалими знаннями. Природна варіація може проявлятися просторово, або в часовому еквіваленті. Невизначеність знань зумовлена недосконалим розумінням системи або здатністю її характеризувати і може мати як систематичний, так і випадковий характер. Невизначеність моделювання містить статистичну та структурну складові. Структурна складова – це правильний вибір структури моделі (адже моделей, придатних до використання може бути кілька), статистична – її повнота та ступінь адекватності.

Усі ці прояви слід характеризувати як методичні джерела невизначеності. Слід зауважити, що окремі джерела невизначеностей мають перехресний характер, тобто є джерелами для інших видів невизначеностей (червоні лінії на рисунку). Варто пам'ятати, що велику проблему складає кореляція між складовими невизначеності, без оцінювання якої результати моніторингу будуть недостовірними. Щодо врахування максимальної кількості впливних чинників, то методи Монте-Карло вирішують цю проблему, але встановлення ступеня значущості впливних факторів залишається складною задачею.



Рисунок 1 – Структура джерел невизначеності в дослідженнях параметрів довкілля

Отже, аналіз невизначеностей, що виникають під час досліджень параметрів довкілля, дають можливість підвищити ефективність його моніторингу, оцінювання дослідницьких пріоритетів та прогнозів змін навколишнього середовища. Останні мають важливе значення для оцінювання ризиків та прийняття правильних рішень.

УДК 681.533

## РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИМ РЕЖИМОМ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ

*Шавранський М.В., Гой Б.В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Одним з найважливіших елементів паливо-енергетичного комплексу України є система магістральних трубопроводів для транспортування нафти та продуктів її переробки. Географічне розташування родовищ нафти та її споживачів ставить трубопровідний транспорт на перше місце серед всіх інших. Тільки трубопровідний транспорт може забезпечити безперебійне та рівномірне постачання значних вантажопотоків нафти, забезпечуючи при цьому найменші економічні затрати. Крім того, важливою перевагою трубопровідного транспорту нафти над залізничним та водним є можливість повної автоматизації технологічного процесу перекачування нафти.

Робота присвячена дослідженню елементів і систем, які мають безпосередній вплив на гідродинамічний режим магістрального нафтопроводу та розробці їх математичних моделей.[1]

Було визначено, що найбільш доцільно для дроселювання потоку нафти на магістральному нафтопроводі використовувати поворотну заслінку (ПЗ). Перш за все на основі експериментально отриманих даних було побудовано модель ПЗ. Ця модель відображає нелінійність її статичної характеристики (рис.1). Якщо ПЗ повністю відкрита, то вона практично не створює перепаду тиску; значення перепаду на рівні 1-2 % від максимального. Коли в процесі регулювання заслінки рухається в сторону закриття від положення повного відкриття, до певного кута повороту заслінки (положення близько 60%) перепад тиску на ній зростає незначно (до 5 % від максимального). При подальшому закритті ПЗ перепад тиску на ній почне поступово збільшуватись. В цій області починає зростати загальний коефіцієнт підсилення об'єкту регулювання. При досягненні положення ПЗ 0-15% відкриття незначні переміщення ПЗ призводять до різкої зміни перепаду тиску на ній. При отриманні експериментальної характеристики, коли заслінка закрилась до положення 15% відкриття, перепад тиску на ній досягнув значення 19 бар , що спричинило спрацювання системи захисту нафтопроводу, яка відімкнула магістральний насос. Тому отримані експериментальні дані в області положень заслінки 0-15% відкриття дещо спотворені.

Отриману експериментальну характеристику було апроксимовано поліномом 3-го порядку.[2]

$$\Delta P = - 199,62 \cdot 10^{-6} \cdot S^3 + 34,772 \cdot 10^{-3} \cdot S^2 - 2,0836 \cdot S + 43,271 \quad (1)$$

де  $\Delta P$ - перепад тиску на заслінці, бар; S - положення заслінки, 0-100%.

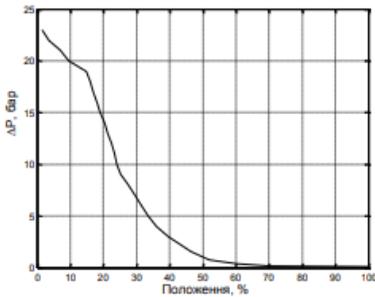


Рис. 1. Експериментальна характеристика залежності перепаду тиску на поворотній заслінці Ду500 від її положення при номінальному режимі роботи нафтопроводу діаметром 700мм (0%- повне закриття, 100%- повне відкриття)

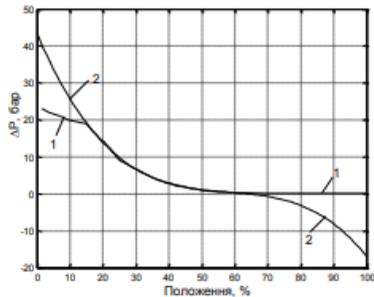


Рис. 2. Результат апроксимування експериментальної характеристики перепаду тиску на заслінці поліномом 3-го порядку:  
1 – експериментальні дані; 2 – розрахований поліном 3-го порядку

Результати перевірки апроксимації за полінома 3-го порядку у всьому діапазоні переміщення заслінки наведені на рис.2, максимальна абсолютна

похибка у зоні «ефективного регулювання» (15-60%)  $\Delta=0.49$  бар, відносна похибка  $\delta=2.64\%$ . Як видно з рис.2, одержаний поліном достатньо точно описує експериментальні дані на ділянці 15% - 60%, але є суттєві відхилення на суміжних ділянках. Оскільки, на ділянці 0 – 15% експериментальні дані спотворені та при дроселюванні потоку нафти ПЗ майже ніколи не доходять до

цього положення, адже це може призвести до повної зупинки НПС та нафтопроводу загалом, тому в цьому діапазоні часто вводять обмеження на допустиме закриття заслінки, відповідно результат апроксимації у межах положень 0-60% можна вважати задовільним. На ділянці 60 – 100% характеристику ПЗ було замінено лінійною залежністю.

#### Літературні джерела

1 Kril S., Fedoryshyn R., Kri O., Pistun Y.. Investigation of Functional Diagrams of Step PID Controllers for Electric Actuators // Procedia Engineering. –2015. – №100. – P.1338–1347.

2 Кріль С.О. Дослідження та моделювання комплексу поворотна заслінка – виконавчий механізм на магістральному нафтопроводі // Методи та прилади контролю якості. – Івано-Франківськ. – 2013. – С.84-88.

УДК 681.5.015

### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ В РЕКТИФІКАЦІЙНІЙ КОЛОНІ**

*Б. М. Слободян, В. М. Гарасимів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
Івано-Франківськ, 76019, e-mail: viraharasymiv78@gmail.com*

Автоматизація процесу ректифікації являє собою достатньо складну інженерну задачу завдяки великому числу регулюючих взаємопов'язаних параметрів і складній та недостатньо вивченій динаміці самого процесу. Крім того ректифікаційна колона – об'єкт керування зі значною інерційністю та часом запізнення за каналом керування [1].

Великий вплив на хід процесу ректифікації має тиск в колоні, тому його необхідно стабілізувати. Тиск змінюється за висотою самої колоні та в різних точках відрізняється на величину гідравлічного опору частини, яка розміщена між відповідними точками. У більшості випадків гідродинамічний режим процесу ректифікації залишається стабільним, тому гідравлічний опір вважають незмінним. Тому достатнім стабілізувати тиск в одній точці, наприклад, у верхній частині колоні.

Для моделювання процесу регулювання тиску в ректифікаційній колоні рекомендовано використовувати пакет System Identification Toolbox, так як експериментальні дані мають випадкову складову [2].

Побудова моделі починається з формування вхідних впливів які подаються на об'єкт керування. Експериментальні дані завантажено з робочого простору програмного пакету Matlab (рис.1).

Алгоритми розділу Estimate дозволяє виконати моделювання процесу регулювання температури в колоні у багатьох виглядах. На рисунку 2 вибрано варіант Transfer function Models (моделі у вигляді передавальних функцій), де пошук моделей виконується за кількістю полюсів (poles) та нулів (zeros) (рис.2).

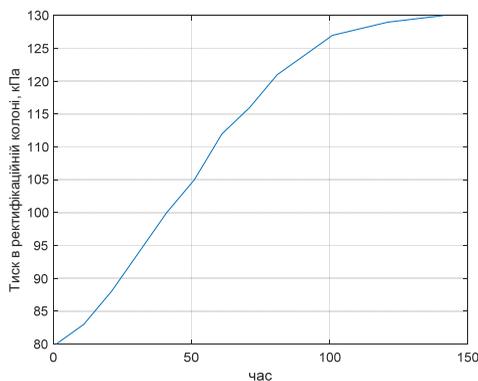


Рисунок 1 – Експериментальні дані

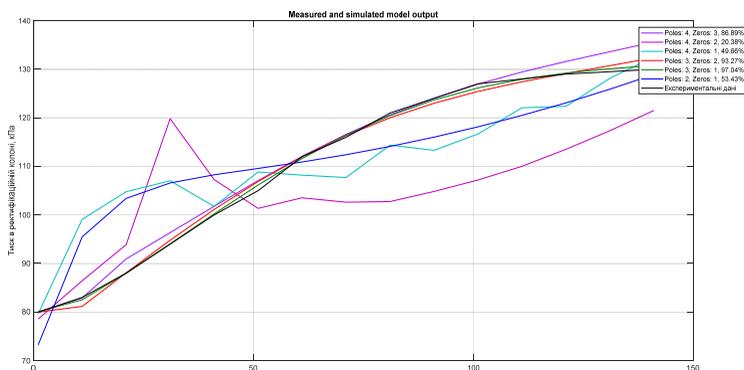


Рисунок 2 – Графік оцінки перехідного процесу

Передавальна функція з кількістю полюсів рівною три та одним нулем (рис.2) має найкращий процент співпадіння експериментальних даних до змодельованого процесу (97.04%):

$$W(p) = \frac{0,02192p + 5.155 \cdot 10^{-5}}{p^3 + 0.2677p^2 + 0.004492p + 0.0002187}$$

#### Літературні джерела

1 Песков Н. П. Система оптимального управління ректифікацією етаноламінов с использованием математической модели процесса. *Современные проблемы науки и образования*. 2011. №6. С. 78-85.

2 Мельник А.А., Медунова Е.А. Построение моделей с применением пакета System Identification Toolbox матричною лаборатории Matlab+Simulink. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2015. №3(47). С. 93-97.

## УЩІЛЬНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДВОВИМІРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

*В. П. Майданюк, Чернишов К. А., Гертель І. С.*

*Вінницький національний технічний університет*

*95, Хмельницьке шосе, Вінниця, 21021, Україна, vntu@vntu.edu.ua*

Серед відомих методів ущільнення зображень з просторовою обробкою заслуговує на увагу метод покомпонентного кодування, відомий також як адаптивний до контурів двовимірний аналіз і синтез. Особливістю покомпонентного кодування є формування декількох двовимірних сигналів, які несуть інформацію про деталі зображення різних розмірів [1].

Відомі реалізації алгоритмів кодування на основі даного методу характеризуються малими обчислювальними затратами, оскільки використовують лінійні методи формування просторових компонент зображення при їх аналізі апертурами з розмірами 2x2, 4x4, 8x8 [2-3]. Передавальні функції фільтрів для формування низькочастотних просторових компонент зображення в цьому випадку такі:

$$H_1(Z_1, Z_2) = \frac{1}{4} \sum_{k_1=0}^1 \sum_{k_2=0}^1 Z_1^{-k_1} Z_2^{-k_2} \quad (1)$$

$$H_2(Z_1, Z_2) = \frac{1}{16} \sum_{k_1=0}^3 \sum_{k_2=0}^3 Z_1^{-k_1} Z_2^{-k_2} \quad (2)$$

$$H_3(Z_1, Z_2) = \frac{1}{64} \sum_{k_1=0}^7 \sum_{k_2=0}^7 Z_1^{-k_1} Z_2^{-k_2} \quad (3)$$

де  $Z_1^{-1}$ ,  $Z_2^{-1}$  - трансформоване представлення затримки на рядок зображення та такт дискретизації відповідно. Після перетворень вирази (1-3) можна представити в такій формі:

$$H_1(Z_1, Z_2) = \left[ \frac{1}{4} (1 + Z_1^{-1})(1 + Z_2^{-1}) \right] \quad (4)$$

$$H_2(Z_1, Z_2) = \left[ \frac{1}{4} (1 + Z_1^{-1})(1 + Z_2^{-1}) \right] \left[ \frac{1}{4} (1 + Z_1^{-2})(1 + Z_2^{-2}) \right] \quad (5)$$

$$H_3(Z_1, Z_2) = \left[ \frac{1}{4} (1 + Z_1^{-1})(1 + Z_2^{-1}) \right] \left[ \frac{1}{4} (1 + Z_1^{-2})(1 + Z_2^{-2}) \right] \left[ \frac{1}{4} (1 + Z_1^{-4})(1 + Z_2^{-4}) \right] \quad (6)$$

З виразу (6) видно, що для формування згладжених компонент для різних розмірів аналізуючих апертур можна використовувати відповідні відводи згладжувального фільтра з найбільшою аналізуючою апертурою.

Реакції смугових фільтрів формуються як різниці реакцій згладжувальних фільтрів таким чином:

$$\begin{aligned} H_3'(Z_1, Z_2) &= H_2(Z_1, Z_2) - H_3(Z_1, Z_2) \\ H_2'(Z_1, Z_2) &= H_1(Z_1, Z_2) - H_2(Z_1, Z_2) \\ H_1'(Z_1, Z_2) &= H_0(Z_1, Z_2) - H_1(Z_1, Z_2) \end{aligned} \quad (7)$$

В канал зв'язку або файл після дискретизації і квантування передаються відліки компонент з виходів фільтрів з передаточними функціями згідно виразів (6) і (7).

Таким чином, формування компонент зображення зводиться фактично до каскадного з'єднання одновимірних фільтрів з елементами затримки на такт, два такти, чотири такти дискретизації і на один, два і чотири рядки зображення. Операції ділення при виконанні обчислень можуть бути замінені операціями зсуву.

Незважаючи на менші коефіцієнти ущільнення зображень у порівнянні з JPEG, невелика обчислювальна складність робить цей метод доволі перспективним для програмної реалізації [4] навіть с використанням скриптових мов програмування, що є вкрай важливим для онлайн-сервісів різного призначення.

#### Літературні джерела

1 Кожем'яко В.П., Майданюк В. П., Хиллес Ш. М. Адаптивний до контурів двовимірний аналіз і синтез / Міжнародний науково-технічний журнал «Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 2002, № 4, с. 44-50.

2 Майданюк В., Бондар Ю. Кодування зображень покомпонентним методом / Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні, випуск 7, 2003, с. 184-189.

3 Майданюк В. П. Формування компонент при кодуванні зображень / Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції «Фотонікс ОДС -2015», м. Вінниця, 21-23 квітня 2015 року. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 37.

4 Петух А. М, Майданюк В. П., Ліщук О. О. Аналіз алгоритмів ущільнення даних та їх програмних реалізацій / Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, Том 2, № 36 (2016).- С. 4-9.

УДК 681.5.015

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ОБ'ЄМНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЦН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСОВИХ РЯДІВ**

*Т. Г. Гарасимів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
Івано-Франківськ, 76019, e-mail: viraharasymiv78@gmail.com*

Для забезпечення надійної та ефективної роботи газоперекачувального агрегату (ГПА) в умовах його експлуатації диспетчери компресорної станції контролюють теплотехнічні характеристики агрегату: потужність і коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) газотурбінного двигуна (ГТД), продуктивність, політропний к.к.д., потужність відцентрового нагнітача (ВЦН), наявну приведену потужність ГТД, коефіцієнт технічного стану ГТД за потужністю, коефіцієнт навантаження ГТД, коефіцієнт технічного стану ВЦН за політропним к.к.д.,

коефіцієнт режиму ВЦН. З метою зменшення ризику при прийнятті рішень використовують прогнозування теплотехнічних характеристик ГПА, точність якого залежить від використаних ресурсів та методів прогнозування. У випадку, коли розглядають об'єкти, які працюють в умовах хаотичної та випадкової невизначеності теорія прогнозування використовує апарат статистики та випадкових процесів [1].

Основоположниками теорії прогнозування з використанням часових рядів є Н. Вінер, Н. А. Колмогоров, Р. Калман [2]. Для апроксимації нелінійних залежностей використано нечітку логіку, основу якої становлять правила «ЯКЩО вхід, ТО вихід». Для вилучення таких правил із часового ряду необхідна навчальна вибірка, яка зв'язує  $m$  попередніх (вхідних) значень ряду з  $(m+1)$ -м (вихідним значенням). Популярним програмним засобом вилучення нечітких правил із навчальної вибірки є адаптивно нейро-нечітка система, яка реалізується у програмному середовищі Matlab (рис.1).

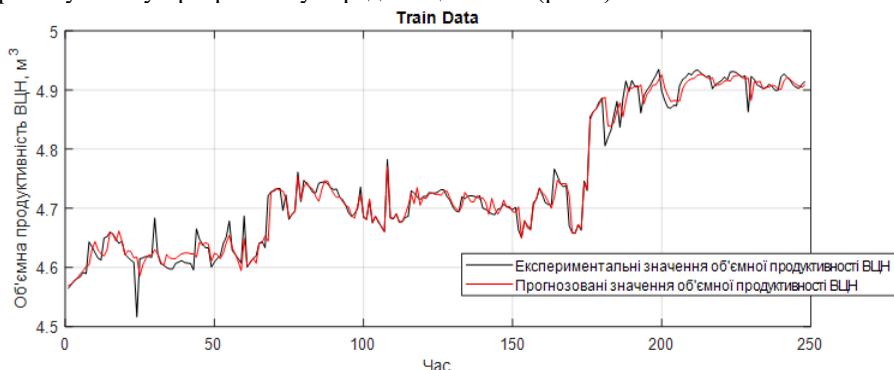


Рисунок 1 – Результат експерименту

Слід відмітити, що число входів ( $m$ ) і час затримки між сусідніми спостереженнями ( $\tau$ ) задаються інтуїтивно.

#### Літературні джерела

- 1 Гарасимів В. М. Ідентифікація та контроль параметрів двоступеневого відцентрового нагнітача природного газу із використанням методів штучного інтелекту : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.07. Івано-Франківськ, 2018. 211 с.Д
- 2 Тархов Д.А. Нейронные сети. Модели и алгоритмы. Москва : Радиотехника, 2005. 256 с.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ КОТЛОАГРЕГАТУ ЕНЕРГОБЛОКА

*Шавранський М.В.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Розробка нових рішень в царині автоматизації, що забезпечують високу якість регулювання у маневрених режимах роботи енергоблоків та гарантують стійкість САР у всьому передбаченому діапазоні навантажень, але одночасно з цим побудовані на класичній теорії автоматичного керування й традиційних для теплоенергетики ПІ-законів регулювання, є *актуальною* науковою проблемою.

Для розрахунку регуляторів у більшості відомих методів необхідна ідентифікація моделі об'єкту керування, що описується аналітично виведеними формулами або експериментальними залежностями, отриманими на об'єкті. Загальні методи ідентифікації технічних систем наведені у фундаментальних роботах П. Ейкоффа, Д. Гропа, Л. Люнга.

У роботі автора [1] досліджені наступні методики апроксимації: метод найменших квадратів (МНК), метод послідовного логарифмування, метод кратних коренів, метод додаткових членів. В даній роботі, для ідентифікації об'єкта керування використовується спеціально розроблене програмне забезпечення (надалі ПЗ), що дозволяє провести ідентифікацію об'єкту керування за даними експерименту, що задані у таблицях чи текстових файлах, за декількома методами. Обрати найкращий результат дозволяє інтегрально квадратичний критерій відхилення реальної кривої від ідеальної.

При програмній реалізації методів апроксимації є проблеми, що пов'язані з шумами в експериментальних даних. Через наявність розкиду точок утруднюється (чи стає просто неможливою) побудова дотичних і асимптот (метод послідовного логарифмування). Побудувати будь яку лінію можливо маючи дві точки. Якщо якась з цих точок в дійсності знаходиться далеко від реального її значення, тоді дотична (асимптота) будується невірно і методи видають неадекватні результати. У зв'язку з вказаними вище проблемами, методи апроксимації краще використовувати після згладжування даних.

У даній роботі для ідентифікації основних параметрів динамічної системи котлоагрегату застосовано метод додаткових членів (інженерна методика)[2].

Згідно з цим методом, стала часу визначається за двома точками на графіку перехідної функції:

$$h(t_1) = (1 - e^{-\frac{t_1}{T}})^n; h(t_2) = (1 - e^{-\frac{t_2}{T}})^n \quad (1)$$

Слід зауважити, що відпрацювання завдання виконавчими механізмами здійснюється у два кроки. Кожен крок регулюючого органу відповідає половині завдання на виконання, що дозволяє зменшити динамічний викид. Тому це певним чином впливає на точність ідентифікації параметрів системи і знайдені

параметри мають бути скориговані. Похибка визначення сталих часу не повинна перевищувати  $\pm 4\%$ , тобто:

$$\Sigma T_n / T_{\Sigma} = (T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n) / t_1 = 0,96 \dots 1,04 \quad (2)$$

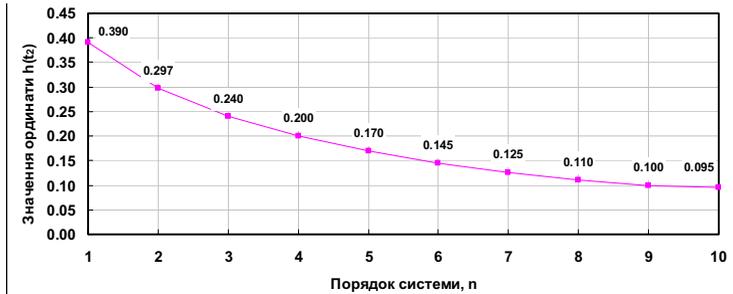


Рисунок 1 – Графік для визначення порядку диференційного рівняння  $n$  за ординатою  $h(t_2)$

Проблему ідентифікації складає той факт, що вихідні сигнали весь час змінюються, коли подається новий ступінчастий керуючий вплив або змінюється завдання. Окрім того, відгук динамічної системи на зміну ступінчастого керуючого впливу від меншого значення до більшого може відрізнитися від впливу у зворотному напрямку – від більшого до меншого, тому потрібно порівняння ідентифікованих параметрів для обох випадків.

**Висновки:** На основі проведеного аналізу відомих підходів та структур систем керування для інерційних об’єктів, показані недоліки відомих рішень для практичного застосування на теплоенергетичному обладнанні, що полягають у чутливості систем до зміни навантаження агрегатів та складності проведення адаптації.

Вирішена важлива задача – підвищення якості регулювання параметрів інерційних контурів котлоагрегату енергоблоку, що функціонує в маневрених режимах зміни навантаження, шляхом вдосконалення параметрів моделі динамічної системи.

#### Літературні джерела

1 Коновалов М.А. Проблеммы автоматизации инерционных теплоэнергетических объектов [Текст] / М.А. Коновалов — К: Феникс, 2009. - 312 с.

2 Серов Е.П. Динамика парогенераторов [Текст] / Е. П. Серов, Б.П. Корольков. – М. : Энергоиздат, 1981. – 408 с.

УДК 681.121.833

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПРИ ЙОГО ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

*Ткачук В.В., Середюк О.Є.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ,  
Україна, mivf@iung.edu.ua*

Основним компонентом природного газу є метан (його вміст становить більше 90%), дослідженню властивостей якого приділено досить детальну увагу багатьма дослідниками в широкому діапазоні параметрів стану. Газ в покладах зазвичай контактує з водою, тому він насичений парами води. Водяна пара, що міститься в природному газі, може помітно змінювати об'ємні властивості природного газу, що вказує на необхідність її врахування при дослідженнях природного газу. При недосконалому контролі вологості природного газу, подальші похибки при обчисленні параметрів природного газу можуть збільшуватись.

В дослідженнях головний акцент зроблено на алгоритмах моделювання теплопровідності, теплоємності та вологості природного газу.

Теплопровідність газу є властивістю газу, яка полягає в переносі тепла від більш нагрітих частинок до менш. Фур'є встановив, що кількість переданого тепла пропорційна падінню температури, часу та площі перерізу, звідси слідує, що густина теплового потоку в будь-якому напрямку пропорційна температурному градієнту[1]:

$$q = -\lambda \operatorname{grad}T = -\lambda \frac{dT}{dn} \quad (1)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності Дж/(м·с·К) або Вт/(м·К);

$\frac{dT}{dn}$  – градієнт температури.

Виходячи з формули теплопровідності природного газу, коефіцієнт теплопровідності зростає із зростанням температури, та майже не залежить від тиску до 200МПа.

Теплоємність – це кількість теплоти, яку необхідно піднести до одиниці маси газу, щоб нагріти на одиницю температури. В спрощеному вигляді теплоємність визначається як відношення кількості теплоти, що отримує природний газ при нагріві елементом термоанемометра до маси газу на різницю початкової та кінцевої температури газу[2].

Масова теплоємність суміші газів пропорційна масовим долям компонентів[2]:

$$C_{cm} = \sum_{i=1}^n (C_i \cdot \chi_i) \quad (3)$$

де  $C_{cm}$ ,  $C_i$  – масові теплоємності суміші і компонентів суміші газів;

$C_i \cdot \chi_i$  – масові долі компонентів суміші газів.

Теплоємність природного газу (кДж/(кг·К)) залежить від його складу,

температури та тиску. Ізобарна теплоємність природного газу з вмістом метану більше 90%, в межах температури 250 – 400 К, та тиску до 15 МПа згідно з галузевими нормами ОНТП 51-1-85 визначається за формулою[3]:

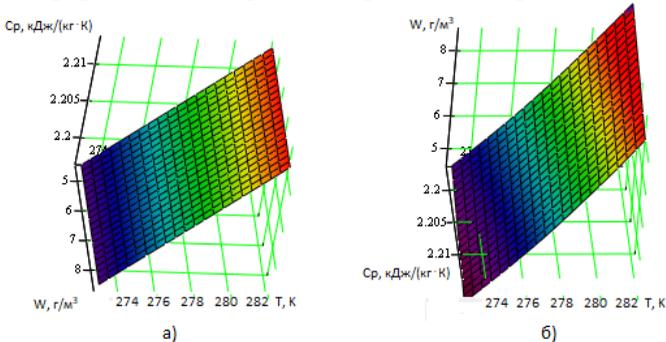
$$C_p = 1.695 + 1.838 \cdot 10^{-3} T + 1.96 \cdot 10^6 \frac{(P-0.1)}{T^3} \quad (4)$$

Для визначення вологості в природному газу застосовують рівняння Бюкачека. Концентрацію водяного пару в газі ( $W$ ) при нормальних умовах (температурі 20 °С і тиску 101,325 кПа) в г/м<sup>3</sup> визначають за формулою[4]:

$$W = \left| \frac{A}{P} + B \right| C_p C_s \quad (5)$$

де  $A$  – коефіцієнт залежності вмісту води від тиску водяної пари при вимірній температурі точки роси вологи,  $P$  – тиск досліджуваного газу, МПа,  $B$  – коефіцієнт залежності вмісту води від температури точки роси вологи і складу газу.  $C_p, C_s$  – поправки, в магістральному трубопроводі дорівнюють 0.

Виходячи з рівняння Бюкачека[4] та справочних даних[1, 2] змодельовано графік(рис.1), що відображає залежність теплоємності природного газу від його вологості та температури та графік залежності вологості природного газу від теплоємності та температури. Що вказує на зв'язок теплофізичних властивостей природного газу при його термоанемометричних дослідженнях.



**Рисунок 1 – Графічна ілюстрація зміни теплоємності від вологості та температури природного газу (а), вологості від теплоємності та температури природного газу**

#### Список літератури

- 1 Пирогов С. Ю, Акулов Л. А., Ведерников М. В. Природный газ. Метан : справочник. Санкт-Петербург, 2006. 848 с.
- 2 Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие. Перевод с английского М.М. Гиндиной, под редакцией Б.И. Соколова. 3-е изд., переработанное и дополненное. Ленинград, 1982. 592с.
- 3 Коршак А. А., Нечваль А. М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: учебник. Ростов-на-Дону, 2017. 540 с.
- 4 Жданова Н. В., Халиф А. Л. Осушка углеводородных газов. Москва, 1984. 192 с.



# **ПРОМИСЛОВІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ**



## КЛАСТЕРНА СИСТЕМА НА БАЗІ ОДНОПЛАТНИХ КОМП'ЮТЕРІВ RASPBERRY PI

*С. М. Бабчук, І.Т. Романів*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019, s.babchuk@nung.edu.ua*

Сучасні високопродуктивні обчислювальні системи, які, як правило, називають суперкомп'ютерами, досягають високої продуктивності за рахунок паралельних обчислень великих масивів даних. Такі системи мають дуже високу вартість. Наприклад, вартість суперкомп'ютера Trinity з Лос-Аламоської національної лабораторії (один з десяти найпотужніших суперкомп'ютерів світу) становить 250 млн. дол. США. Крім того, високопродуктивні обчислювальні системи споживають дуже багато електроенергії, як для їх живлення так і для охолодження (наприклад, вже згаданий суперкомп'ютер Trinity споживає 25 мегават електроенергії для живлення, а його витрати енергії на охолодження в кілька разів перевищують енергоспоживання самої обчислювальної системи) [1].

Науковці, програмісти і тим більше студенти рідкісно мають можливість працювати з високопродуктивними обчислювальними системами і запускати на них свої програми. Як правило, такі обчислювальні системи цілодобово вже зайняті іншими програмами від урядів та великих компаній і т.п. Дуже важко знайти можливість працювати з такими системами: потрібно наперед писати заяву і ставати в чергу на очікування доступу до роботи з високопродуктивною обчислювальною системою.

Для того, щоб забезпечити максимально ефективне використання високовартісних потужних обчислювальних систем необхідна розробка програмного забезпечення, яке забезпечить максимальне розпаралелення виконання завдань. Для розробника такого програмного забезпечення дуже важливо перевірити чи буде створений програмний продукт належним чином працювати в реальному багатопроцесорному середовищі, чи ефективно будуть розпаралелюватись завдання.

З метою вирішення, в певній мірі, вищевказаної проблеми було розроблено кластерну систему на базі одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi 3b+, які є достатньо дешевими (35-40 євро за шт). Використання розробленої системи дозволить отримати досвід розробки та тестування програмного забезпечення для реальних багатопроцесорних систем. Розроблену систему можна використовувати, як в навчальному процесі так і під час виконання реальних проектів.

Літературні джерела

1 Електронний ресурс: URL: <https://habr.com/ru/post/408695/>.

УДК 004.896

## МОДЕЛЮВАННЯ ІМІТАЦІОННОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ БУРІННЯ НА ОСНОВІ ПРЕЦЕДЕНТІВ

*Л.О. Потеряйло, В.В. Процюк, К.І. Кравців*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; mila.poterailo@gmail.com*

Основні параметри процесу буріння - це теоретичні міркування, спрямовані на введення понять, пов'язаних із імітаційним моделюванням та комп'ютерним моделюванням в бурінні. Аспекти параметризації мають важливе значення при прийнятті рішень у процесі буріння свердловин на нафту і газ. Пошук оптимального проектного рішення передбачає розгляд безлічі варіантів розробки, і на практиці фахівці спираються на минулий досвід, вибираючи об'єкти-аналоги з готовими рішеннями, які застосовуються до нового об'єкту.

База знань користувача про параметри процесу буріння є основою для визначення методів реалізації технологічного симулятора автоматизованого управління процесом буріння свердловин електробурами свердловин, що дає змогу визначити необхідні керувальні дії [0]. Поява систем на основі знань дає можливість використання саме минулого досвіду для побудови нових ефективних рішень. В області штучного інтелекту для автоматизації пошуку та прийняття рішень на основі аналогій ефективно використовується метод case based reasoning (CBR). Метод CBR включає цикл з трьох основних етапів: пошук і відбір, повторне використання та збереження (рис. 1) [0].

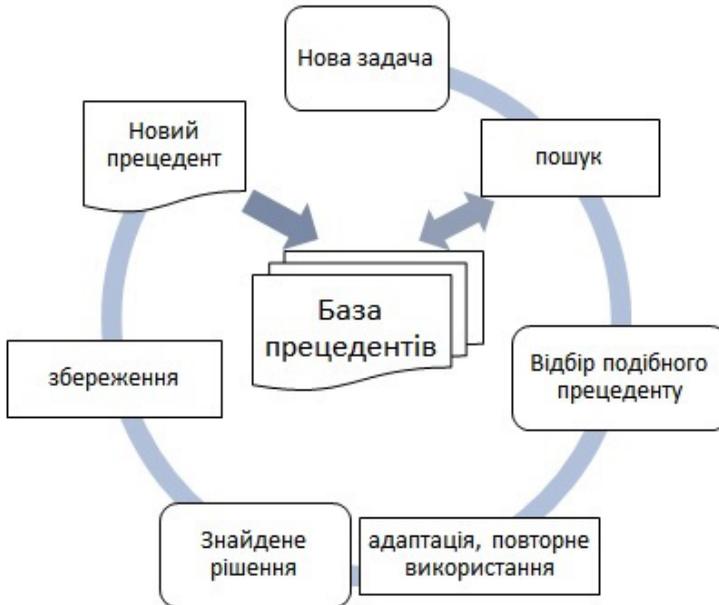


Рисунок 1 – Цикл CBR

Симулятор призначений насамперед для імітації дій фахівців, які безпосередньо виконують бурові роботи та відповідають за їх проведення, моделювання об'єктів, відображення предметів в реальному чи гіпотетичному стані. Це дозволяє проведення експериментів із використанням моделей конкретних фрагментів реальності, що зменшують інформаційну ентропію.

У галузі інтелектуальних систем використання методу CBR на основі прецедентів є способом ефективного використання наявного досвіду експертів у процесі прийняття рішень. З цієї точки зору ця методологія є невід'ємною частиною методології процесів побудови орієнтованих на знання систем [0].

До основних проблем створення віртуальних тренажерів класу «Бурові тренажери» - імітаторів будівництва свердловин можна віднести: складність або відсутність математичних моделей, які описують ті чи інші процеси буріння. Тому важливо є з'ясувати в процесі синтезу знань суттєвих зав'язків між реальними технічними процесами і імітаційним моделюванням та комп'ютерним моделюванням в бурінні та виявити загальні закономірності.

В обчислювальному плані симулятор являє собою програмний модуль, що забезпечує при кожному зверненні до нього прорахунок нового стану технічного процесу, що моделюється, з урахуванням динамічної пам'яті об'єкта і всіх впливів, вироблених учасниками тренінгу (операторами і інструктором) з моменту попереднього розрахунку. При цьому крім чималої кількості «вимірюваних» змінних (витрат, температур, тисків, рівнів і ін.) прораховується і величезне число «внутрішніх» змінних.

Структурно в тренажерній моделі можна виділити власне фізико-хімічну модель, що описує рівноважну динаміку, гідравліку, кінетику, збереження балансів та ін. аспекти функціонування технічних процесів, і модель системи керування, що розташовується між фізичним об'єктом і оператором і включає в себе вимірювальні прилади, систему сигналізації і блокувань, базові регулятори, системи логічного управління, вдосконалені контролери, ін.

Отже, можна виділити такі компоненти тренажерів - модель технологічних процесів, інформаційна модель і модель навчання.

Загальна структура комп'ютерного тренажера з технічної точки зору, що являє собою програмно-апаратний комплекс і включає в себе:

- станцію, що моделюється (на ній зі частотою 1 раз в 1-2 секунди вирішується система алгебраїчних і диференціальних рівнянь, що описують модель технічний процес);

- станції учнів (на них реалізується інформаційна модель);

- робочу станцію інструктора (з її допомогою інструктор навчання організовує і відстежує хід тренінгу). При цьому станція, що моделюється, як правило, поєднується на одній обчислювальній системі з інструкторською.

При всій важливості технічних складових тренажерів очевидно, що ці цілі недосяжні, якщо основа тренажера - тренажерні моделі технологічних процесів - не братимуть адекватними актуального стану реального технічного процесу.

Більшість серйозних тренажерних систем є складними програмно-апаратними комплексами. Об'єктами тренінгу є відтворення динаміки

модельованого об'єкта, імітація роботи засобів вимірювання і управління об'єктом, і відтворення приладової частини людино-машинного інтерфейсу. Сучасні тренажерні системи мають загальні вимоги, структуру та закономірності проектування. В той же час спостерігається і безліч відмінностей, які обумовлені сферою застосування, аналіз яких дозволяє виявити особливості тренажерів для операторів технологічних процесів і виробити обґрунтовані критерії оцінки їх якості. Технологічні тренажери з'явилися в потенційно небезпечних сферах. Це пов'язано з великим ризиком для життя і безпеки людей та жорсткими вимогами законодавства в галузі підготовки і сертифікації працівників в цих галузях.

Сьогодні моделі тренажерів класу «Бурові тренажери» варіюються від звичайних портативних і повномасштабних тренажерів-симуляторів буріння і управління свердловиною до новітніх моделей з кібер-кріслом, доповнюються опціями за індивідуальними вимогами.

Інженерні рішення віртуальних тренажерів з буріння нафтових і газових свердловин, що присутні на ринку призначені для операторів різних посад (бурильника, інженера, бурового супервайзера) з керованим ними буровим обладнанням, мають різні призначення: тренажери можуть розроблятися з метою навчання фахівців, демонстрації технологічного процесу, а також імітаційного моделювання.

В даний час за кордоном розвиваються кілька тренажерних платформ, розроблених і підтримуваних основними світовими виробниками комп'ютерних тренажерних комплексів (КТК) (ABB Simeon, Inc., Honeywell, Inc., CAE Link, Inc. і ряд інших).

До найбільш відомих тренажерних систем, що добре себе зарекомендували, можна віднести тренажери наступних виробників: комплекс віртуальних тренажерів «Слайд Майстер 1.18», «АМТ-231» (ЗАТ «Автоматизація Моніторингу Технологій»), DART (KCA DEUTAG), DrillSim5000. Останній використовується при сертифікації міжнародного рівня, що здійснюється на базі тренажерного бурового центру Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу за напрямком «Контроль стану свердловини. Управління свердловиною під час флюїдопроявів».

В результаті огляду систем класу «Бурові тренажери» бачимо, що тенденція використання тренажерних комплексів в наш час має під собою вагомий підстави. Однак без недоліків не обійшлося. Технічні процеси моделюються не враховуючи динаміки або обчислюються за готовими формулами з незмінними параметрами. Використання систем на основі знань дасть можливість використання прецедентів та минулого досвіду для побудови нових ефективних рішень і дозволить зробити віртуальні тренажери більш універсальними та ефективними. І тому, актуальною на сьогодні стає задача розробки тренажера, позбавленого перерахованих вище недоліків.

## Літературні джерела

1 Chiranth Hegde, Hugh Daigle, Harry Millwater, Ken Gray Analysis of rate of penetration (ROP) prediction in drilling using physics-based and data-driven models. Publication: Journal of Petroleum Science and Engineering Publisher: Elsevier. Date: November 2017

2 Sheketa V. Case-based modelling of data and knowledge // Sheketa V., Chesanovsky M., Styslo T., Romanyshyn Y., Poteraiilo L. // 14-а міжнародна науково-практична конференція “Математичне та імітаційне моделювання систем – МОДС 2019” – Чернігів.– 2019.–С.177–181.

3 Варшавский П.Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2.

УДК 656:004

## ПЛАНУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НГТТ ЗА ВИТРАЧЕНИМ ПАЛИВОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕГРОВАНОЇ ERP-СИСТЕМИ

*М. І. Богатчук*

*Аспірант ІФНТУНГ, bobo1983@meta.ua*

У нафтогазовому комплексі держави експлуатуються десятки видів нафтогазового технологічного транспорту та технологічного устаткування (НГТТ), встановленого на шасі автомобіля [1]. Всі ці установки приводяться в дію за допомогою двигунів внутрішнього згорання, що працюють на бензині, газовому або дизельному паливі.

Планово-запобіжна система технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) транспортної техніки та дорожніх машин регламентується положенням про технічне обслуговування і ремонт (Положення) [2]. У Положенні в основному викладені правила та нормативи з ТО і ПР для транспортних засобів, що займаються перевезеннями, але в нафтогазовій промисловості використовують різну спеціальну техніку, що встановлена на шасі автомобілів і виконує різні технологічні роботи. Періодичність ТО транспортного засобу і спецтехніки НГТТ за часом постановки на ТО не завжди збігаються. Багато техніки працює від базового двигуна автомобіля, деяка спецтехніка має свій автономний двигун для роботи агрегату, встановленого на шасі автомобіля чи іншого транспортного засобу (причепа).

Оскільки в нафтогазовій галузі значна частина техніки застаріла, то для неї спрогнозувати терміни постановки на ТО надзвичайно важко у зв'язку з непередбачуваними несправностями, а це вже впливає на графіки постановки на ТО та організування виробничого процесу зон із ТО. Крім того, терміни напрацювання спецтехніки до ТО дуже відрізняються, що спричиняє труднощі

в складанні графіків постановки на ТО, причому трудомісткості ТО для НГТТ різні. Зазначене вище ускладнює чітке організування ТО та ПР. Частина спецтехніки оновлена, це в основному техніка імпортного виробництва, періодичність ТО яких суттєво відрізняється від наявної старої техніки.

Розробники НГТТ під час проектування не врахували специфіки автомобільної галузі і запропонували періодичність ТО виконувати через певну кількість відпрацьованих мотогодин, а на автомобільному транспорті через і певний пробіг транспортного засобу. Спільним у цій техніці є спалене паливо, хоча на деяких транспортних засобах воно відрізняється (базовий двигун працює на дизельному паливі, а агрегат на бензині, може бути і навпаки).

Дослідженням [3] для встановлення періодичності ТО використано моніторинг витраченого палива під час роботи автомобілів. Для моніторингу додатково використовували: пристрій контролювання залишку палива, ПЕОМ, операційне середовище "Windows" та програмне забезпечення, за допомогою якого прогнозували дати постановки автомобілів на черговий технічний вплив в умовах реального автотранспортного підприємства. Недоліком описаного методу є ускладнення конструкції автомобіля через встановлення додаткового пристрою для контролювання залишків палива.

У будівельній та іншій техніці періодичність технічного обслуговування трактора можна розраховувати за витраченим паливом за середнього його завантаження [4].

Із впровадженням на підприємствах нафтогазового комплексу інформаційних технологій дозволило зазначені вище недоліки в плануванні ТО техніки відкоригувати реальні періоди їхньої постановки на ТО.

Використання інтегрованої системи [5] на базі інформаційних технологій для управління внутрішніми та зовнішніми ресурсами підприємства "Enterprise Resource Planning System" (ERP) на багатомарковому виробництві дозволить постійно контролювати витрати палива та прогнозувати орієнтовні дати постановки транспортних засобів і спецтехніки на ТО залежно від реально витраченого палива на роботу автомобілів чи агрегатів.

Періодичність до ТО встановлюють [1, 2] залежно від їхньої специфіки роботи в кілометрах або мотогодинах. Для цього за середньостатистичними даними визначають для кожного агрегату чи автомобіля витрату палива на 1 км; 1 норм. год роботи автомобіля чи агрегату. За зазначеними показниками можна визначити загалом, скільки палива необхідно спалити (витратити) до ТО чи ПР. За допомогою системи ERP проводять щоденний моніторинг витрати палива НГТТ і вразі наближення обсягу витраченого палива до рекомендованої періодичності проведення технічного впливу, за допомогою програмного забезпечення передають інформацію в технічну службу для прогнозування дати постановки транспортного засобу чи агрегату на ТО чи ПР.

#### Література

1 Нефтепромышленное оборудование: справочник / Под ред. Е. И. Бухаленко. 2-е изд., перераб. и доп. Москва.: Недра, 1990. 559с.

2 Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ: Міністерство транспорту України, 1998.18 с.

3 Сметана С. О. Вдосконалення методу визначення раціонального режиму профілактичного обслуговування транспортних засобів застосуванням моніторингу витрати палива: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / С. О. Сметана ; Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. — Харків, 2002.С. 20.

4 Проектування підприємств технічного сервісу будівельної техніки : навчальний посібник / С. С. Карабинош, А. В. Новицький, З. В. Ружило. Київ. НУБіП України, 2019. 171 с. Режим доступу: – [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/navch.\\_posibnik\\_proektuvannya\\_pidpriie\\_mstv\\_ts\\_20.12.2019\\_rdoc.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/navch._posibnik_proektuvannya_pidpriie_mstv_ts_20.12.2019_rdoc.pdf).

5 ERP-система — чарівна таблетка або інструмент для роботи? Режим доступу: -<https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/Avtomatizatsiya/erp-sistemy/>.

УДК 004.85

## **РОЗУМНА МОДУЛЬНА КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА ШВИДКОГО РОЗГОРТАННЯ ДЛЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

*В. С. Ванчак, С. І. Мельничук*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна, vitaliyvanchak@gmail.com*

Сьогодні увесь світ слідує за кліматичними змінами на нашій планеті, які з часом все сильніше впливають на наше життя. Ця проблема спричинила потребу у посиленому моніторингу клімату та проведення метеорологічних спостережень. Окрім проблеми різкої зміни клімату, певні місцевості потребують спостереження та попередження небезпечних явищ, які можуть призвести до поранення чи смерті людей і матеріальної шкоди.

Щоб вирішити цю проблему було вирішено створити модуль, який буде виділятися серед інших рішень наступними пунктами: доступність, автономність, швидке та просте розгортання. Доступність полягає у використанні платформи arduino, популярних недорогих готових компонентів і надання схем та програмного забезпечення у вільному доступі. Автономність досягається за рахунок незалежного живлення модуля, бездротової передачі даних за допомогою технології LoRa [1] та системи критичних рішень які модуль може виконувати самостійно без команд головного центру чи інших модулів. Швидке та просте розгортання досягається завдяки відсутності потреби в фізичній привязці до модулів і головного центру та системі швидкого розгортання, що базується на GPS геолокації [2]. На рисунку 1 можна побачити спрощену схему побудови модуля, він складається з плати arduino nano, живлення - блок акумуляторів та сонячна панель, GPS модуль на основі Ublox

NEO-6M, LoRa модуль на основі Ra-01 або Ra-02, датчиків та модуля реального часу на основі DS3231.



Рисунок 1 – Спрощена схема модуля

Мережа базується на деревовидній схемі зв'язку. Кожен модуль має свою мережеву таблицю у якій прописано, які модулі належать даному модулю та який модуль є батьківським. Ці всі зв'язки продубльовані в головному центрі. Передача даних відбувається спорадичним методом через ланцюгову передачу повідомлення по гілці до головного центру. При поступленні повідомлення, модуль звіряє поле отримувача з своїм унікальним кодом, якщо вони співпадають то повідомлення обробляється і передається далі уже з зміненим отримувачем, таким чином повідомлення проходить по чітко визначеному маршруту. Повідомлення розподіляються на два типи: звичайні і важливі. Звичайні повідомлення проходять по визначеному маршруту без підтвердження від відправника, важливі повідомлення потребують підтвердження отримання одержувачем, в іншому випадку відправник повторює відправку повідомлення. Важливі повідомлення гарантують доставку до головного центру, але збільшують навантаження на мережу, тому вони використовуються тільки в критичних ситуаціях.

Система швидкого розгортання запускається при першому включенні до мережі. Система складається з трьох етапів: перший - підключення на основі геоположення, другий - підключення до першого відправника і третій - підключення до головного центру. Модуль по чергово пробує підключатись до мережі за даними етапами з заданими проміжками часу. Перехід до наступного кроку відбувається коли етап не був успішно виконаний за певний проміжок часу. На першому етапі модуль отримує своє геоположення і передає їх повідомленням без вказаного отримувача. Перший модуль який отримує дане повідомлення, передасть його по заданому в таблицях маршруту до головного центру, де за цими даними буде визначено оптимальний батьківський модуль та буде відправлено команду на прив'язку нового модуля до оптимального

батьківського модуля. При неуспішному першому етапі модуль переходить до другого кроку. Якщо модуль перехопить повідомлення від мережі то модуль передасть відправнику повідомлення на підключення до нього, після чого батьківський модуль по заданому маршруту відправить повідомлення про підключення нового модуля до головного центру. Якщо ж модуль не перехопить жодного повідомлення, то модуль перейде до останнього кроку і відправить команду на підключення до головного центру.

Система критичних рішень - це набір конфігурацій для автоматичного реагування модуля при певних обставинах. Такими обставинами може бути вихід з ладу датчиків, низький заряд батареї, зміна геоположення, тощо. В таких випадках модуль самостійно виконує певні дії або направляє “важливе” повідомлення до головного центру, без попередньо отриманого запиту.

Головний центр надає інтерфейс ручного управління та діагностики мережі. Крім цього він ще накопичує отримані метеорологічні дані та тримає загальну карту мережі. Інтерфейс головного центру інформує про геоположення кожного модуля, їх стан та схему з'єднань модулів.

Даний проєкт надасть метеорологічній спільноті науковців нову доступну альтернативу для проведення метеорологічного моніторингу з можливостями швидкого розгортання, зручного керування, автономним управлінням, інтелектуальною обробкою даних та термінового оповіщення.

#### Літературні джерела

1 LoRaWAN™ A technical Overview of LoRa and LoRaWAN – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://loro-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf>

2 Стаття про технологію GPS – [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.furuno.com/en/gnss/technical/tec\\_what\\_gps](https://www.furuno.com/en/gnss/technical/tec_what_gps)

УДК 004.588

## **АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЧАТ-БОТУ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПЛАТФОРМИ TELEGRAM**

*Н. О. Каваців, Т. В. Гуменюк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна, naiproducton@gmail.com*

Сьогодні люди все частіше використовують інтернет додатки для спілкування. Наразі ринок пропонує широкий вибір месенджерів та інших програм для обміну повідомленнями. Часто виникає ситуація, коли хтось з Вашого кола спілкування обирає іншу програму, тому постає потреба наявності функції пересилання повідомлень на інші сервіси, які надають свої API безкоштовно. Також користувачі замінюють собою соціальні мережі, адже з кожним днем функціонал таких соціальних додатків росте разом і з кількістю

користувачів. Чат-боти дозволяють реалізовувати широкий ряд функцій від фінансових транзакцій до перегляду різного медіа контенту. Такі боти у форматі звичайних контактів уже давно виходять далеко за рамки звичайних розсилок рекламних пропозицій. Серед усієї варіації таких застосунків очікується оригінальний бот з штучним інтелектом для реалістичної взаємодії з користувачем.

Передбачається розробка багатофункціонального віртуального помічника з розумним стилем спілкування з користувачем на базі натренованої нейронної мережі, що дасть можливість користувачам додатку Telegram [1] скористатись можливостями віртуального помічника для зручної пересилки повідомлень з різних соціальних мереж між собою. Створений бот буде мати максимально приземлену реакцію на будь-який відгук користувача завдяки навчанням нейронних мереж. Потенційний розвиток дозволить організувати зручний пошуковий сервіс та інші смарт функції в бота за аналогією з відомими розробками від компанії ‘Amazon’ („Amazon Echo”) чи ‘Apple’ („Siri”).

Для реалізації механізму перевідправлення треба створити серверну програму, яка буде утримувати бота на віддаленому хостингу. Мовою Python [2] описується алгоритм з’єднання та підключення до профілів інших месенджерів та пересилання даного користувачем повідомлення відповідним контактам. Процес з’єднання відбувається за допомогою наборів чітко визначених методів для взаємодії, що надають розробники свої месенджерів. Схема роботи цього процесу зображена на рисунку 1, на якому можна побачити основну ідею про взаємодію чат-ботів між собою для підключення і передачі інформації через віддалений сервер. Пересилання повідомлень буде проводитись до вибраних користувачем контактів у наступні популярні месенджери: Viber, Facebook, Discord, Telegram.

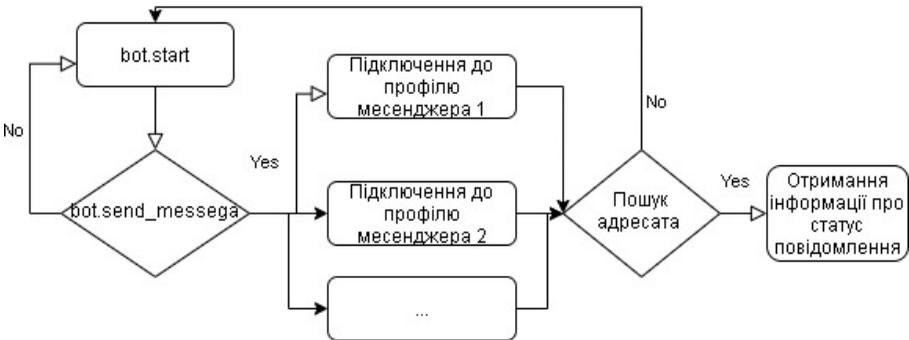


Рисунок 1 – Схема роботи пересилання повідомлень

Для надання більшого функціоналу та практичної цінності буде здійснена розробка та імплементація нейронної мережі [3]. Бот повинен розрізнити кому саме користувач бажає відіслати певне повідомлення і відповідно до цього віднайти контактні дані тої особи у інших месенджерах. Користувач обирає (за наявності декількох аналогів контакту) адресата, якому надіслати повідомлення, або на всі соціальні мережі та електронні адреси одразу (у випадку важливості повідомлення, інакше у перспективі натренована мережа обмежить кількість таких надсилань для запобігання спаму).

Оскільки самі повідомлення можуть бути різними, передбачені певні ліміти розмірів для прикріплених файлів та можливість фільтрації тексту. Також, важливо щоб створений бот міг повідомити користувача про статус повідомлення: чи є воно отримане, чи є воно прочитане. При необхідності, інтерфейс бота запропонує увімкнути зворотню пересилку, якщо було отриману відповідь. Планується моніторинг і запис статистики використання для навчання нейронній мережі, щоб в подальшому рекомендувати користувачі певні заготовки для повідомлень.

Усі вище вказані функції реалізуються за допомогою співпраці ботів соціальних мереж між собою, з базою даних на окремо виділеному сервері, за який треба щомісячну оплату. Покриття витрат прогнозується через додавання у бота реклами і можливості її відключити за певну суму.

Отже, дослідивши об'єкт проекту, а саме популярні додатки для спілкування (р2р чат-боти), для реалізації такої універсальної смарт системи потрібно задіяти різні галузі розробки програмного забезпечення. В результаті користувач зможе не витрачаючи багато часу зв'язатися з людьми, що використовують інші додатки для спілкування. Застосування такому боту не обмежене. Особливу користь несе тим користувачам, яким нема можливості встановити усі месенджери на свій апаратний пристрій, але які розділяють своє оточення і бажають бути на зв'язку тут і зараз.

#### Літературні джерела

1 Telegram - Документація по чату. – [Електронний ресурс]: <https://tigrm.ru/docs>

2 Python.org – Документація Py 3.8. – [Електронний ресурс]: <https://www.python.org/doc/>

3 Better Language Models and Their Implications - Сторінка штучного інтелекту GPT-2 від компанії OpenAI. – [Електронний ресурс]: <https://material.io/color/#!/?view.left=0&view.right=0>

УДК

## ЗАХИЩЕНІ КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ

*А.Р. Іванюк*

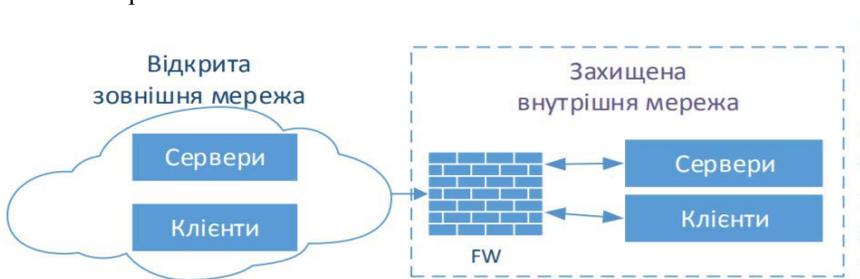
*ІФНТУНГ, Івано-Франківськ, Україна, endry0501006732@gmail.com*

Проблема захисту від несанкціонованих дій при взаємодії із зовнішніми мережами може бути успішно розв'язана тільки на основі комплексного захисту корпоративних комп'ютерних мереж. До базових засобів багаторівневого захисту міжмережевого обміну даними відносяться захищені операційні системи, мережеві екрани, віртуальні захищені мережі VPN, протоколи захисту на каналному, транспортному і мережевому (протокол IPSec) рівнях.

Проблема захисту від несанкціонованих дій при взаємодії із зовнішніми мережами може бути успішно розв'язана тільки на основі комплексного захисту корпоративних комп'ютерних мереж. До базових засобів багаторівневого захисту міжмережевого обміну даними відносяться захищені ОС, ME, віртуальні захищені мережі VPN, протоколи захисту на каналному, транспортному і мережевому (протокол IPSec) рівнях.

З точки зору забезпечення безпеки операційної системи процедури ідентифікації і аутентифікації є дуже відповідальними. Дійсно, якщо зловмисник зумів увійти до системи від імені іншого користувача, він легко дістає доступ до усіх об'єктів операційної системи, до яких має доступ цей користувач. Якщо при цьому підсистема аудиту генерує повідомлення про події, потенційно небезпечні для безпеки операційної системи, то в журнал аудиту записується не ім'я зловмисника, а ім'я користувача, від імені якого зловмисник працює в системі.

Міжмережевий екран (ME) — це спеціалізований комплекс міжмережевого захисту, що називається також брандмауером або системою firewall. ME дозволяє розділити загальну мережу на дві частини (чи більше) і реалізувати набір правил, що визначають умови проходження пакетів з даними через кордон з однієї частини загальної мережі в іншу. Як правило, ця межа проводиться між корпоративною (локальною) мережею підприємства і глобальною мережею Internet



**Рисунок 1 - Схема підключення міжмережевого екрану**



Рисунок 2 - Структура міжмережевого екрану

Для ефективно́ї протидії мережевим атакам і забезпечення можливості активного і безпечного використання у бізнесі відкритих мереж на початку 1990х рр. народилася і активно розвивається концепція побудови віртуальних приватних мереж — VPN (Virtual Private Network).

Віртуальною захищеною мережею VPN (Virtual Private Network) називають об'єднання локальних мереж і окремих комп'ютерів через відкрите зовнішнє середовище передачі інформації в єдину віртуальну корпоративну мережу, що забезпечує безпеку циркулюючих даних. Віртуальна захищена мережа VPN формується шляхом побудови віртуальних захищених каналів зв'язку, що створюються на базі відкритих каналів зв'язку загальнодоступної мережі.

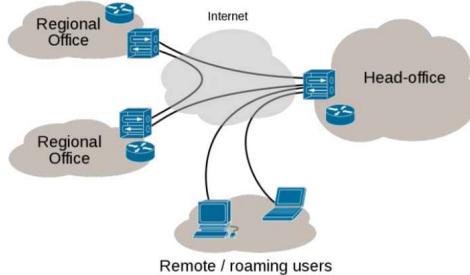


Рисунок 3 - Захищена віртуальна мережа VPN

За допомогою методики тунелювання пакети даних передаються через загальнодоступну мережу, як по звичайному двоточковому з'єднанню. Між кожною парою «посилач — одержувач даних» встановлюється своєрідний тунель — логічне з'єднання, що дозволяє інкапсулювати дані одного протоколу в пакети іншого.

Суть тунелювання полягає в тому, щоб інкапсулювати, «упакувати», передавану порцію даних, разом із службовими полями, в новий «конверт». При цьому пакет протоколу нижчого рівня поміщається в поле даних пакету протоколу більш високого або такого ж рівня. Слід зазначити, що тунелювання саме по собі не захищає дані від НСД або спотворення, але завдяки тунелюванню з'являється можливість повного криптографічного захисту початкових пакетів, що інкапсулюються.

УДК 004.51

## РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ПОШУКУ ВІЛЬНИХ АУДИТОРІЙ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО РОЗКЛАДУ У ІФНТУНГ

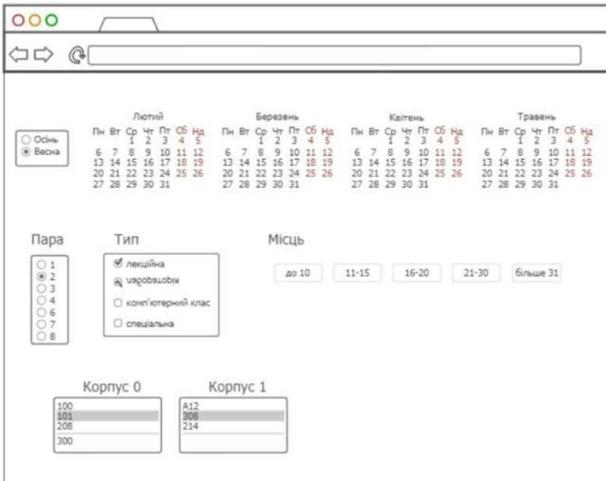
*О. О. Стефанишин, Х.В. Паньків*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел. (0342)72-71-70, e-mail: itts@nung.edu.ua*

На даний час на ринку є досить багато пропозицій програмних продуктів для автоматизації роботи ВНЗ. Проаналізувавши переваги та недоліки декількох з них [1,2], можна підсумувати, що на сьогоднішній день на ринку існує багато готових продуктів, які мають свої переваги та недоліки. Впроваджена в ІФНТУНГ подібна система наділена багатофункціональним інтерфейсом, проте, деяких функцій не вистачає в даній системі. Одним з них є відсутність функції розширеного пошуку вільних аудиторій. Тому було прийнято рішення про їх додаткову реалізацію

Доповнення функціоналу даної системи дасть змогу оптимізувати її роботу, збільшити швидкодію персоналу, який відповідає за складання розкладу.

Було запропоновано зручний та зрозумілий для користування інтерфейс підсистеми пошуку вільних аудиторій, макет якого зображено на рис 1.



**Рисунок 1 – Макет підсистеми пошуку вільних аудиторій**

Для створення підсистеми використано такі мови програмування, технології та бібліотеки як JavaScript, PHP, HTML, CSS, jQuery, Ajax. В якості технології передавання даних використовувався JSON.

Аналізуючи існуючі системи організації навчального процесу було прийнято рішення створити односторінкову систему пошуку вільних аудиторій яка буде мати зрозумілий для користувача інтерфейс та буде мінімізувати кількість дій оператора.

Зовнішній вигляд графічного інтерфейсу розробленої підсистеми пошуку вільних аудиторій зображено на рис.2. На сторінці знаходяться такі елементи керування як перемикачі вибору сезонів навчального періоду, пари, тип та кількість місць в аудиторії. Важливою складовою для відображення потрібної інформації на сторінці є формат полів виводу. Даний блок включає в себе десять елементів, які відповідають за інформацію про вільну аудиторію в певному корпусі. Тут розміщується інформація про аудиторію, що виділено напівжирним шрифтом, нижче вказано тип класу та в дужках кількість місць. За допомогою JavaScript можна маніпулювати елементами DOM-моделі web-сторінки. Також використовуючи готові бібліотеки нам не потрібно писати великі функції, які є готовими та коректно працюють у більшості популярних браузерів. Зокрема, робота з календарем організувалась за допомогою бібліотеки DatePicker. Дана бібліотека задає візуальний стиль елементам та заповнює його відповідно.



Рисунок 2 - Інтерфейс підсистеми пошуку вільних аудиторій

Кінцевим результатом даної роботи була розроблена підсистема пошуку вільних аудиторій в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, яка надає інформацію щодо вільних аудиторій відповідно до обраної дати. У функціоналі пошуку також передбачені фільтри за допомогою яких можна вибрати пару, тип аудиторії та наявну кількість місць.

1 АСК ВНЗ iZETA. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] – Режим доступу: <http://www.izeta.puet.edu.ua/>

2 Система складання розкладу занять для вишів. [Електронний ресурс] : [Веб-сайту]- Режим доступу: <http://osvita.ua/vnz/48020/>

УДК 681.5

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНІВ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ

*М. І. Горбійчук, В. Я. Чемеринський*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Кожний стан бурової установки характеризується певним набором технологічних параметрів. При цьому немає необхідності знати їх абсолютні значення у фізичних одиницях достатньо встановити факт їх присутності, тобто контрольовані параметри повинні знаходитись у певних межах, що зумовлені технологічним регламентом.

Процес формування сигналів, які будуть ознаками у задачі розпізнавання станів бурової установки, показаний на рис. 1. У тому випадку, коли певний технологічний параметр, що характеризує відповідну технологічну операцію знаходиться в установленій нормі, тоді йому присвоюється значення «одиниця» у протилежному – «нуль».



**Рисунок 1 – Процес формування ознак**

Задачу ідентифікації станів бурової установки сформулюємо як задачу розпізнавання образів.

Кожний стан бурової установки, який ототожнюється з певною технологічною операцією, буде образом. Множина станів бурової установки утворює простір образів  $\Omega$ . Якщо  $\omega$  конкретний образ, то  $\omega \in \Omega$ . Кожному образу (технологічній операції) присвоїмо порядковий номер  $1, 2, \dots, m$ , так що  $M = \{1, 2, \dots, P\}$  - множина номерів класів  $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_p$ . Кожний образ характеризується набором ознак, які у просторі ознак утворюють вектор  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ , компоненти якого це послідовності нулів та одиниць [1].

Оскільки фізичні параметри, що характеризують деякий стан бурової установки, додатні величини, то формування ознак здійснювалось таким чином:

$$x_i = \text{sign}(p_i(t)), \quad i = \overline{1, n},$$

$$\text{де } p_i(t) = P_i(t) - P_{\max,i};$$

$P_i(t), P_{\max,i}$  - поточне і мінімальне значення технологічного параметру.

Тепер можна сформулювати задачу розпізнавання образів стосовно ідентифікації станів бурової установки.

Утворимо простір образів  $\Omega$  із класів  $\Omega_1$  (буріння),  $\Omega_2$  (проробка долота),  $\Omega_3$  (нарощування) і  $\Omega_4$  (підйом долота).

Кожен клас характеризується своїм вектором  $\bar{x}$ , компоненти якого приймають бінарні значення «0» або «1».

Очевидно, що кожний клас вміщує тільки один образ, який визначається конкретною технологічною операцією. Задача полягає у тому, щоб за пред'явленням вектора  $\bar{x}$  віднести об'єкт до одного із чотирьох класів.

Для вирішення поставленої задачі доцільно скористатись нейромережевою технологією.

Оскільки компоненти вектора  $\bar{x}$  приймають лише дискретні значення 0 (-1) або 1, то у таких випадках ефективно рішення задачі ідентифікації станів бурової установки досягається використанням штучних нейронних мереж (ШНМ) Гопфілда або Хеммінга [2, 3].

Аналіз мереж Гопфілда і Хеммінга показав, що для задачі розпізнавання станів бурової установки, де немає необхідності отримувати образ у явному вигляді, доцільно використовувати мережу Хеммінга.

Архітектура мережі Хеммінга [4] показана на рис. 2.

У тому випадку, коли компоненти вектора  $\bar{x}$  приймають значення «0» або «1» їх перераховують таким чином, щоб значення «0» перетворилось в «-1». Такий перерахунок здійснюється за такою формулою:  $\bar{x}_i = 2x_i - 1$ .

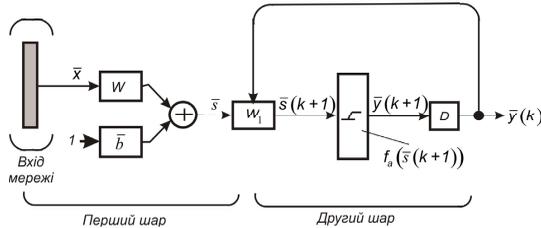


Рисунок 2 – Архітектура мережі Хеммінга

Працездатність і ефективність розробленого алгоритму перевірялась шляхом імітації станів бурової установки.

```

%Стани бурової установки
X=[1 1 1 0 1 1 1 1; ...%Буріння
  1 1 1 0 1 1 0 1; ...%Проробка долата
  1 0 0 1 0 1 0 1; ...%Нарощування
  1 0 0 0 1 1 1 0; ...%Циркуляція і промивка
  1 0 0 1 0 1 0 0];%Підйом колони
    
```

Кожному рядку матриці  $X$  ставиться у відповідність певна технологічна операція. На вхід нейромережі по чергову подавалися вектори  $\bar{X}_i$ , кожний із яких відповідний рядок матриці  $X$ .

Як приклад, на вхід мережі Хеммінга подати вектор  $\bar{X}_1 = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ , який відповідає технологічній операції буріння, то на моніторингу оператора появиться така інформація:

ПОТОЧНА ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ  
**Буріння**

Таким чином, мережа Хеммінга безпомилково розпізнала невідомі образи за образами-зразками.

## Література

1 Кропивницька В. Б., Гуменюк Т. В., Свирид М. С. Комп'ютерна система визначення станів бурової установки. // Поступ в науці. Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту. Бучач. 2009. № 5. С. 107-111.

2 Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // Proceedings of National Academy of Sciences. 2005. Iss. 79. № 8. PP. 2554 –2555.

3 Zakharian S., Ladevig-Riebler P., Tores S. Neuronale Netze für Ingenieure: Arbeits- und Übungsbuch für regelungstechnische Anwendungen. Braunschweig: Vieweg, 1998. 176 s.

4 Hopfield Neural Network. – Електронний ресурс:

<http://www.mathworks.com/help/nnet/ug/hopfield-neural-network.html>.

УДК 681.5

## **РОЗРОБЛЕННЯ ПРОТОТИПУ НАВЧАЛЬНОГО ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**

*Б. В. Яремій, Ю.В.Паньків*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15,  
м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел. (0342)72-71-70, e-mail: itts@nung.edu.ua*

Програмовані логічні контролери (ПЛК) зараз широко використовуються у багатьох галузях. Спершу це були промислові контролери, які допомагали автоматизувати виробництва, системи управління водопостачанням, електростанціями і т. п. Проте з часом ПЛК почали використовувати і для тривіальніших завдань. На сьогоднішній день популярними є системи «Розумний дім», в яких також не обходиться без керуючого органу, в ролі якого часто виступає програмований логічний контролер[1,2].

Розробка відносно простого та доступного програмованого логічного контролера для студентів, який буде реалізований у вигляді навчального стенду є актуальною задачею. В ньому можна буде легко переконфігурувати периферію для конкретного завдання. Програмування контролера здійснюється на мовах С та С++, що дозволить його швидко освоїти, а завдяки стенду можна одразу побачити результат його роботи.

Було складено загальну структурну схему внутрішньої будови ПЛК, що зображена на рис. 1.

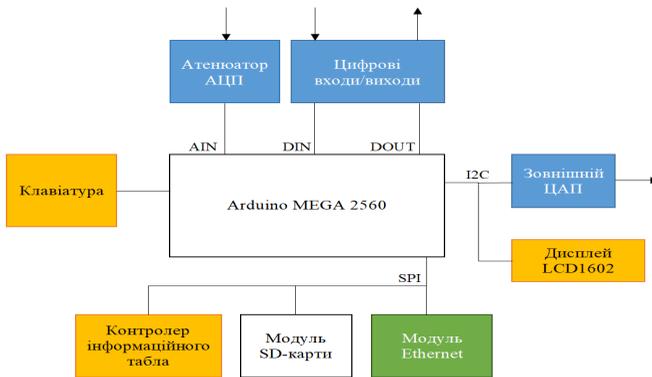


Рисунок 1 – Структурна схема прототипу навчального ПЛК

В даній схемі зображено окремі компоненти ПЛК та інтерфейси, через які вони підключені до мікроконтролера. Синім позначені модулі зовнішніх входів/виходів, а помаранчевим – модулі інтерфейсу користувача. Також зеленим кольором позначений модуль комунікації

Для демонстрації можливостей навчального ПЛК була розроблена розподілена система керування нагрівачем, з використанням протоколу mqtt для передачі даних про температуру на віддалений сервер. Всі дані про стан пристроїв, а також інформація з датчиків зберігаються на спільному MQTT сервері, і доступні з будь-якої точки світу. Також завдяки спеціальній програмі MQTT Broker, є можливість контролю та моніторингу системи з будь-якого пристрою приєднаного до мережі інтернет.

Сам ПЛК використовується як базова станція, яка збирає дані з всіх датчиків, обробляє їх, а також з якої здійснюється контроль над виконавчими пристроями, які об'єднані в єдину мережу. В якості датчиків та виконавчих пристроїв можуть використовуватись інші мікроконтролери, під'єднані до мережі.

В даному прикладі давачем і одночасно виконавчим пристроєм слугує мікроконтролер ESP8266, що має можливість підключення до мережі через безпроводний протокол WiFi, що робить його мобільним. Схема даної системи зображена на рис. 2.

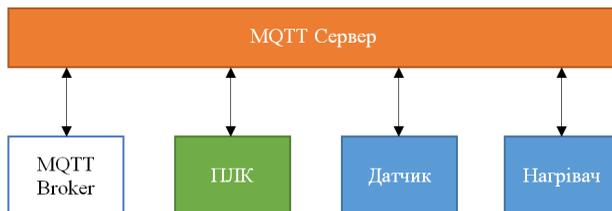


Рисунок 2 – Структурна схема розподіленої системи керування на базі навчального ПЛК

В ході роботи було сконструйовано програмований логічний контролер, який планується використовувати в якості лабораторного стенду для кращого засвоєння теоретичного матеріалу студентами. Розроблено програмне забезпечення процесу налаштування контролера, керування модулем візуалізації та декілька програмних блоків для керування реальними фізичними моделями технологічних об'єктів

Підводячи підсумки проектування можна вказати кілька шляхів покращення навчального ПЛК, а саме можливість розробки SCADA системи з виводом даних на зовнішній графічний індикатор для зручного моніторингу параметрів ПЛК, крім цього також варто додати модуль реального часу (RTC), що дозволить значно розширити можливості контролера.

#### Література

1 Офіційний сайт CONTROLLINO [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] Режим доступу: <https://www.controllino.biz/>

2 Офіційний сайт Wiren Board [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] Режим доступу: <https://wirenboard.com/ru/pages/about>.

УДК 620

## **МАШИННИЙ ЗІР. ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ ОПТИЧНОГО ДЖЕРЕЛА**

*Т.М. Бугра*

Машинний зір - це науковий напрямок в області штучного інтелекту, зокрема робототехніки, і пов'язані з ним технології отримання зображень об'єктів реального світу, їх обробки і використання отриманих даних для вирішення різного роду прикладних задач без участі (повного або часткового) людини.

Машинний зір зосереджується на застосуванні, в основному промислового, наприклад, автономні роботи і системи візуальної перевірки та вимірювань. Це означає, що технології датчиків зображення і теорії управління пов'язані з обробкою відеоданих для управління роботом і обробка отриманих даних в реальному часі здійснюється програмно або апаратно.

Комп'ютерний зір зосереджується на обробці тривимірних сцен, спроектованих на одне або кілька зображень. Наприклад, відновленням структури або іншої інформації в 3D сцені по одному або декількох зображень. Комп'ютерне зір часто залежить від більш-менш складних припущень щодо того, що представлено на зображеннях.

Завдання машинного зору:

- Розпізнавання
- Ідентифікація
- Виявлення
- Розпізнавання тексту

- Відновлення 3D форми по 2D зображень
- Відновлення сцени
- Відновлення зображень

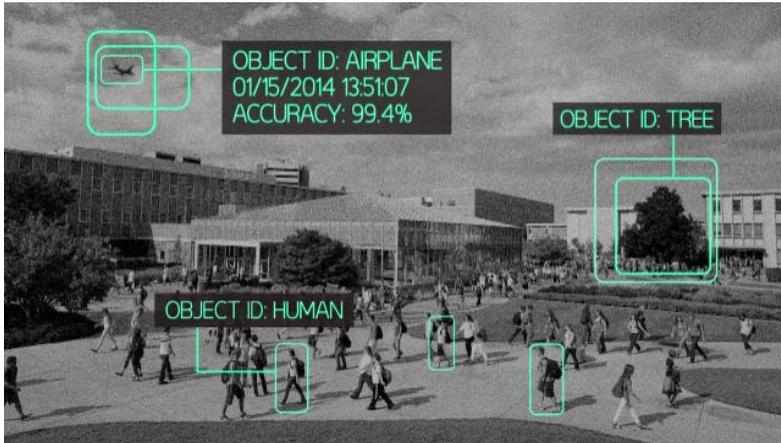


Рисунок 1 – Приклад системи розпізнавання об'єктів

Методи обробки зображень:

- Лічильник пікселів
- Бінаризація
- Сегментація
- Читання штрих-кодів
- Оптичне розпізнавання символів
- Вимірювання
- Виявлення країв

Літературні джерела

1 Computer Vision: A Modern Approach by D. A. Forsyth and J. Ponce, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2002.

2 Computer Vision. L. Shapiro and G. Stockman, Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J., 2000.

3 «Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии»; Г. А. Кухарев; Политехника; 2013.

УДК 681.513.5:622.24

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ПРОЦЕСУ ПОГЛИБЛЕННЯ СВЕРДЛОВИН В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗАСОБАМИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

*Т. В. Гуменюк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ,  
Україна, taraskm@gmail.com*

Комплекс засобів наземного контролю і керування процесом буріння нафтових і газових свердловин утворює основу апаратного забезпечення комп'ютерної системи автоматизованого керування процесом поглиблення свердловин, який призначений для контролю основних режимних параметрів процесу буріння [1].

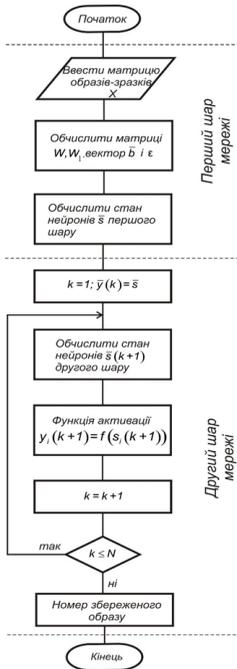
Для ефективного використання комплексу засобів наземного контролю і управління процесом буріння нафтових і газових свердловин СКУБ-М2 клієнту поставляється пакети прикладних програм.

Кожна технологічна операція характеризується певною множиною режимних параметрів. Ця множина формується у термінах – «значення певного режимного параметру у поточний момент часу відмінне від нуля» або «даний параметр у поточний момент часу має нульове значення». Якщо у поточний момент часу значення відповідного параметру відмінне від нуля, то йому приписують значення «одиниці». У тому випадку, коли значення відповідного параметру має нульове (мінімальне) значення, тоді йому присвоюється значення «нуль». Таким чином, кожній технологічній операції буде поставлена у відповідність множина значень, об'єктами якої є бінарні значення «нуль» або «одиниця». Для автоматичного розпізнавання технологічних операцій бурової установки необхідно, щоб такі множини не перетинались між собою. На основі аналізу технологічних операцій отримана відповідна таблиця технологічних операцій, аналіз якої показує, що кожна технологічна операція визначається однозначно [1].

Задачу ідентифікації технологічних операцій бурової установки сформульована як задачу розпізнавання образів [1]. Вирішення поставленої задачі здійснено на основі нейромережевої технології. Коли вхідним вектором мережі є вектор, компоненти якого приймають тільки бінарні значення, доцільно використовувати штучні нейронні мережі Гопфільда або Хеммінга. Проведений порівняльний аналіз цих мереж показав, що доцільним є використання мережі Хеммінга, яка характеризується, у порівнянні з мережею Гопфільда, меншими затратами на пам'ять і обсягом обчислень. Розроблена архітектура такої мережі, яка подана у термінах матрично-векторних величин, а також алгоритм функціонування такої мережі. Розроблено алгоритмічне забезпечення таких задач оптимального керування процесом поглиблення свердловин як задача розпізнавання технологічних операцій бурової установки за допомогою штучної нейронної мережі Хеммінга, задача синтезу математичних моделей процесу поглиблення свердловин з врахуванням

нечіткості режимних параметрів та задача оптимального керування процесом поглиблення свердловин в умовах невизначеності. Система MatLab вміщує обширний набір функцій, які об'єднані у Neural Network Toolbox [2]. Але серед групи функцій створення нейронних мереж відсутня функція, яка дала б можливість синтезувати нейронну мережу Хеммінга. Тому був розроблений алгоритм і відповідного програмного забезпечення такої мережі (рис. 1).

На базі штучної нейронної мережі Хеммінга розроблений метод визначення технологічних операцій бурової установки, який дає змогу здійснювати оператором моніторинг технологічних операцій буріння, а також в автоматичному режимі визначати тривалість спуско-піднімальних операцій для поточного рейсу.



Вхідна матриця для ініціалізації ШНМ Хеммінга

Вхідна матриця	Технологічні стани бурової установки
$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	Буріння
	Проробка долота
	Нарощування
	Циркуляція і промивка
	Підйом колони

Вихід ШНМ Хеммінга

$\bar{Y}_1 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)^T$ , буріння

$\bar{Y}_2 = (0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)^T$ , проробка долота

$\bar{Y}_3 = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0)^T$ , нарощування

$\bar{Y}_4 = (0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0)^T$ , циркуляція і промивка

$\bar{Y}_5 = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1)^T$ , підйом колони.

Якщо, наприклад, на вхід мережі Хеммінга подати вектор  $\bar{x}_n^* = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ , який відповідає технологічній операції буріння, то на моніторингу оператора появиться така інформація:

ПОТОЧНА ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ  
**Буріння**

Рисунок 1 – Алгоритм роботи штучної нейронної мережі

Запропонований алгоритм дає змогу застосувати розроблене рішення при подальшій модернізації комплексу СКУБ-М2, що в свою чергу дозволить зменшити витрати при бурінні та відновленні свердловин.

Літературні джерела

1 Горбійчук М. І. Нейромережева технологія ідентифікації технологічних операцій бурової установки / М. І. Горбійчук, Т. В. Гуменюк // Національний вісник національного гірничого університету – 2017. – №3. – С. 107 - 113.

2 OPC Toolbox. – Електронний ресерс: <http://matlab.ru/products/opc-toolbox>. (02.10.2020).

УДК

## **ВИКОРИСТАННЯ РЕКУРЕНТНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТРИВАЛОГО ПРОЦЕСУ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА МАТЕРІАЛІВ**

*Хамурда А.В., Лютак І.З.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15*

При виконанні ультразвукових неруйнівних досліджень у абсолютній більшості випадків результатом проведення вимірів ультразвуковим апаратом є виведена на екран гістограма яку оператор опрацьовує і видає висновок базуючись на своєму досвіді.

Проблеми виникають коли йде зміна позиції акустичного приймача, в результаті чого змінюється результуюча гістограма. При цьому оператору важко запам'ятовувати всі попередні результати, а їх записування є затратним по часу. Хоча результатом дослідження повинна бути комплексна картина стану матеріалу, що може бути надана тільки комбінацією результатів із декількох позицій динаміка.

Рекурентні Нейронні Мережі (РНМ) широко використовуються для обробки мови чи іншого виду аудіо-інформації та приведення її до нової форми. Основною характеристикою РНМ є наявність псевдо-пам'яті всередині самої мережі.

Вхідні нейрони нейронної мережі можна поділити на три групи:

- нейрони, що відповідають за діапазон частот що випромінюється динаміком
- нейрони, що отримують цифрове відображення звуку у вигляді ряду Фур'є внаслідок перетворення аналогового сигналу акустичного приймача, де кожний нейрон отримує числове значення сили сигналу кожної окремої частоти
- нейрони, що отримують додаткові параметри досліджуваної деталі та середовища, поточну позицію сенсора відносно первинної позиції сенсора, час, що пройшов з моменту першого виміру

При першому вимірюванні позиція акустичного приймача опрацьовується як центр полярної системи координат. При зміні позиції акустичного приймача потрібно автоматично вимірювати відстань від центру, азимут, кут між напрямом акустичного приймача і променем на якому він знаходиться . Полярну вісь визначають відносно орієнтації акустичного приймача:

- якщо акустичний приймач перпендикулярний до площини то полярну вісь можна вибрати довільну
- якщо акустичний приймач нахилений відносно площини досліджуваного об'єкта то полярну вісь вибирають як напрям нахиленого акустичного приймача.

Заміри відстані, азимуту та напрямку акустичного приймача потрібно передавати синхронно із даними із акустичного приймача для обчислення нейромережею.

Для проведення даного класу неруйнівного дослідження базове обладнання потребує двох змін:

- дані акустичного приймача повинні транслюватися або дублюватися в окремий обчислювальний модуль, що реалізує роботу нейронної мережі
- додаткове обладнання яке визначає поточну позицію акустичного приймача відносно позиції акустичного приймача при першому вимірюванні.

Позицію акустичного приймача можна визначати за допомогою вбудованого гіроскопу або за допомогою двох лазерних дальномірів.

Точність вимірювань напрямку залежить від обчислювальних можливостей нейромережевого модулю. Різні імплементації системи можуть передавати дані на модуль в середині вимірювального апарату, на персональний комп'ютер чи ноутбук оператора або за допомогою мережі інтернет транслюватися у віддалений хмарний кластер спеціалізованого обладнання.

Використання комп'ютерних технологій, сучасних архітектур нейронних мереж при експоненціальному рості обчислювальних потужностей допоможе збільшити точність та автоматизувати процес визначення дефектів виробів неруйнівним ультразвуковим контролем.

УДК 004.7

## **РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОБО-ПЛАТФОРМИ ІЛОНА**

*Д. І. Мельничук, Т. В. Гуменюк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, denys.vinegod@gmail.com*

Колісна робо-платформа Ілона – це мобільна платформа, оснащена чотирма колесами Ілона [1]. Для реалізації переваг такої робо-платформи необхідно здійснювати керування та контроль кожного колеса незалежно від інших [2]. Управління платформою здійснюється через канал Bluetooth.

Основний цикл програмного забезпечення (рис. 1) працює з виконавчими модулями, займається прийомом даних через Bluetooth, корегує параметри виконавчих механізмів на основі даних зібраних з датчиків коліс та намагається уникнути зіткнень з перешкодами за допомогою датчиків наближення що розміщені на рамі платформи.

У ході виконання безкінечного циклу відбувається опитування Bluetooth модуля. Якщо виявляється надходження команди – то команда записується у спеціальний буфер-змінну. Залежно від значення збереженого у буфері встановлюються параметри для драйверів двигунів.

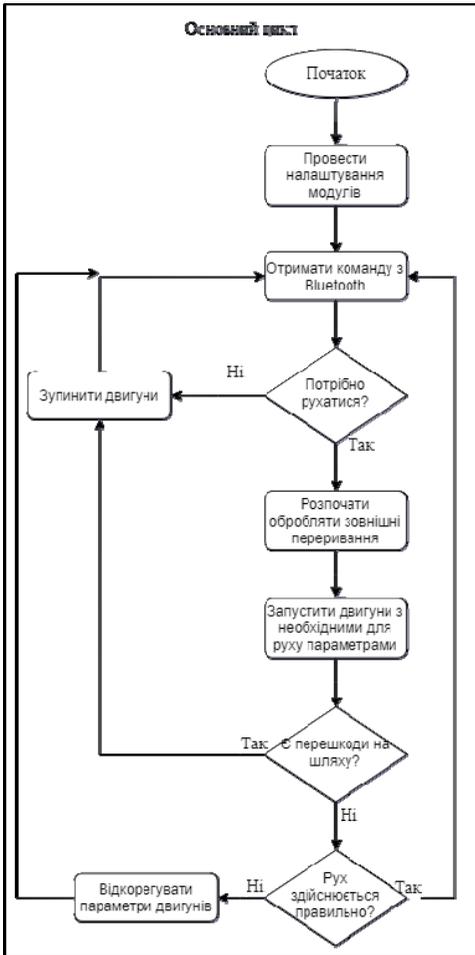


Рисунок 1 - Блок-схема основного циклу

отриманої команди та виявленого датчиками напрямку. Якщо операнди не збігаються – система виводить повідомлення про помилку, а якщо операнди збігаються – відбувається перевірка швидкостей. В один момент відбувається порівняння лише двох коліс.

Якщо швидкість не рівна то визначається яке є повільнішим.

На наступному етапі здійснюється опитування датчиків на наявність перешкод у заданому для напрямку руху. Якщо перешкода буде виявлена – роботизована платформа не рухатиметься. Окрім того, буде здійснено перевірку роботи двигунів. Якщо швидкість хоча б одного із задіяних двигунів не відповідатиме номінальній – то система прийме міри для збалансовування швидкостей. Балансування відбуватиметься динамічно. Після цих дій цикл розпочнеться з початку.

Важливим аспектом програми є обробник переривань. Для правильного руху необхідно визначати динамічні характеристики кожного з коліс, тому потрібно запам'ятати час початку переривання від кожного з них щоб обчислити період обертання колеса. Щоб алгоритм був повторюваним – потрібно замінити збережений час попереднього переривання на час нового.

На рисунку 2 зображено алгоритм у якому для перевірки правильності напрямку обертання колеса виконується порівняння

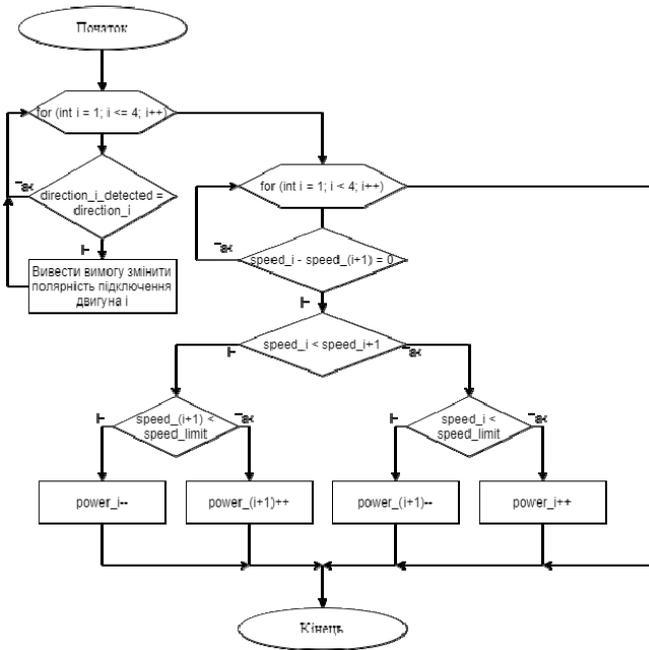


Рисунок 2 - Алгоритм управління двигунами

Отже, розроблене програмне забезпечення вирішує задачу отримання команд через Bluetooth та здійснення руху платформи враховуючи зворотній зв'язок.

#### Літературні джерела

1 Гуменюк Т. В., Мельничук Д. І. Розробка колісної робо-платформи Ілона. Інформаційні технології в світі та промисловості: 2019 рік: матеріали IV всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 10 – 11 жовтня 2019 р. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2019. С. 170 – 171.

2 Колесниченко Е. Ю. [и др.]. Кинематическое управление движением шестиколесного механум-робота. Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2016. № 127. 26 с.





## **Збірник наукових праць**

**Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів**

### **«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ, ТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ»**

Тези доповідей

Тексти тез доповідей надруковано в авторській редакції  
без внесення суттєвих змін організаційним комітетом.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність  
за зміст публікації, підбір фактів, цитат, статистичних даних та інших відомостей.

*Рекомендовано до друку рішенням організаційного комітету  
(протокол № 3 від 02.10.2020 р.)*

---

---

Підписано до друку 07.10.20 р. Формат 60x84<sub>1/16</sub>.  
Папір офсетний  
Ум. друк. арк. 16,3. Наклад 100 прим. Зам. № 20.



