

$$y(t) = -\frac{D}{C} + C_1 e^{\frac{1}{6\Phi^{1/3}} t [\Phi^{2/3} + \Psi + 2A\Phi^{1/3}]} + C_2 e^{-\frac{t}{\Phi^{1/3}} \left[ \frac{1}{12} i (-\Phi^{2/3} - i\Psi + 4iA\Phi^{1/3} - \sqrt{3}\Phi^{2/3} + \sqrt{3}\Psi) t \right]} + C_3 e^{\frac{t}{\Phi^{1/3}} \left[ \frac{1}{12} i (\Phi^{2/3} + i\Psi - 4iA\Phi^{1/3} - \sqrt{3}\Phi^{2/3} + \sqrt{3}\Psi) t \right]} \quad (3)$$

В (3) использованы следующие обозначения:

$$\Phi = 36AB + 108C + 8A^2 + 12\sqrt{-12B^2 - 3B^2A^2 + 54BAC + 81C^2 + 12CA^3},$$

$$\Psi = 12B + 4A^2. \quad (4)$$

Очевидно, что выражение (3) позволяет более точно учитывать все факторы, влияющие на работу гидропривода.

В настоящее время ведётся поиск аналитических решений, соответствующих частным случаям работы гидропривода. Эти решения позволят глубже проникнуть в физические аспекты различных режимов работы гидропривода, таких как гидроудар, исследовать, на новом, более точном, уровне вопросы устойчивости системы и т.п.

#### Список літератури

1. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем: учеб. для вуз. по спец. «Гидропневмоавтоматика и гидропривод» и «Гидравлические машины и средства автоматизации» / Д.Н. Попов. Изд. 2—е, перер. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. -- 464 с. ил.
2. Буренніков, Ю.А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навч. посіб. / Ю.А. Буренніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 273 с.
3. Zeman P. Mathematical Modeling and Analysis of Hydrostatic Drive Train / P. Zeman, W. Kemmetmueler, A. Kugi // IFAC – Paper OnLine. -- 2015, -- 48—1. P. 508—513.
4. Zeman P. Energy-efficient Constrained Control of Hydrostatic Power Split Drive / P. Zeman, W. Kemmetmueler, A. Kugi // IFAC – Paper OnLine. – 2017, -- 50—1. P. 4775—4780.
5. Рассказова Ю.Б. Математическая модель гидравлического привода вращательного движения с объемным регулированием / Ю.Б. Рассказова // Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля. – 2016, -- № 2 (226). С. 70—75.
6. Зезин В.Г. Динамика и регулирование гидропневмосистем: учебное пособие / В.Г. Зезин. – Челябинск : Изд.—во ЮУрГУ, 2011. – 146 с.

УДК 629.7.01/.02:621.6:51-74

**В. М. Бадах, к.т.н., доц.,  
Р. О. Єременко**

*Національний авіаційний університет*

#### **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ У ЕСКІЗНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ГІДРОСИСТЕМ ЛІТАКІВ**

На стадії ескізного проектування (відповідно до ЕСКД ГОСТ 2.119-2013 “Эскизный проект”) гідравлічних систем літальних апаратів (ГС ЛА), задача полягає у розгляді великої кількості можливих варіантів їх втілення, з урахуванням усіх необхідних

параметрів, що дають змогу оцінити технічні, надійнісні та економічні характеристики системи у якомога коротший проміжок часу і при найменшій трудомісткості, із забезпеченням адекватного рівня точності отриманих результатів. Цілком очевидно, що вимоги щодо зменшення затрат на ескізне проектування і збереження рівня достовірності результатів є суперечливими, а пошук оптимального рішення є актуальною задачею.

При розгляді значної кількості конструктивних варіантів системи не є бажаним проведення великої кількості складних і високоточних комп'ютерних чисельних експериментів та натурних експериментів, натомість, перевага надається менш затратним, швидким, але й менш точним методам, тому постає питання валідності обраного методу ескізного проектування (відповідності отриманої інформації дійсності) у визначених межах його застосування. Особливо гостро ця проблема стосується тих випадків, коли розглядається можливість впровадження новітніх або нестандартних принципів побудови системи, матеріалів, агрегатів та елементів системи, котрі досі не застосовувались, або застосування котрих мало задокументоване, як це передбачається у [1].

Актуальними засобами у вирішенні інженерних задач загалом і задач ескізного проектування зокрема є методи сурогатного моделювання (*surrogate modelling*), котрі полягають у повній або частковій заміні складних і затратних чисельних моделей більш простими. Відповідно до [2], сурогатні моделі (СМ) поділяють на *функціональні* та *фізичні*. Функціональні СМ визначаються як такі, що засновані на емпіричних даних, і котрі можуть створюватись без знання внутрішніх законів функціонування об'єкта, тоді як фізичні СМ засновані на знанні внутрішніх законів і взаємозв'язків між параметрами досліджуваного об'єкта. Одночасне застосування методів функціонального та фізичного сурогатного моделювання дозволяє отримати гнучкі *гібридні* СМ відповідно до поставленої задачі.

З огляду на те, що гідросистеми ЛА є складними і пов'язаними із суміжними системами, очевидним є те, що складними є і зв'язки між окремими параметрами і характеристиками як самої гідросистеми так і ЛА загалом. Ця обставина робить метод гібридного сурогатного моделювання досить привабливим для застосування на етапі ескізного проектування ГС ЛА, адже частину затратних обчислювань можна значно спростити.

Проте, специфіка галузі і ринку авіабудування призводить до того, що певний об'єм технічної інформації класифікується виробниками як комерційна таємниця, а інша частина інформації поширюється джерелами, надійність котрих важко підтвердити. Вищевказане призводить до того, що статистична база даних хоча і є доволі об'ємною, проте не завжди є вичерпною, однорідною та достовірною, а саме така база даних є однією з основ загальної методики ескізного проектування ГС ЛА, запропонованої у [1].

Вищевказане, наряду із проблемою визначення валідності методу проектування є слабкими місцями запропонованої методики проектування ГС ЛА, при цьому можливий безпосередній вплив стану статистичної бази технічних даних ЛА як на критерій вибору метода, так і на адекватність результатів, що будуть отримані, а також на трудомісткість самого процесу ескізного проектування.

Як один із потенційних шляхів вирішення проблеми уточнення і узагальнення інформації на основі статистичної бази технічних даних ЛА можна вказати залучення методів когнітивних технологій для: виявлення важливих закономірностей між не пов'язаними напряму параметрами; дослідження зміни параметрів у історичному контексті із розвитком і удосконаленням технологій; перевірки достовірності наявної інформації; та ін..

Вирішення проблеми валідності методу напряму пов'язано із існуючою методологією сурогатного моделювання і потребує подальшого вивчення даного напряму для того, щоб мати змогу адекватно обрати метод моделювання підходящий поставленій задачі – розробці методики ескізного проектування ГС ЛА.

## Список літератури

1. Єременко Р.О. Сучасна методика проектування авіаційних гідросистем / Р. О. Єременко // Промислова гідравліка і пневматика : XIX Міжнародна наук.-техн. конф. АС ППІ, 25 – 28 вересня 2018 р. : матеріали конференції – Львів : 2018. – С.96–97.
2. J. Søndergaard, "Optimization using surrogate models," Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, 2003, p.9–10.

УДК 621.22

**Є.В. Горбатюк, к.т.н., доц.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **РОЗРОБКА ГІДРОАВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ, ЯКА ОБЛАДНАНА ГІДРАВЛІЧНИМ ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРОМ**

**Вступ.** Гідравлічний привод одержав широке застосування на підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх і меліоративних машинах. Цьому сприяють переваги приводів такого типу, основними з яких є плавність і рівномірність руху робочих органів, можливість забезпечення великих передатних відношень, можливість безступеневого регулювання швидкостей у широкому діапазоні, легкість стандартизації та уніфікації основних елементів, невелика вага та малі габарити устаткування, простота запобіжних пристроїв і їхня висока надійність, легкість керування і регулювання, самозмащення устаткування.

Гідравлічний привод застосовують у багатьох машинах для привода робочого обладнання, колісного або гусеничного рушія, виносних опор і рульового керування.

**Аналіз публікацій.** В землерийних машинах для накопичення енергії робочої рідини в гідроавтоматичних системах застосовують гідроаккумулятори, які накопичують енергію шляхом деформування пружних елементів. В гідроаккумуляторі сила ваги, пружна сила або сила стисненого газу визначають величину гідравлічного тиску, оскільки всі сили знаходяться в рівновазі [1 – 4].

Недоліком даних технічних рішень є невисока продуктивність розробки ґрунту та гідравлічні удари через те, що енергоаккумулятор гідравлічної схеми має одну робочу камеру та не має рухомого поршня між робочими камерами.

**Мета і постановка задачі.** Метою роботи є розробка моделі роботи гідроавтоматичної системи землерийної машини обладнаної гідравлічним енергоаккумулятором для запобігання гідравлічних ударів та зменшення витрат енергії при руйнуванні ґрунту робочими органами.

Поставлена задача вирішується шляхом введення в конструкцію гідравлічного енергоаккумулятора, що дозволяє здійснити рекуперацію енергії стисненої робочої рідини та запобігає гідравлічним ударам.

**Розробка гідроавтоматичної системи землерийної машини, яка обладнана гідравлічним енергоаккумулятором.**

Рух виконавчих органів землерийних машин, особливо при руйнуванні ґрунту, піддається багатьом робочим навантаженням. Ці робочі навантаження можна звести до однієї узагальнюючої сили  $F$ , яка впливає на гідроавтоматичну систему землерийної машини [5].

При встановленні гідравлічного енергоаккумулятора в систему, узагальнююча сила починає взаємодіяти з поршнем енергоаккумулятора та впливати на його рух у гідравлічній схемі.