

УДК 681.518.5

DOI 10.31471/1993-9981-2020-2(45)-58-65

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ НА ЗАСАДАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.В Кучмистенко

*¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019; тел. (03422)4-60-67,
e-mail: kafatp@ukr.net*

В роботі розглядається актуальна науково-практична задача, яка полягає в розробці нових. Досліджено актуальну науково-практичну задачу, яка полягає в розробці нових способів і методів оцінки технічного стану магістральних нафтопроводів, що забезпечить безпечне автоматизоване управління нафтотранспортної системи. Визначено, що в умовах інтенсивного старіння основних фондів нафтотранспортних систем та фінансового обмеження, комплексне технічне діагностування магістральних нафтопроводів стає найбільш ефективним засобом, що забезпечує надійність і безпеку усєї нафтотранспортної системи.

Імітаційне моделювання є складним, по суті, і тривалим за часом процесом, який вимагає безлічі обчислень, в тому числі розподілених. Виділяють кілька етапів імітаційного моделювання (ІМ). У найзагальнішому, укрупненому вигляді, це наступні етапи: постановка задачі, збір і обробка даних, розробка і коректування моделі, моделювання, накопичення результатів, планування експериментів, аналіз результатів, документування та зберігання результатів. Для проведення таких досліджень створюються різні системи автоматизації імітаційних досліджень (САІД). Хмарний підхід до проведення ІМ, що дозволяє спростити і уніфікувати проведення досліджень для кінцевого користувача, абстрагувати дослідника від технічних особливостей організації обчислень. Хмарна САІД є інваріантною стосовно кінцевого апаратного та програмного забезпечення. Саме тому розробка нових і перспективних засобів контролю і управління на основі штучного інтелекту з поєднанням хмарних технологій є актуальною науково-практичною задачею за результатами якої визначено основні наукові проблеми, що вимагають подальших досліджень.

Ключові слова: магістральний нафтопровід, система автоматичного контролю, об'єкт керування, інтелектуальна труба.

В работе рассматривается актуальная научно-практическая задача, которая заключается в разработке новых. Исследована актуальную научно-практическую задачу, которая заключается в разработке новых способов и методов оценки технического состояния магистральных нефтепроводов, который обеспечит безопасное автоматизированное управление нефтетранспортной системы. Определено, что в условиях интенсивного старения основных фондов нефтетранспортных систем и финансового ограничения, комплексное техническое диагностирование магистральных нефтепроводов становится наиболее эффективным средством, обеспечивающим надежность и безопасность всей нефтетранспортной системы.

Имитационное моделирование является сложным, по сути, и длительным по времени процессом, который требует множества вычислений, в том числе распределенных. Выделяют несколько этапов имитационного моделирования (ИМ). В самом общем, укрупненном виде, это следующие этапы: постановка задачи, сбор и обработка данных, разработка и корректировка модели, моделирование, накопления результатов, планирование экспериментов, анализ результатов, документирования и хранения результатов. Для проведения таких исследований создаются различные системы автоматизации имитационных исследований (САИИ). Облачный подход к проведению ИМ, что позволяет упростить и унифицировать проведения исследований для конечного пользователя, абстрагировать исследователя от технических особенностей организации вычислений. Облачная САИИ является инвариантной относительно конечного аппаратного и программного обеспечения. Именно поэтому разработка новых и перспективных средств контроля и управления на основе искусственного интеллекта с сочетанием облачных технологий является актуальной научно-практической задачей по результатам которой определены основные научные проблемы, требующие дальнейших исследований.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, система автоматического контроля, объект управления, интеллектуальная труба.

The paper considers an urgent scientific and practical task, which consists in the development of new ones. An urgent scientific and practical task is investigated, which consists in the development of new methods and methods for assessing the technical condition of oil trunk pipelines, which will provide safe automated control of the oil transportation system. It has been determined that in conditions of intensive aging of fixed assets of oil transportation systems and financial constraints, complex technical diagnostics of oil trunk pipelines becomes the most effective means of ensuring the reliability and safety of the entire oil transportation system.

Simulation modeling is inherently complex and time-consuming process that requires many computations, including distributed ones. There are several stages of simulation modeling (MI). In the most general, enlarged form, these are the following stages: setting the problem, collecting and processing data, developing and adjusting the model, modeling, accumulating results, planning experiments, analyzing the results, documenting and storing the results. To carry out such research, various systems for the automation of imitation research (SAIS) are being created. A cloud-based approach to conducting MI, which makes it possible to simplify and unify research for the end user, to abstract the researcher from the technical features of the organization of calculations. Cloud AISI is invariant with respect to the target hardware and software. That is why the development of new and promising control and management tools based on artificial intelligence with a combination of cloud technologies is an urgent scientific and practical task, based on the results of which the main scientific problems requiring further research have been identified.

Key words: main oil pipeline, automatic control system, control object, intellectual pipe.

Вступ. Сучасна система моніторингу нафтопроводів повинна являти собою не тільки сукупність заходів, способів, програмних і технічних засобів, призначених для контролю і реєстрації стану магистрального нафтопроводу, а й систему, що забезпечує користувача повної, достовірної та надійною інформацією про стан контрольованого нафтопроводу, а також про індикатори розвитку небезпечних процесів як в штатному режимі роботи об'єкта, так і в разі виникнення аварійних ситуацій.

Виявлення потенційно небезпечних ділянок нафтопроводу здійснюється не лише за допомогою моніторингу, а також розроблених способів використання математичних моделей та програмних засобів.

Постановка завдання: дослідження та аналіз застосування нових способів і методів оцінки технічного стану магистральних нафтопроводів, що забезпечить безпечне автоматизоване управління нафтотранспортної системи.

Метою даної роботи є створення інтелектуальної системи автоматизованого управління багатовимірними об'єктами, зокрема безпечна експлуатація лінійної частини магистрального нафтопроводу на засадах хмарних технологій з використанням гібридних систем обчислювального інтелекту.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу ділянки магистрального нафтопроводу в автоматичному режимі на засадах хмарних технологій з використанням гібридних систем обчислювального інтелекту.

Результати: досягнення вказаної мети забезпечується вирішенням таких завдань: дослідження та аналіз методів і способів сучасних систем керування і контролю нафтотранспортних систем; Теоретичні дослідження у напрямку удосконалення існуючих методів контролю; вибір способу реалізації сформульованих завдань за допомогою інтелектуальних технологій та удосконалених на засадах хмарних технологій.

Основними вимогами до систем моніторингу є:

1. Система моніторингу повинна бути побудована з урахуванням типізації постів спостережень за видом геологічної небезпеки.

2. При побудові системи моніторингу повинні бути враховані методи моніторингу кожної ділянки, що підлягає контролю, з урахуванням ранжирування геологічного ділянки за ступенем небезпеки для нафтопроводу.

3. Ділянка, якому присвоєно найвищий ступінь небезпеки, повинен контролюватися автоматизованим вимірювальним

обладнанням, яке передає інформацію в диспетчерську в режимі реального часу. Одночасно повинна контролюватися деформація частини нафтопроводу, прокладеного через цю ділянку. Інформація про деформації частини нафтопроводу також повинна віддаватися в диспетчерську в режимі реального часу.

4. Оцінка даних моніторингу повинна здійснюватися за допомогою єдиної інформаційної технології з використанням ГІС та математичного моделювання взаємодії нафтопроводу з ґрунтом на всіх етапах: від збору, накопичення, зберігання та обробки первинних даних до підтримки прийняття рішень з управління безпекою нафтопроводу в штатних і аварійних ситуаціях.

5. Система моніторингу повинна контролювати поточний стан спостережуваних геологічних процесів і зміна деформації ділянок нафтопроводу, а також здійснювати оцінку динаміки їх розвитку, аналіз і прогноз зміни стану на основі математичного моделювання ПДВ нафтопроводу.

6. Автоматизовані точки контролю, що працюють в режимі реального часу, повинні здійснювати регулярний комунікаційний обмін оперативною інформацією щодо єдиної технологічної програмою.

7. Технологія моніторингу параметрів геологічних процесів і стану магістральних нафтопроводів, прокладених в складних інженерно-геологічних умовах, повинна забезпечити комплексний контроль показників, що впливають на безпеку нафтопроводів.

Для ведення технологічного процесу транспортування нафти магістральними нафтопроводами у бажаному режимі, в комплексі технологічних агрегатів нафтопровідної системи, необхідно встановити закон взаємозв'язку між вхідними і вихідними параметрами окремих агрегатів і системи, що неможливо здійснити без спеціальних засобів і математичного апарату. Ефективності рішення цього завдання і управління складними промисловими системами можливо за допомогою

комп'ютерних систем на основі математичних моделей і алгоритмів, створених з урахуванням природи і будови промислового комплексу, типу процесів, що протікають в них, видів режимів.

Розглянемо основні функції математичних моделей, що використовуються при вирішенні задач аналізу і вибору оптимальних режимів роботи складних технологічних комплексів. Моделювання може використовуватися для розробки теорії об'єкта, особливо якщо безпосереднє дослідження об'єкта або процесу неможливо, тобто аналіз моделей найчастіше дозволяє забезпечити розвиток теорії. Моделювання дає можливість в окремих випадках замінити вимірюванням або спростити завдання. Математичне моделювання стає особливо доцільно, коли розробляються або досліджуються дорогі об'єкти, наприклад найбільші технологічні установки для дослідження таких об'єктів, при визначенні раціональних режимів їх експлуатації. Застосування математичних моделей складних промислових об'єктів може приносити значний економічний ефект. Воно дозволяє проводити дослідження процесів, що відбуваються в технологічних агрегатах, при незмірно менших витратах, ніж натурних досліджень на реальних агрегатах, на стендах або на фізичних моделях. Нарешті, система математичних моделей (моделі агрегатів, об'єднання в загальну систему) може використовуватися для ефективності вирішення завдань вибору та оптимізації технологічних систем.

Крім того, на основі моделей, що дозволяють визначити залежність критеріїв якості від керуючих параметрів, можна вирішувати зворотну задачу - завдань вибору та прийняття оптимальних рішень. При цьому задаються вимоги до вихідного параметра об'єкта, наприклад, бажане значення локальних критеріїв, і обмеження щодо ведення процесу, обумовлені технологічним регламентом об'єкта (інтервалу значень режимних параметрів, керуючих впливів і ін.). Потім, застосовуючи спеціальні алгоритми вибору та оптимізації, визначають набір

керуючих параметрів, що забезпечують бажане значення критеріїв якості. Аналізуючи отримані результати оптимізації, здійснюється вибір альтернатив, тобто вирішення завдань вибору і прийняття рішень. Проблеми і підходи до вирішення розгляд вище прямому і зворотному завдань, що виникають при багатокритеріальній Вибори оптимального режиму роботи технологічних комплексів магістральних нафтопроводів по економіко-екологічних критеріях, є метою дослідження даної монографії.

Для математичного опису зв'язків цікавлять нас параметрів досліджуваного об'єкта зазвичай використовується комбінована інформація різних типів: теоретичні уявлення про природу і характер процесу, що протікає в об'єкті; вихідних статистичних даних, що характеризують функціонування аналізованої системи; дані експертної оцінки, в т.ч. нечітка інформація, якісно описує стан об'єкта.

Залежно від доступності тих чи інших видів перерахувань даних можуть бити побудови різних типи моделей агрегатів установки. При цьому слід зазначити, що при створенні комплексу моделей для системного моделювання технологічного комплексу нафтопроводу необхідно враховувати, чи добре розробиться тип моделей окремих агрегатів. Ця проблема відноситься до однієї з слабкої освітленості в літературі питань. Ефективний підхід до вирішення цієї проблеми запропонований в роботі моделей. У даній роботі цей метод застосовується до комплексу агрегатів нафтопровідної системи.

Побудова моделей технологічних агрегатів шляхом теоретичного підходу можливо в основному для найпростіших процесів. Для більш складних агрегатів, або коли є комплекс взаємозв'язаних агрегатів, отримання їх детермінованих моделей практично неможливо. Це пов'язано з тим, що в цих випадках відсутні або обмежені теоретичні відомості про характер процесів модельованого об'єкту, або отримана в результаті модель може виявитися занадто громіздкою, складною, її інформаційне забезпечення (пошук, визначення коефіцієнтів

моделі) досить трудомістким, так , що розробка такої моделі буде недоцільною. Однак, важливо методологічне значення цього підходу, що дозволяє оцінити стан об'єкта за допомогою рівнянь, враховуючих загальні фундаментальні закони природи. А ці закони, як правило, відображають і управляють процесами та явищами в природі і техніці.

Таким чином, в промислових умовах, коли на стан технологічних агрегатів одночасно впливає велика кількість параметрів, важливу роль відіграють випадкові впливи. Для опису таких агрегатів розглянемо будь реальний процес, якому властиві випадкові коливання, наприклад, викликані фізичною мінливістю будь-яких факторів $x_i + x_i(\tau)$ або зовнішніми випадковими впливами. В силу цього при рівному середньому значенні вхідних характеристик $x(\tau)$ в моменти τ_1 і τ_2 вихідні параметри $y(\tau)$ будуть неоднаковими, тому для таких стохастичних процесів, де не можна знехтувати випадковими коливаннями $\Delta x_i(\tau)$ по порівняно з $x_i(\tau)$ і випадковими зовнішніми впливами $\xi_i(\tau)$ необхідно характеризувати систему з урахуванням статистичного закону розподілу миттєвих значень $y(\tau)$ щодо середньої величини $y_{cp}(\tau)$ рівнянням:

$$y(\tau) = y_{cp}(\tau) + \Delta y(\tau) = f(y_{cp}) + \zeta(\Delta x, \xi) \quad (1.1)$$

Моделі типу (1.1), що відображають випадковий характер параметрів і факторів об'єкта, називають стохастичними. Статистичні моделі є більш широким класом моделей і включають детерміновані моделі як крайній одиничний випадок, в якому вихідні змінні y однозначно визначаються вхідними змінними x [1].

Побудова та дослідження статистичної математичної моделі включає розробку, оцінку якості і дослідження поведінки системи за допомогою деякого рівняння або системи рівнянь, описуючих модельований агрегат агрегат. В цьому випадку вихідна інформація добувається на основі експериментально-статистичного підходу, шляхом проведення спеціального експерименту з реальною системою, для чого створені методи підготовки та проведення такого експерименту, обробки результатів, а

також критерії оцінки отриманих моделей. Цей підхід еквівалент відомої проблеми дослідження «чорного ящика», тобто мова може йти про побудову математичної моделі на рівні статистичної інформації, описуючої поведінку об'єкта.

З метою максимального добування інформації з проведених експериментів і зменшення їх числа провадиться планування експериментів, тобто вибір кількості та умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання із заданою точністю.

Для побудови статистичної моделі застосовують два види експериментів: пасивний і активний. Перший вид експерименту за рахунок тривалого і пасивного спостереження за ходом процесу дозволяє зібрати ряд даних для подальшого статистичного аналізу. При активному експерименті, є можливість регулювання умов проведення дослідів. Причому найбільш ефективно одночасне варіювання величини всіх факторів за певним планом, при цьому вдається знайти взаємодію факторів і істотно скоротити об'єм експериментів.

З проведеного аналізу можна зробити вивід, що основним достоїнством статистичних моделей є їх простота, що дозволяє широко застосовувати такі моделі в системах автоматизованого управління складними технологічними об'єктами. У ряді випадків статистичні моделі є найбільш ефективним засобом побудови математичної моделі процесу, коли система рівнянь для складної системи виявляється занадто громіздкою, а метою моделювання є оперативне прогнозування та управління процесом.

Однак ці моделі мають і істотні недоліки. Перш за все, статистичні моделі недостатньо змістовні. В рамках цих моделей не відкриваються властиві об'єкту глибокі причинно-наслідкові зв'язки, а тому не враховується все різноманіття появ процесів, що протікають в об'єкті, вплив різних зовнішніх факторів на ці процеси

Одна з труднощів, якщо не вважати цілком природною складність самого процесу

математичного опису систем агрегатів, полягає в тому, що вихідна інформація, яку реально вдається зібрати для моделювання та оптимізації досліджуваного об'єкта, може виявитися неповною і нечіткою тобто невизначеною. Така складність пов'язана з тим, що більшість складних об'єктів, як правило, кількісно важкоописувані, а спеціальні засоби збору та обробки статистичних даних в умовах недостатньої, не володіють необхідними якостями або відсутні. Для моделювання таких об'єктів традиційний підхід (детерміновані, експериментально-статистичні), розгляд вище, недоцільний, оскільки він не дасть суттєві результати.

Одним з перспективних підходів подолання зазначених проблем, який значно підвищує ефективність методів математичного моделювання та управління складними, кількісно важкоописувані технологічні установки нафтопереробки, є обґрунтоване використання та формалізація апріорної якісної інформації про особливості функціонування цих об'єктів. Ефективна формалізація якісної інформації, що представляє собою знання, судження фахівців експертів про досліджуваний об'єкт, можна здійснювати на основі методів теорії нечітких множин (ТНМ).

Часто технологічні об'єкти в виробничих умовах функціонують в умовах невизначеності, пов'язаної нечіткістю деяких параметрів процесу. Однак людина - оператор в змозі керувати ним, покладаючись на деякі моделі якісного характеру, що формуються в його свідомості в процесі навчання і спостереження за функціонуванням об'єкта. Можна отримати формалізовану модель такого агрегату, не вдаючись до допомоги складних математичних структур, а покладаючись на здатності людини вирази його сутність в нечітких термінах природного мови. Далі, обробляємо отриману якісну інформацію методами теорії нечітких множин і можливостей, можна отримати кількісну оцінку, тобто модель цього об'єкта, використовувану при виборі режим роботи керованої виробничої системи.

Таким чином, застосування математичного апарату теорії нечітких множин і можливостей дозволяє побудувати більш прості і ефективні моделі і алгоритми методи вибору оптимальних режимів роботи магістральних нафтопроводів, коли застосування традиційних підходів недоцільно або неможливо.

Поряд з ефективністю застосування теорії нечітких множин слід відмінити деякі її обмеження: відносну складність отримання та систематизації первинної якісної інформації, необхідність додаткової перевірки достовірності інформації, труднощі вибору вирішальних правил, представлених у вигляді умовних пропозицій для синтезу алгоритму багатокритеріального вибору.

Таким чином, на практиці при виборі оптимальних режимів роботи технологічних комплексів, якими є магістральні нафтопроводи, по економіко-екологічних, технічних та іншим критеріях необхідно розробити і застосовувати методи работоздатні в невизначеному середовищі, викликані дефіцитом, випадковістю і нечіткістю вихідної інформації.

На практиці при побудові моделей реальних промислових агрегатів доводиться використовувати комбінований підхід, який по можливості поєднує універсальність теоретичного, простоту експериментально-статистичного підходу і можливість урахування додаткової якісної інформації на основі методології теорії нечітких множин. При цьому можливі різноманітні варіанти об'єднання цих підходів. Наприклад, для оцінки стану об'єкта використовуються рівняння, описуючі загальні закони збереження, а окремі коефіцієнти моделі визначаються експериментально-статистичним методом.

Інтелектуальні системи, що включають електронний вимірювальний канал, є послідовністю функціональних ланок (вимірювальних перетворювачів), які зв'язують чутливий елемент мікроелектронного датчика з засобами інтелектуального оброблення отриманої інформації (мікроконтролером) [2,3].

Мікроелектронний датчик 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 датчик як джерело первинної інформації, є невід'ємною і ключовою ланкою інтегрованого комплексу апаратних і програмних засобів (рис. 1).

Спроектвані датчики мають мати не тільки високі метрологічні характеристики, але й високу пожежо-, вибухобезпеку, стійкість, часову і температурну стабільність та надійність. Встановлені датчики хімічних величин (газові), датчики тиску і температури як для окремого так і для одночасного вимірювання такі датчики можуть працювати в екстремальних умовах, і їх можна використати у спецтехніці для контролю параметрів середовищ замкнених об'ємів (температура, витрата, тиск).

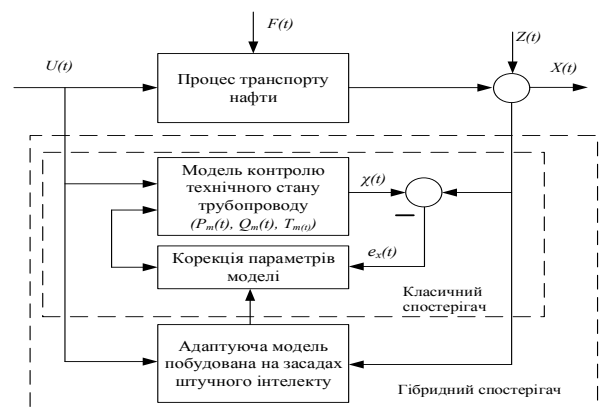


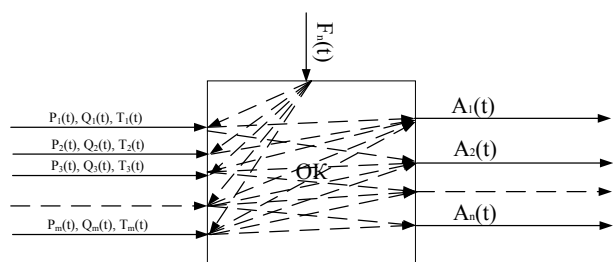
Рисунок 1 – Структура гібридного спостереження за процесом транспорту нафти

Технологічний процес перекачування нафти це об'єкт управління, в який входить сукупність технічних засобів (машин, апаратів, пристроїв), які виконують технологічний процес, але при цьому потребують спеціально організованих впливів ззовні для досягнення поставленої мети керування. Неможливо уявити повноцінне

управління процесом перекачування нафти без надійної роботи системи моніторингу лінійної частини МН. В нашому випадку об'єкт керування ОК має декілька вхідних і вихідних параметрів, тому його називають багатовимірним (рис. 2) [3].

На рис. 2 показано лише зв'язки $P_m(t)$, $Q_m(t)$, $T_m(t)$, $F_n(t)$ і $A_m(t)$ з усіма іншими, хоча загалом кожна вхідна змінна пов'язана з кожною вихідною змінною.

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 [4,5].



$P_1(t), Q_1(t), T_1(t) \dots P_m(t), Q_m(t), T_m(t)$ – значення контрольованих параметрів тиску, витрати температури, цілісності труби і т.д.; $F_n(t)$ – зовнішні сили і перешкоди, що впливають на експлуатацію труби; $A_1(t) \dots A_m(t)$ – значення параметрів, які дають інформацію про стан труби і процес перекачування в ній (тиск, температура, витрата, пошкодження і деформації) у вигляді рівня аварійності.

Рисунок 2 – Структура інформаційних потоків багатовимірного ОК типу МІ–МО (multy input–multy output)

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 [6].

Відзначимо, що, незважаючи на те, що СТ часто реалізовується 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 [7]: • 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.

Висновки

Були отримані алгоритми функціонування та метрологічні характеристики базових модулів, призначені для побудови інтелектуальних систем для наукових досліджень і промислово-технологічних потреб транспортування нафти МНП. Вони відрізняються від відомих зразків провідних світових виробників значно ширшими функціональними можливостями, діапазонами вимірювання та робочих частот, більш високими розрізнявальною здатністю і точністю в тому числі здатністю бути

інтегрованими у вебсервіси за допомогою хмарних технологій.

Література

1. Семенцов Г.Н. Фаззі-модель для імітаційного моделювання несанкціонованого витікання нафти з нафтопроводу / Г.Н. Семенцов, О.В. Кучмистенко // Академический вестник. – Кривой Рог. – 2004. - № 13. – С. 84-86.

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.

3. Семенцов Г.Н. Автоматизація виробничих процесів транспорту нафти і газу: [навч. посібник] / Г.Н.Семенцов, Я.Р.Когуч, М.М.Дранчук, В.С.Борин. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 265 с.

4. Семенцов Г.Г. Інтелектуальні системи керування технологічними процесами: [навч. посібник] / Г.Н.Семенцов, Ю.Б.Головата. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2012. 173 с.

5. Семенцов Г.Н. Сучасні тенденції побудови автоматичних систем управління в промисловості / Г.Н.Семенцов // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія «Технічна кібернетика і електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу». – 1999. Вип. 86 (том 6). – С.3-12.

6. О.В. Кучмистенко. Підвищення ефективності автоматизованої системи керування процесом транспортування нафти на основі інтелектуальних технологій. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ : всеукр. наук.-техн. журн. - Івано-Франківськ : Факел. - 2018. - №2. – С. 7-13.

7. О.В. Кучмистенко, Проектування об'єктів транспорту нафти з розподіленими параметрами на засадах хмарних технологій О.В. Кучмистенко // Международная научная конференция «ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ». Материалы конференции 14-15 мая 2020 г. KindleDP СिएТЛ, Вашингтон, США совместно с «ISE & E» & SWorld. 2019. – С.

120-125.

References

1. Sementsov GN Fazzi-model for simulation of unauthorized leakage of oil from the pipeline / G.N. Sementsov, OV Kuchmistenko // Academic Bulletin. - Krivoy Rog. - 2004. - № 13. - P. 84-86.

2. Sementsov G. N., Chugur I. I. Fuzzy identification of rock layers with anomalous pressure.// Proceeding of the Third Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT) - Zittay (Germany) / - 2003. - P. 570-573.

3. Sementsov GN Automation of production processes of oil and gas transport: [textbook. manual] / GN Sementsov, YR Koguch, MM Dranchuk, VS Borin. - Ivano-Frankivsk: Fакel, 2003. - 265 p.

4. Sementsov GG Intelligent process control systems: [textbook. manual] / GNSementsov, YB Golovata. - Ivano-Frankivsk: IFNTUNG. - 2012. 173 p.

5. Sementsov GN Modern tendencies of construction of automatic control systems in industry / GNSementsov // Exploration and development of oil and gas fields. Technical Cybernetics and Electrification of Fuel and Energy Complex Series. - 1999. Vip. 86 (vol. 6). - P.3-12.

6. OV Kuchmistenko. Improving the efficiency of the automated control system of the oil transportation process based on intelligent technologies. // Exploration and development of oil and gas fields: all-Ukrainian. scientific and technical magazine. - Ivano-Frankivsk: Torch. - 2018. - №2. - P. 7-13.

O.V. Kuchmistenko, Design of oil transport facilities with distributed parameters on the basis of cloud technologies OV Kuchmistenko // International Scientific Conference "ORGANIZATION OF SCIENTIFIC RESEARCH IN MODERN CONDITIONS". Proceedings of the conference May 14-15, 2020 KindleDP Seattle, Washington, USA together with ISE & E & SWorld. 2019. - P. 120-125..