

Лабораторний стенд містить джерело витрати робочого середовища, яке через регулятор витрати під'єднано до змішувача газових потоків. Другим каналом в цей змішувач поступає потік вологого повітря, який створюється генератором водяної пари і є регульованим по витраті на вході змішувача. Утворений на виході змішувача парогазовий потік проходить через пристрій регулювання його температури, в якому відбувається його нагрівання або охолодження. Вологоміром вимірюється вологість створеного потоку газу, який поступає до витратоміра газу, на виході якого монтується термоанемометричний вимірювальний засіб. У лабораторному стенді як досліджуваний засіб використаний цифровий анемометр моделі GM8903, який вимірює швидкість потоку та його температуру. Стенд також обладнаний засобами вимірювання тиску і температури на виході змішувача парогазової суміші та на виході витратоміра газу перед термоанемометричним вимірювальним засобом. Конструкція стенда передбачає використання джерела витрати як з повітряним робочим середовищем, так і з середовищем природного газу.

Розроблений лабораторний стенд відкриває можливість експериментального дослідження впливу вмісту водяної пари на зміну вихідного сигналу термоанемометричного засобу вимірювання при різних значеннях витрат газового потоку та їх температури.

Ключові слова: термоанемометричний перетворювач, газове середовище, витрата, вологість, температура.

Література

- [1] О. Є. Середюк, О. С. Криницький, та В. В. Ткачук, “Сучасні тенденції розвитку термоанемометрії у сфері обліку природного газу”, *Український метеорологічний журнал*, № 3А, с. 51–55, 2020.
- [2] В. В. Ткачук, О. Є. Середюк, Р. Т. Боднар та Л. В. Саманів, “Моделювання впливу компонентного складу та вологості природного газу на його теплофізичні характеристики”, *Перспективні технології та прилади: зб. наук. праць Луцького НТУ*, № 18, с. 129–137, 2021.

УДК 681.121.42

МОДЕЛІ, ЩО КЕРУЮТЬСЯ ДАНИМИ, І ПІДХІД МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ВИТРАТОМЕТРІЇ

Гришанова І. А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: irgryshanova@gmail.com

Модель, що керується даними (Data Driven Model), заснована на аналізі даних про конкретну систему. Основна концепція моделі, керованої даними, полягає у тому, щоб знайти відносини між змінними станами системи (вхідними та вихідними) без явного знання фізичної поведінки системи.

Прикладами керованих даними моделей, що застосовуються зокрема у витратометрії, є рейтингова крива, статистичні моделі (включаючи моделі лінійної регресії, авторегресійного ковзного середнього (ARMA) та авторегресійного інтегрованого ковзного середнього (ARIMA)) та моделі машинного навчання (Machine Learning). Теорія машинного навчання пов'язана з розпізнаванням образів та статистичним висновком, коли модель здатна вчитися покращувати виконання завдання на основі власного досвіду. Приклади моделей машинного навчання включають штучні нейронні мережі (ANN), машини опорних векторів (SVM) і векторні машини релевантності (RVM).

Моделювання складних фізичних систем, що описуються нелінійними рівняннями у частинних похідних, займає центральне місце в інженерних та фізичних науках із додатками, задіяними зокрема у гідродинаміці. Незважаючи на прямий зв'язок між рівняннями руху та основними законами фізики, неможливо здійснити пряме чисельне моделювання у масштабі, необхідному для вирішення цих важливих завдань. Ця фундаментальна проблема десятиліттями гальмувала прогрес у наукових обчисленнях і виникає через те, що точне моделювання має реалізовувати найдрібніші просторово-часові масштаби. На допомогу прийшли технології обчислювальної гідродинаміки (CFD), проте вони не змогли закрити собою всі проблеми. На сьогоднішній день використовуються витратоміри, які оптимізуються з точки зору обчислень, коли через цикли оптимізації проходить від кількох тисяч до сотень тисяч віртуальних проектів. Новим аспектом діджиталізації є «цифрова інженерія», де не лише чисельні моделі, а й моделі, що базуються на машинному навчанні, є частиною циклів оптимізації.

Ще одним цікавим аспектом у світлі викладеної тематики є залучення віртуальних витратомірів. Вони стають дедалі привабливішими методами оцінки однофазних і багатofазних потоків. Замість використання дорогих апаратних вимірювальних пристроїв для розрахунку витрати застосовують чисельні моделі з використанням легкодоступних польових вимірювань, таких як тиск і температура.

В даний час розроблено кілька методів реалізації віртуальних витратомірів та відповідне програмне забезпечення, які різняться за своєю методологічною природою та галузевим використанням.

Огляд показує, що віртуальні витратоміри є активною областю досліджень, яка потенційно може бути використана як автономне рішення для вимірювання або як резервне для фізичних витратомірів. Однак, щоб підвищити цінність технології віртуального витратоміра, майбутні дослідження мають бути зосереджені на розробці методів автоматичного налаштування та калібрування, що враховують зміни властивостей рідини та умов експлуатації. Крім того, потенціал методів машинного навчання у віртуальній витратометрії розкритий не повністю, і майбутні дослідження повинні бути зосереджені на розробці надійних методів, здатних кількісно надавати невизначеності оцінки витрати та

насамперед включати принципові моделі, які призведуть до більш точних та надійних гібридних систем віртуальної витратометрії. Нарешті, методи динамічної оцінки стану у поєднанні з першими принципами та моделями машинного навчання можуть ще більше підвищити точність віртуальних витратомірів, особливо в перехідних умовах, але реалізація цих методів скоріше за все буде складною, а також знадобляться подальші дослідження, щоб зробити їх надійними.

Ключові слова: Data Driven Model, Machine Learning, віртуальний витратомір.

УДК 681.121

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ПОКАЗАНЬ ВІД ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ

Писарець А. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: anna.v@ukr.net

Технології «інтернету речей» (Internet of Things – IoT), що відкривають широкі можливості для підвищення ефективності економіки за рахунок автоматизації процесів у різних галузях діяльності людини, отримали широкого розповсюдження при видобутку енергоресурсів, у енергетиці, ЖКГ, освіті, медицині, промисловості, торгівлі, транспорті, логістиці, сфері обслуговування тощо. Їх застосовують у системах керування освітленням вулиць, для моніторингу параметрів атмосфери, контролю параметрів ґрунту тощо. Зокрема IoT набуває популярності в системах «розумного будинку» для забезпечення керування мікрокліматом, освітленням, системами безпеки та ін.

Структура таких систем окреслюється кінцевими пристроями (endpoint), шлюзами (gateway), мережевим сервером (network server) і серверами програмних застосунків (application server) [1 – 3].

Кінцеві пристрої (КП) призначені для здійснення функцій керування або вимірювання залежно від галузі застосування системи і містять необхідні вимірювальні перетворювачі та елементи керування.

Шлюзами є пристрої, що приймають дані від КП через радіоканал, збирають і передають їх до транзитної мережі.

У якості транзитної зазвичай застосовується мережа Інтернет через розповсюджені інтерфейси Ethernet або WiFi.

Мережевий сервер (МС) призначений для керування мережею: завдання розкладу опитувань, адаптація швидкості передачі, збереження і обробка даних, що приймаються, тощо.

У свою чергу, сервер програмних застосунків (СПЗ) слугує для зв'язку споживача та МС.