



Рис.3. Структурна схема вимірювального комплексу



Рис. 4. Загальний вигляд БППС фірми AVL у складі комплексу

### Висновки

Дана система дозволяє при відносно невеликих витратах одержати якісний пристрій. Його надійність визначається наявністю малої кількості електронних елементів. При необхідності до БППС можливо підключення і інших вимірювальних пристроїв, таких як: датчики тиску повітря в системі повітропостачання, датчика тахометра ротора турбокомпресора та інш. Застосування комплексу дає можливість підвищити якість як при випробуваннях тепловозів так і при діагностуванні на технічному обслуговуванні та ремонті.

**Список літератури:** 1. Данилов А.М. Присадки к топливам. Разработка и применение в 1996-2000 г.г. // Химия и технология топлив и масел. 2. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. М.: Техника, — 2002. 64. С. 3. Кутовой, В. А. Впрыск топлива в дизелях / В. А. Кутовой. - М.: Машиностроение, 1981. - 119 с.149

*Поступила в редколлегию 30.08.2011*

УДК 621

**О.Є.СКВОРЧЕВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доцент НТУ “ХПІ”, Харків

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ТА АГРЕГАТІВ

В роботі зроблена спроба аналітичного огляду сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогидравлических систем. В результаті огляду виявлено, що найбільш розповсюдженими засобами математичного моделювання робочих процесів тут залишаються програми, що дозволяють синтезувати модель із стандартизованих та оригінальних розрахункових блоків.

В работе сделана попытка аналитического обзора современных методов математического компьютерного моделирования рабочих процессов электрогидравлических систем. В результате обзора выявлено, что наиболее распространенными средствами математического моделирования рабочих процессов тут остаются программы, которые позволяют синтезировать модель из стандартизованных и оригинальных расчетных блоков.

The attempt of state-of-the-art review of modern methods of mathematical computer design of workings processes of the electro-hydraulic systems is in-process done. It is exposed as a result of review, that the most widespread facilities of mathematical design of workings processes here are the programs which allow to synthesize a model from the standartized and original calculation blocks.

### **Постановка проблеми в загальному вигляді**

Комп'ютерне математичне моделювання традиційно є одним із найважливіших етапів параметричного синтезу та аналізу технічних систем, зокрема електрогідравлічних. Якісне та кваліфіковане виконання цього етапу дозволяє зменшити час та витрати на створення нових електрогідравлічних систем та агрегатів. Саме тому виявлення та подальший розвиток найбільш перспективних та ефективних напрямків математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів є актуальною науковою задачею.

Останнім часом з'являється значна кількість публікацій в яких пропонуються математичні моделі та представляються результати комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та їх елементної бази. Математичний апарат, що використовується авторами є достатньо різноманітним – від класичних лінійних моделей теорії автоматичного управління до сучасних напрямків прикладної математики (штучні нейронні мережі, теорія нечітких множин и т.д.). Однак в силу об'єктивних обставин, а саме: занепаду промисловості, старіння лабораторної бази віщих навчальних закладів та науково-дослідних інститутів України, націленість комерційних структур на ремонт та копіювання старих гідросистем тощо, адекватність значної кількості математичних моделей залишається не перевіреною. Співставлення різних сучасних підходів і принципів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів дозволило б відповісти на питання переваги використання того чи іншого методу.

### **Аналіз останніх публікацій**

Аналіз значної кількості публікацій [1-34 та ін.] пов'язаних із машинобудівною гідравлікою та мехатронікою не виявив співставлення та порівняльного аналізу різних підходів і принципів моделювання електрогідравлічних систем та їх елементної бази окрім робіт [1, 2]. Роботи [1, 2] носять фундаментальний характер та систематизують значну кількість методів та моделей автоматизованого аналізу та синтезу елементів гідроприводу. Однак в них не враховані останні публікації вітчизняних авторів. Розроблений в [1, 2] автоматизований комплекс проектування елементів гідроприводу впроваджений в Спеціальну конструкторському бюро “Приладобудування та автоматики” м. Кіров, що виробляє гідроавтоматику для спеціальних машин ВПК Російської Федерації і навряд доступний широкому загалу, тим більше за її кордоном.

### **Постановка задачі роботи**

Задачею даної роботи є порівняльний аналіз підходів і принципів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів, які використовуються авторами публікацій за останні декілька років. Виявлення найбільш перспективних методів

для подальшого їх застосування для розробки нової елементної бази електрогідравлічних приводів.

### **Порівняльний аналіз сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравлічних систем та агрегатів**

Гідравлічні процеси описуються нелінійними залежностями, що пов'язано із нелінійністю витратно-перепадних характеристик, наявністю змішаного тертя в плунжерних та золотникових парах тощо, тому алгебраїчні та диференційні рівняння тут носять виражено нелінійний характер. Математичний апарат аналітичного рішення таких рівнянь розроблений недостатньо, що призводить до необхідності використання численних методів. Трудомісткість численних методів рішення нелінійних алгебраїчних та диференційних рівнянь привела до того, що в класичних роботах Т.М. Башти, В.Н. Прокоф'єва, Н.С. Гаминіна, В.А. Лещенко, Е.М. Хаймовича, Д.Ф. Попова, Б.Ф. Гликмана та ін. для опису елементів та систем гідроприводу та гідроавтоматики, як правило, використовуються лінеаризовані математичні моделі. На сучасному етапі розвитку прикладної математики та обчислювальної техніки більш доцільно використовувати нелінійні математичні моделі для подальшого їх вирішення численними методами із застосуванням пакетів прикладних програм. Сучасні системи електрогідравлічних приводів являють собою інтеграцію гідравліки, електромеханічних перетворювачів та керуючої електроніки тобто є об'єктами мехатроніки. Складність математичних моделей об'єктів мехатроніки пов'язана із взаємним впливом протікаючих в них процесів різної фізичної природи.

Аналітичний огляд методів математичного моделювання, що застосовуються дослідниками в останні роки розділимо на декілька напрямків (рис. 1).



Рис.1 – Напрямки проведеного аналізу

Підручники [3-5] являють собою фундаментальні роботи в галузі гідроприводу та гідропневмоавтоматики. В них висвітлені усі сучасні напрямки їх розвитку. Однак, на жаль, не приділено достатньої уваги динаміці гідроприводів та їх елементної бази.

Робота [6] ґрунтується на лінеаризованих моделях класичної теорії автоматичного управління.

В роботі [7] також наведені принципи розрахунку динаміки гідроприводу, які в основному ґрунтуються на лінеаризованих моделях класичної теорії автоматичного управління. Також зазначається, що якщо точність розрахунку нереалізується, то лінеаризація недопустима. Для цих випадків представлений метод отримання графіків перехідних процесів шляхом рішення нелінійних диференційних рівнянь на ЕОМ методом Рунге-Кутта. Однак таке рішення технічно реалізоване на ЕОМ “Мінськ-32” за допомогою мови “Фортран”. Такий підхід вкрай застарів та не відповідає сучасним вимогам.

Навчальний посібник [8] коротко висвітлює основи гідроприводу і гідроавтоматики. Містить цікаві розділи, наприклад про слідкувальні гідроприводи дискретної дії. Однак в роботі не приділено достатньо уваги динаміці гідроприводу. Динамічний розрахунок гідроприводу наведений у роботі [9] зведений лише до розрахунку його кінематики.

Роботу [10] можна вважати однією із перших спроб розглянути аналіз та проектування електрогідравлічних систем, як об'єктів мехатроніки. Однак методи викладені в [10] не можна вважати завершеними. Вони потребують подальшого розвитку.

Проаналізувавши доступні широкому загалу підручники, що були опубліковані за останні роки можна зробити висновок про те, що розрахунку динаміки гідроприводів та їх елементів на основі нелінійних математичних моделей в них не приділено достатньої уваги. Також розглянуті вище монографії, підручники та навчальні посібники, окрім [10], не розглядають взаємного впливу механічних, гідравлічних та електричних складових електрогідравлічних приводів.

В дисертації [11] використані лінеаризовані математичні моделі гідравлічних апаратів із осциляцією. Характер перехідних процесів у гідроприводі та клапані, розрахованих за лінеаризованою та нелінійною математичними моделями показали добрий збіг.

Однак виникають сумніви щодо правомірності припущення, що добрий збіг між лінеаризованою та нелінійною моделлю гідроприводу та клапана розглянутого в [11] підтверджує добрий збіг між лінеаризованими та нелінійними математичними моделями інших гідроапаратів.

В дисертації [12] добре розроблені моделі гідроприводів будівельно-дорожніх машин з точки зору їх енергетичних характеристик, зокрема ККД. Однак ці моделі навряд придатні для отримання статичних та динамічних характеристик приводів, тим більше їх елементної бази.

В [13] розглядається синтез енергозберігаючих пневмоагрегатів, однак математичних моделей та інших відомостей щодо гідравлічних агрегатів в авторефераті [13] не знайдено.

В другій главі роботи [14] представлені об'єктно-орієнтовані математичні моделі автономних електрогідравлічних приводів. Математичні моделі містять алгебраїчні та диференційні рівняння, початкові умови. Вибраний та обґрунтований метод численного рішення отриманої системи рівнянь, розроблена програма розрахунку на алгоритмічній мові Паскаль (Delphi). В основу математичного опису автономних електрогідравлічних приводів покладені лінійні моделі, котрі дозволяють відомими методами знаходити структури та параметри, що забезпечують оптимальне керування. Вказується, що розроблена методика може бути використана в випадку більш складних нелінійних моделей.

Принципи та підходи розроблені в [14] не можна назвати найкращими. По-перше методика [14] передбачає використання лінійних моделей, тому можливість її узагальнення на випадок моделювання нелінійних процесів викликає сумніви. По-друге розробка програми розрахунку на алгоритмічній мові Паскаль (Delphi) не доцільна, оскільки на сучасному етапі розвитку

математичного комп'ютерного моделювання рішення лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь можна здійснити простіше наприклад за допомогою програми MathCAD.

Дисертації [15-17] на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук виконані у Вінницькому національному технічному університеті можна віднести до однієї наукової школи. Ці дисертації мають східні напрямки, структуру та методи досліджень. Для теоретичних досліджень робочих процесів гідророзподільників із пропорційним керуванням та регулятора потужності насоса в них побудовані нелінійні математичні моделі цих апаратів із подальшим моделюванням за допомогою модуля Simulink програми MATLAB.

Моделювання енергетичних, статичних та динамічних процесів гідроприводів та їх елементів за допомогою модуля Simulink програми MATLAB використовується в дослідженнях багатьох російських авторів. Так в роботі [18] запропонована лінійна модель дросельного гідропривода будівельного крана та модель нагрівання робочої рідини в цій системі набрана в середовищі MATLAB Simulink.

При проведенні теоретичних досліджень в роботі [19] використовувався як модуль Simulink програми MATLAB, так і пряме рішення нелінійних систем диференційних рівнянь за допомогою програми написаної алгоритмічною мовою Паскаль. Порівняти два розглянуті підходи на основі [19] не можливо оскільки вони використовувались для моделювання різних гідромеханічних систем.

Четверта глава роботи [20] присвячена моделюванню електрогідравлічної гальмівної системи, що самозбуджується (SEHB) в системі MATLAB Simulink. Основними елементами Simulink-моделі є золотниковий розподільник, гідродвигун та опорний гідроциліндр, котрі моделюються у відповідності із вихідною математичною моделлю гальмівної системи. Також в роботі [20] зазначається, що ряд зроблених при побудові моделі припущень впливає на результати моделювання. Для підвищення точності результатів моделювання були проведені додаткові дослідження в програмі DSHplus – інструментальному програмному засобі, бібліотеки котрого містять блоки, що імітують гідравлічні, пневматичні, механічні та електричні компоненти.

В дисертаційній роботі [21] в середовищі MATLAB Simulink виконано моделювання поведінки динамічних систем при піднятті вантажу гідрофікованим краном.

Аналіз дисертаційних робіт українських здобувачів та доступних робіт російських авторів показав, що математичне моделювання робочих процесів електрогідравлічних приводів та їх елементів виконується в основному за допомогою комплексу Simulink/MATLAB. Як правило процес моделювання містить в собі складання математичної моделі диференційних рівнянь, яким потім у відповідність ставляться лінійні та нелінійні блоки Simulink MATLAB. Також зустрічаються роботи в яких динаміка гідравлічних та електрогідравлічних систем моделюється безпосереднім рішенням диференційних рівнянь численними методами, для чого створюються оригінальні програми, як правило, написані алгоритмічними мовами Паскаль або Delphi.

Для більш повного огляду сучасних методів математичного комп'ютерного моделювання робочих процесів електрогідравліки проаналізуємо останні статті та тези доповідей в яких розглянуті ці питання.

В роботі [22] наведені лише найбільш загальні принципи побудови математичних моделей об'єктів мехатроніки.

В роботах [23-26] обґрунтовується моделювання робочих процесів гідравлічних та електрогідравлічних систем в середовищі MATLAB Simulink, а також пакету фізичного моделювання SIM HYDRAULICS [25]. В [26] запропоновано розрахункову схему та систему нелінійних диференціальних рівнянь, що описує робочі процеси системи керування пропорційним розподільником. Визначені початкові умови інтегрування системи рівнянь. Обробку математичної моделі виконано за допомогою програмного пакету MATLAB Simulink. Однак відображення системи нелінійних диференціальних рівнянь у вигляді блок-схеми є трудомістким, допускає додаткові можливості зробити помилку. Також блок-схема розв'язання системи рівнянь є достатньо громіздкою.

В роботах [27-29 та ін.] у якості засобу моделювання динаміки електрогідравлічних систем використовується пакет VisSim, що також вимагає набору моделі із стандартизованих розрахункових блоків. Іноді такий підхід вимагає створення оригінальних блоків, так наприклад в [29] розроблений розрахунковий блок для моделювання хвильових процесів в об'ємних гідроприводах з довгими трубопроводами.

В статті [30] програма реалізації імітаційних моделей виконана в графічному середовищі LabView для WindowsXP (National Instruments, США). Незважаючи на те, що в цілому вказана програма дозволила виконати поставлені задачі, автори вказують на певні її недоліки [30].

В [31] отримані результати розрахунку течії рідини в проточній частині відцентрового насосу з одно- та дволопатевиими робочими колесами із використання програмного продукту FlowVision. Побудовані порівняльні характеристики, отримані в ході розрахункового та фізичного експериментів. Вказаний програмний продукт дозволяє з задовільною точністю моделювати течію рідини в проточній частині відцентрових насосів. Однак розглянутий програмний продукт є достатньо дорогим. Також в літературі не знайдено обґрунтування доцільності його використання для об'ємних електрогідравлічних.

Незважаючи на публікації в яких зроблена спроба використати оригінальні пакети імітаційного моделювання, певним "стандартом", на сьогоднішній час, моделювання робочих процесів гідравлічних та електрогідравлічних систем залишається модуль Simulink програми MATLAB. Таке розповсюдження цієї програми можна пояснити її відносною простістю, схожістю своєю блочною структурою на попередні програми для моделювання гідравлічних процесів (SIAM, VisSim, та ін.). Моделювання в MATLAB/Simulink, VisSim, SIAM нелінійних процесів дещо ускладнено через відсутність деяких необхідних блоків.

Відсутність певних необхідних розрахункових блоків змушує дослідників [29, 32, 33] розробляти свої оригінальні блоки. Так в роботах [32, 33] дослідження

проводяться в MATLAB/Simulink, але основний акцент робиться на розробленій автором оригінальній бібліотеці типових моделей гідравлічних машин та апаратів.

В деяких статтях, як наприклад [34] для рішення системи диференційних рівнянь розроблена оригінальна програма для ПЕОМ. Однак такий підхід також не можна назвати перспективним, оскільки на сучасному етапі розвитку комп'ютерного моделювання численне рішення систем нелінійних диференційних або алгебраїчних рівнянь можна реалізувати за допомогою математичних пакетів, наприклад MathCAD.

На жаль, при аналізі літератури за обраною тематикою, не знайдено інформації щодо застосування програми MathCAD для дослідження енергетичних, статичних та динамічних процесів електрогідравлічних систем приводів та їх елементної бази.

**Проведений аналітичний огляд дозволив зробити наступні висновки та виділити перспективи досліджень:**

1. Певним стандартом в моделюванні енергетичних, статичних та динамічних процесів в електрогідравлічних систем та їх елементах є модуль Simulink програми MATLAB. Його широке розповсюдження можна пояснити відносною простістю та схожістю своєю блочною структурою на попередні програми для розрахунку гідроприводів (SIAM, VisSim, та ін.).

2. Використання математичних пакетів (Simulink/MATLAB, SIAM, VisSim, та ін.), що дозволяють вводити модель у комп'ютер, шляхом її набору із стандартизованих блоків, має декілька принципівих недоліків. Стандартистість блоків вимагає створювати оригінальні авторські блоки для моделювання складних робочих процесів. Переведення моделей із первісної форми диференційних та алгебраїчних рівнянь в блочну структуру вимагає значної праці та часу, а також створює передумови для виникнення помилок. Також часто відповідність набраних блок-схем вихідним рівнянням викликає сумніви. Блочно-модульний підхід може стримувати виникнення та розвиток оригінальної вітчизняної елементної бази електрогідравлічних приводів і систем.

3. З огляду на вищевикладене перспективним вбачається створення об'єктно-орієнтованих моделей в основі яких будуть диференційні та алгебраїчні рівняння, із подальшим безпосереднім розв'язанням цих моделей. Серед перспективних комп'ютерних засобів для безпосереднього численного розв'язання систем нелінійних диференційних чи алгебраїчних рівнянь можна назвати обчислювальну систему MathCAD.

Також потрібно відзначити необхідність підручників, методичних розробок, монографій тощо в яких би розроблялися прогресивні методології математичного моделювання електрогідравлічних систем приводів та їх елементної бази, зокрема в MathCAD.

**Список літератури:** 1. *Дарит Я.А.* Расчетный комплекс машиностроительной гидравлики: Монография. – Ковров: КГТА, 2003. – 412 с. 2. *Дарит Я.А.* Методы и модели автоматизированного анализа и синтеза элементов гидропривода : дис. доктора технических наук : 05.13.12 / *Дарит Яков Адольфович.* – Владимир, 2005. - 426 с. 3. *Гойдо М. Е.* Проектирование объемных гидроприводов. – М: Машиностроение, 2009. – 304 с. 4. *Аврунин*

Г.А. и др. Объемный гидропривод и гидро-пневмоавтоматика : Учебное пособие. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 412 с. 5. *Никитин О. Ф.* Гидравлика и гидропневмопривод : учеб. пособие / *О. Ф. Никитин.* – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 414 с. 6. Динаміка об'ємних гідропневмосистем загальнопромислового призначення: навч. Посібник / *З.Я. Лур'є, О.І. Гасюк.* – Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 112 с. 7. *Ермолаев В.Я.* Гидравлика, гидро- и пневмопривод: Учебно-методическое пособие. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 204 с. 8. *Чекулаев Є.Ф.* Гідропневмоприводи і пристрої автоматики: навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 159 с. 9. Расчет объемного гидропривода / *Ю.М. Король, Н.В. Рында, В.Ф. Тимошенко, А.К. Чередниченко,* Под общ. ред. доц. *Ю.М. Короля* : Учеб. Пособие. – Николаев: НУК, 2009. – 68 с. 10. *Казьмирченко В.Ф.* Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование: Учебное пособие. – М.: Радио и связь, 2001. – 432 с. 11. *Андренко П.М.* Розвиток наукових основ проектування апаратів з гідравлічною осциляцією для систем гідропроводів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / *П.М. Андренко* – К., 2009. – 35 с. 12. *Ремарчук М.П.* Енергозберігаючі силові передачі будівельно-дорожніх машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.05.04 “Машина для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт” / *М.П. Ремарчук* – Харків, 2008. - 36 с. 13. *Крутіков Г.А.* Синтез енергозберігаючих гідропневмоагрегатів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.05.17 “Гідравлічні машини та гідропневмоагрегати” / *Г.А. Крутіков* – Харків, 2011. – 35 с. 14. *Малышев В.Н.* Оптимизация по многим критериям при выборе конструкции автономного электрогидравлического привода : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.04.13 «Гидравлические машины, гидропневмоагрегаты» / *В.Н. Малышев* – М., 2009. – 18 с. 15. *Лозінський Д.О.* Пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керуванням потоків для мобільних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / *Д.О. Лозінський* – Вінниця, 2010. – 20 с. 16. *Петров О.В.* Гідропровід чутливий до навантаження на базі мультирежимного гідророзподільника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / *О.В. Петров* — Вінниця, 2010. - 20 с. 17. *Репінський С.В.* Система керування аксіально-поршневого регульованого насоса з профільованим вікном золотника комбінованого регулятора подачі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Машинознавство” / *С.В. Репінський* – Вінниця, 2011. – 20 с. 18. *Клиндух Н.Ю.* Совершенствование систем гидропривода строительных кранов для эксплуатации при низких температурах : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / *Н.Ю. Клиндух* – Томск, 2007. – 21 с. 19. *Рыбак А.Т.* Моделирование и оптимизация гидромеханических систем мобильных машин и технологического оборудования : автореф. дис. на соискание степени доктора техн. наук : спец. 05.02.02 «Машиноведение, системы приводов и детали машин» / *А.Т. Рыбак* – Краснодар, 2008. – 46 с. 20. *Старых А.А.* Синтез нелинейного регулятора системы управления параметрически неопределенным объектом : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» / *А.А. Старых* – Томск, 2009. – 19 с. 21. *Турьшева Е.С.* Совершенствование процесса автоматической защиты гидрофицированного крана : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук : спец. 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» / *Е.С. Турьшева* – Красноярск, 2009. – 19 с. 22. *Норенков И.П., Трудоношнв В.А., Федорук В.Г.* Математическое моделирование объектов мехатроники [Электронный ресурс] // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2005. – Режим доступа <http://technomag.edu.ru>. 23. *Ю.А. Буренников, Л.Г. Козлов, С.В. Репінський* Моделювання системи керування насосом змінної продуктивності за допомогою програмного пакету MATLAB Simulink // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2006. – № 1(5). – С. 89-93. 24. Центр компетенцій MathWorks. Физическое моделирование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://sl-matlab.ru> 25. *Бур'ян С.О., Бронцевич Р.С.* Моделювання гідравлічних систем за допомогою пакету Sim Hydraulics // Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів. Сучасні проблеми

електротехніки та автоматики. Том 2, Київ: «Політехніка», 2009. – с.174-177. 26. *Козлов Л.Г., Лозинський Д.О.* Дослідження нелінійних характеристик системи керування пропорційним розподільником з електрогідравлічним керуванням // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 2 (20), 2008. – С. 83-86. 27. *Лурье З.Я., Цента Е.Н., Макей В.А.* Динамический синтез гидроагрегата навесного оборудования трактора // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 4 (22), 2008. – С. 103-107. 28. *Лурье З.Я., Макей В.А., Цента Е.Н.* Математическое моделирование динамики гидроагрегата навесного оборудования трактора // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 2/4 (32). – С. 36-41. 29. *Лурье З.Я., Макаренко М.М., Лищенко И.Г.* Моделирование волновых процессов в объемных гидроагрегатах с длинными трубопроводами с применением специального вычислительного блока // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 4 (22), 2008. – С. 79-83. 30. *Лозня С.В., Пустовой С.А., Ясинский Э.П., Ясинская И.Э.* Опыт применения имитационной модели гидромеханических агрегатов при разработке цифровой системы автоматического управления (САУ) газотурбинного двигателя // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 1 (31), 2011. – С. 85-89. 31. *Антоненко С.С., Колесниченко Э.В.* Численное моделирование течения жидкости в центробежном насосе с одно- и двухлопастными рабочими колесами // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 4 (26), 2009. – С. 50-54. 32. *Узунов А.В.* Циклично-модульный подход в задаче моделирования объектов с гидравлическими компонентами // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 1 (23), 2009. – С. 61-66. 33. *Узунов А.В.* Циклично-модульный подход в моделировании многорежимных гидросистем // Вінниця: ВНАУ. – № 3 (25), 2009. – С. 71-76. 34. *Шевченко В.С., Жилевич М.И.* Математическое моделирование динамики гидроприводов фрикционных муфт трансмиссии трактора «Беларусь» // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВНАУ. – № 2 (20), 2008. – С. 93-96.

*Поступила в редколлегию 30.08.2011*