

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Андреїшина Андрія Сергійовича на тему  
«Система керування електроприводом нафтовидобувної  
установки на основі нейронної мережі»,  
подану на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук за спеціальністю  
05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

**Актуальність теми дисертації**

Для України, яка не повністю забезпечена власними ресурсами нафти і газу, проблема збільшення власного видобутку є вкрай важливою. З технічної точки зору електромеханічна система штангової нафтовидобувної установки (ШНВУ) є складним комплексом, експлуатація якого вимагає систематичного проведення технічних і технологічних заходів щодо підвищення ефективності. До таких можна віднести впровадження нового енергозберігаючого обладнання, інтелектуальних автоматизованих систем керування технологічним процесом та їх інформаційного забезпечення.

Основним завданням системи керування електроприводом ШНВУ є забезпечення безаварійної роботи обладнання свердловини при оптимальній нафтовіддачі пласта. Така робота можлива лише за умови встановлення продуктивності штангової глибинної помпи рівній дебіту пласта. Порушення такої рівноваги може призвести до збільшення енерговитрат або навіть до виникнення аварійної ситуації.

Однією з проблем, яка виникає в процесі роботи нафтовидобувної установки є ідентифікація стану свердловини, яка здійснюється на основі даних, що поступають від давачів. В основному така інформація представляється у вигляді динамограм, ватметрограм або струмограм. Далі, в той, чи інший спосіб, вона обробляється системою керування ШНВУ. Незважаючи на те, що кожна система керування спроектована для роботи лише з одним типом вхідної інформації, досліджень, направлених на розробку універсальних способів ідентифікації стану свердловини та її обладнання проводиться мало. Тому актуальним є завдання розробки і впровадження інтелектуальних автоматизованих систем керування роботою ШНВУ, які забезпечують ефективну експлуатацію обладнання свердловини, незалежно від типу вхідної інформації.

**Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри.**

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт

Національного університету “Львівська політехніка”, тематика яких відповідає координаційним цільовим та галузевим програмам:

– пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки Міністерства освіти і науки України “Енергетика та енергоефективність” (2010 р.);

– тематичного напрямку наукових досліджень і науково-технічних розробок Львівської політехніки “Оптимальне керування електротехнічними і електромеханічними системами та технологічними процесами за критеріями енергоощадності, електротехнологічної ефективності і електромагнітної сумісності”.

Тема дисертаційної роботи відповідає тематиці наукових робіт кафедри електромехатроніки і комп’ютеризованих електромеханічних систем Інституту енергетики і систем керування Національного університету “Львівська політехніка”, де протягом багатьох років ведуться роботи за науковим напрямком “Автоматизація механізованого видобування нафти”.

Матеріали роботи використані при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт МОН України, у яких автор був співвиконавцем:

– “Оптимальне багатокритеріальне керування динамічними процесами технологічних об’єктів на основі теорії нечітких множин”, 2011–2013р.р., (ДР № 0111u001230);

– “Підвищення енергоефективності систем житлово-комунального господарства”, 2012–2013р.р., (ДР № 0113u003180).

**Наукова новизна роботи** полягає в наступному:

- вперше запропоновано метод оперативної діагностики стану нафтовидобувної установки на основі нейронної мережі, що дало змогу максимально ефективно експлуатувати ШНВУ;

- отримала подальший розвиток теорія штучних нейронних мереж в контексті створення вхідного фільтра для різних типів нейронних мереж, що дало змогу уніфікувати задачу розпізнавання стану свердловини та спроектувати систему автоматичного керування ШНВУ, яка забезпечує раціональний режим нафтовидобутку при неповному або зашумленому наборі вхідних даних.

- удосконалено спосіб обробки масиву даних, що поступають в систему керування від датчиків, у результаті чого уніфіковано процес діагностики стану свердловини незалежно від масштабу знятої первинної інформації.

- отримала подальший розвиток теорія предиктивного керування щодо розроблення алгоритмів прогнозування в реальному часі динаміки процесу видобування нафти із малодобітної свердловини.

Наукові положення дисертаційної роботи підтверджуються результатами експериментальних досліджень, а також наведеними у додатках актами впровадження.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Результати теоретичних досліджень, які покладені в основу розроблених алгоритмів й комп'ютерних програм, послужили основою для створення нових та модернізації існуючих систем автоматичного керування ШНВУ. Розроблене програмне забезпечення та запропоновані схемотехнічні рішення можуть бути безпосередньо використані для здійснення ефективного оперативного керування роботою ШНВУ в конкретних умовах експлуатації нафтових родовищ. Розроблена система керування на основі нейронної мережі дає змогу оперативно визначати поточний стан свердловини та її обладнання, що підвищує ефективність процесу нафтовидобування та запобігає виникненню аварійних ситуацій.

Результати досліджень пройшли апробацію в НГВУ “Долинанaftогаз” та використовуються в навчальному процесі Національного університету “Львівська політехніка” під час курсового проектування та виконання магістерських кваліфікаційних робіт, що підтверджено відповідними актами.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та новизна.**

Розроблені в дисертаційній роботі методи та алгоритми базуються на строгій математичній основі з використанням теорії автоматичного керування, теоретичної електротехніки, теорії електроприводу, теорії штучних нейронних мереж. Прийняті при синтезі математичних моделей елементів електромеханічної системи нафтовидобувної установки допущення строго обґрунтовані. Всі наукові положення і висновки дисертації є обґрунтованими та підтверджуються збіжністю результатів математичного моделювання з експериментальними результатами, отриманими на лабораторному стенді та в реальних умовах експлуатації.

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях**

Результати дисертаційної роботи викладені в 19 друкованих працях: 17 статей у фахових наукових виданнях, з яких 7, що входять до наукометричних баз даних Scopus, Web of Science Core Collection, Index Copernicus, та 2 матеріалах конференцій і семінарів. Опубліковані роботи повністю відображають основні наукові положення та практичні результати дисертації.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності**

Дисертація акуратно оформлена і складається із вступу, чотирьох розділів, висновків по роботі, списку використаних джерел із 175 найменувань, 2 додатків на 2 сторінках. Загальний обсяг роботи 187 сторінок, у тому числі 166 сторінок

основного тексту, 78 рисунків і 11 таблиць. Матеріал дисертації викладений логічно і послідовно та відповідає вимогам до дисертаційних робіт.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету та завдання досліджень, наукову новизну та практичну цінність.

В **першому** розділі здійснено ґрунтовний аналіз публікацій за темою дисертації. На їх основі визначено важливі проблеми, які виникають під час синтезу автоматизованих систем керування ШНВУ, зокрема реалізації розпізнавання стану свердловини. Також обґрунтовано вибір напрямку досліджень.

В **другому** розділі запропоновано систему керування ШНВУ на базі нейронної мережі. Обґрунтовано вибір структури нейронної мережі для розпізнавання динамограм та струмограм. Запропоновано модифікацію нейронної мережі, що дало змогу уніфікувати процес розпізнавання. Проведено комп'ютерні експерименти, які підтвердили працездатність модифікованої нейромережі.

В **третьому** розділі створено математичні моделі електромеханічної системи ШНВУ, що базуються на ефективних методах аналізу нелінійних перехідних процесів, якими характеризується робота електроприводу ШНВУ. З допомогою створених моделей проведено математичне моделювання робочих та аварійних режимів роботи ШНВУ. Запропоновано алгоритми для визначення оптимальної роботи електроприводу ШНВУ.

В **четвертому** розділі запропоновано апаратно-програмну реалізацію системи керування ШНВУ. Створено лабораторний стенд, на якому проведено ряд експериментів, що підтверджують достовірність одержаних в дисертаційній роботі результатів.

### **Значення одержаних результатів для науки й народного господарства**

Розроблені в дисертації теоретичні засади дали змогу розробити систему керування електроприводом нафтовидобувної установки, яка вирішує багато проблем, що виникають при видобутку нафти штанговими глибиннопомповими установками. Функціональні можливості такої системи відповідають сучасним вимогам, які ставлять нафтовидобувні компанії до технологічного процесу видобутку нафти. Впровадження такої системи в експлуатацію дозволить скоротити енерговитрати, зменшити кількість аварій, ефективніше використовувати обладнання свердловини і, як наслідок, зменшити собівартість видобутої нафти. Запропоновані в дисертації алгоритми і схемотехнічні рішення можна використати для створення нових «інтелектуальних» свердловин.

### **Недоліки та зауваження по роботі.**

1. Запропонована в розділі 2 структурна схема системи керування електроприводом ШНВУ для точного визначення періоду обертання кривошипа використовує датчики кінцевих положень. При цьому ніде немає

- обґрунтування їх вибору у порівнянні з сучасними типами датчиків кута повороту (енкодери, резольвери, і т.п.).
2. Автор розглядає два варіанти вхідної інформації – динамограми і струмограми, проте ніде немає рекомендацій щодо доцільності їх використання для конкретних випадків.
  3. Занадто багато уваги в розділі 2 приділено опису типів та принципів роботи різних типів нейронних мереж, що відображено в проаналізованій автором літературі.
  4. В роботі навчання нейронної мережі відбувалося на вибірці зображень, для яких коефіцієнт заповнення  $k_3$  змінюється від 0,5 до 1,0. Не зрозуміло чому саме такий діапазон зміни  $k_3$  вибрано, і як буде вести себе система у випадку коли  $k_3 < 0,5$ .
  5. В розділі 3 автор пропонує для забезпечення ефективної експлуатації нафтовидобувної установки регулювати оберти асинхронного двигуна відповідно до продуктивності свердловини. Однак ніде не вказано, яким чином система буде визначати дебіт пласта.
  6. В п.3.8 роботи досліджується вплив частоти гойдань балансира ІШВУ на роботу електроприводу та визначається допустимий діапазон зміни частоти обертання АД. Проте не надано рекомендацій, що повинна робити система керування у випадку, коли для забезпечення заданої продуктивності помпи треба встановити швидкість, яка виходить за задані межі.
  7. В роботі при моделюванні аварійних режимів роботи ІШВУ автор навів приклади поломок лише в механічній частині нафтовидобувної установки. Однак відомо, що багато аварійних ситуацій виникає внаслідок некоректної роботи електричної частини (пропадання напруги живлення, несиметрія напруги тощо), а про це ніде в роботі не згадується.
  8. Для імітації навантаження в лабораторному стенді змінюється струм в колі двигуна постійного струму, а в мікропроцесор подається вже файл значень навантаження (динамограма). Яким чином здійснюється формування такого файлу і за який час?
  9. Пункти 1 – 3 «Висновків» важко назвати висновками, скоріше вони є відображенням стану питання перед дослідженням.
  10. Пункт 8 «Висновків» є загальновідомим.
  11. В актах експериментальних досліджень макетного взірця (с.186) та впровадження в навчальний процес результатів дисертації (с.187) відсутні дати їх затвердження.
  12. Перелічені недоліки дещо погіршують загальне позитивне враження від дисертації, але не зачіпають суті виконаних досліджень.

## Висновок

Дисертаційна робота Андреїшина А.С. на тему «Система керування електроприводом нафтовидобувної установки на основі нейронної мережі» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій розв'язане актуальне завдання створення «інтелектуальних» систем керування штанговими нафтовидобувними установками.

Матеріал дисертації викладено послідовно, стиль викладання доказовий, чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації тісно пов'язані з її змістом і відображають суть виконаних досліджень. Публікації автора повністю висвітлюють наукові положення і результати наукових досліджень.

За темою і змістом дисертація відповідає спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи. Текст автореферату відповідає змісту дисертації.

За актуальністю проблеми, науковою новизною, обсягом, рівнем і повнотою виконаних досліджень, а також обґрунтованістю практичних висновків дисертаційна робота відповідає вимогам до кандидатських дисертацій. Вказані зауваження не значно впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Представлена дисертаційна робота відповідає п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Андреїшин Андрій Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

Докт. техн. наук, професор,  
професор кафедри електротехніки  
та електромеханіки  
Дніпровського державного  
технічного університету

 О.В. Садовой

Підпис професора Садового О.В. засвідчую  
перший проректор Дніпровського державного  
технічного університету



В.М.Гуляєв