

## **ВИСНОВОК**

### **про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Степанової Оксани Геннадіївни «Покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання удосконаленням електрогідравлічних приводів», поданої на здобуття ступеня доктора філософії**

#### **Актуальність теми дисертації.**

Машинобудівні підприємства держави мають значний парк морально застарілого технологічного обладнання, зокрема, обладнання з електрогідравлічним приводом, яке не відповідає сучасним вимогам до експлуатаційних характеристик та потребує модернізації. Важливими експлуатаційними характеристиками, покращення яких дає значний економічний ефект, є енергоємність та продуктивність обладнання.

Зменшення енергоємності досягається підвищенням коефіцієнта корисної дії приводів шляхом зниження потужності, що споживається. Досягти зниження споживаної потужності можливо зменшенням втрат енергії, пов'язаних з регулюванням вихідних параметрів приводу. Для цього необхідна розробка науково обґрунтованих рекомендацій та технічних рішень, що потребує теоретичних та експериментальних досліджень робочих процесів в електрогідравлічних приводах технологічного обладнання.

Підвищення продуктивності залежить від скорочення операційного часу. Зменшення часу технологічних операцій можна досягти розробкою та дослідженням систем автоматичного керування приводами обладнання. Застосування систем автоматичного керування також дає поліпшення динамічних характеристик електрогідравлічних приводів обладнання, що підвищує його надійність, довговічність та рівень охорони праці при експлуатації. Існуючі системи автоматичного керування використовують не повні математичні моделі для дослідження робочих процесів, в більшості не враховують шум спостереження та стохастичні збурюючі впливи, як наслідок цього неможливе подальше удосконалювання приводів. Тому, для розробки систем автоматичного керування потребують розвинення математичні моделі для дослідження робочих процесів, які мають місце в приводах і враховують технічні особливості технологічного обладнання.

Отже, актуальною є задача покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання удосконаленням електрогідравлічних приводів, що дозволить зменшити енергоємність та збільшити продуктивність обладнання.

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Удосконалено математичну модель автоматичного електрогідравлічного приводу дросельного регулювання використанням технічних даних базових пристроїв, що забезпечує уточнення розрахунків характеристик приводу.

2. Дістала подальшого розвитку математична модель електрогідравлічного приводу обертального руху та об'ємного регулювання урахуванням динамічних властивостей електрогідравлічного підсилювача, на підставі чого побудовано математичну модель приводу обладнання як об'єкту керування, що взята за основу для розробки системи автоматичного керування.

3. Набули подальшого розвитку методологічні засади корекції автоматичних електрогідравлічних приводів дросельного регулювання на основі застосування у ланцюгу електромеханічного перетворювача реальної пропорційно-диференціальної ланки, що дозволяє підвищити швидкодію приводу та знизити його швидкісну погрішність.

4. Вперше запропоновано систему автоматичного керування електрогідравлічним приводом обертального руху, яка враховує стохастичні збурюючі впливи та шум спостереження, що забезпечує покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання.

**Теоретичне значення отриманих результатів** полягає у науковому обґрунтуванні можливості покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання шляхом удосконалення електрогідравлічних приводів, що забезпечує зменшення енергоємності та збільшення продуктивності обладнання.

#### **Практичне значення результатів дослідження.**

1. Розроблено технічні рішення, на які отримано патенти України на корисну модель, що покращують експлуатаційні характеристики технологічного обладнання з електрогідравлічним приводом. Показана можливість зменшення енергоємності обладнання з приводом обертального руху підвищенням коефіцієнта корисної дії за рахунок зниження втрат споживаної потужності, які пов'язані з процесом регулювання витрати, що надходить до гідромотора.

2. Використання запропонованої системи автоматичного керування поліпшує динамічні характеристики приводів, розширює функціональні можливості й підвищує продуктивність технологічного обладнання. Застосування системи автоматичного керування в координато-свердлильних верстатах з гідроприводом головного руху суттєво знижує коливальність системи, а в обладнанні для пластичного формоутворення конструкцій і деталей розширює номенклатуру виробів та скорочує операційний час.

3. Застосування реальної пропорційно-диференціальної ланки у ланцюгу електромеханічного перетворювача автоматичного електрогідравлічного приводу дросельного регулювання дозволяє ефективно корегувати динамічні характеристики приводу, зокрема, характер і тривалість перехідного процесу. Вибір оптимальних параметрів налаштувань коригуючої ланки значно підвищує швидкодію слідкуючого приводу спеціального пресового обладнання, що суттєво знижує швидкісну погрішність.

4. Розроблено інженерну методику проектного розрахунку автоматичного електрогідравлічного приводу обертального руху та об'ємного регулювання, яка дозволяє по значенням максимального моменту навантаження та частоти обертання гідромотора виконувати оцінку основних параметрів та вибір елементів і пристроїв приводу, а також прогноз статичних й динамічних характеристик.

Основні результати дисертації використано та впроваджено в науково-виробничих підприємствах при модернізації технологічного обладнання, у навчальному процесі Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля за спеціальностями «Прикладна механіка» і «Галузеве машинобудування».

**Достовірність і обґрунтованість результатів і висновків** дисертації підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, значною кількістю дослідних даних в наближених до реальних умов роботи обладнання; використанням сучасних засобів вимірювань при експериментальних дослідженнях електрогідравлічних приводів; методів експериментального підтвердження адекватності моделей і методик розрахунків характеристик приводів технологічного обладнання.

**Публікації.** За результатами дисертації опубліковано 32 наукові праці, з яких 5 статей в наукових фахових виданнях України та 7 публікацій в фахових виданнях іноземних держав (в т. ч. 4 у виданнях, що обліковуються наукометричними базами Web of Science та Scopus), отримано 6 патентів України на корисну модель. Публікації здобувача повністю розкривають основний зміст дисертації.

**Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації (публікації, що зараховані за темою дисертації)**

1. Sokolov V., Krol O., Stepanova O. Mathematical model of the automatic electrohydraulic drive with volume regulation. *ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Vol. 17. No 1. 2017. P. 27-32. **(Index Copernicus)** *Здобувачем враховано динамічні властивості електрогідравлічного підсилювача в математичній моделі приводу об'ємного регулювання.*

2. Соколов В.І., Степанова О.Г., Степчук Я.І., Кавун Д.Ю., Ткаченко М.К. Розробка та дослідження системи автоматичного керування технологічним обладнанням з гідроприводом обертального руху. *Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля*. 2017. № 7(237). С. 63-70. *Здобувачем запропоновано систему автоматичного керування електрогідравлічним приводом обертального руху, яка враховує стохастичні збурюючі впливи та шум спостереження.*

3. Sokolov V., Krol O., Stepanova O. Nonlinear simulation of electrohydraulic drive for technological equipment. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1278, 012003. DOI: 10.1088/1742-6596/1278/1/0120032019. **(Scopus)** *Здобувачем запропоновано використання технічних даних базових пристроїв для удосконалення математичної моделі приводу.*

4. Степанова О.Г. Експериментальні дослідження гідравлічного приводу технологічного обладнання. *Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля*. 2019. № 1(249). С. 61-65. (**Index Copernicus**)

5. Степанова О.Г. Математична модель динамічних характеристик силової частини електрогідравлічного приводу обертального руху. *Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля*. 2020. № 4(260). С. 79-86. (**Index Copernicus**)

6. Sokolov V., Krol O., Stepanova O. Choice of Correcting Link for Electrohydraulic Servo Drive of Technological Equipment. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020. P. 702-710. DOI: 10.1007/978-3-030-22365-6\_70. (**Web of Science, Scopus**) *Здобувачем обґрунтовано застосування у ланцюгу електромеханічного перетворювача реальної пропорційно–диференціальної ланки для корекції якості регулювання приводу.*

7. Sokolov V., Krol O., Stepanova O., Tsankov P. Dynamic characteristics of rotary motion electrohydraulic drive with volume regulation. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*. 2020. Vol. 73. No 5. P. 691-702. DOI: 10.7546/CRABS.2020.05.12. (**Web of Science, Scopus**) *Здобувачем розроблена математична модель електрогідравлічного приводу обертального руху та об'ємного регулювання як об'єкту автоматичного керування.*

#### **Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

8. Степанова О.Г., Азаренко Н.Г., Соколов В.І. Система автоматичного керування технологічним обладнанням з гідроприводом обертального руху. *Технологія-2017: матеріали XX міжнар. наук.-техн. конф. (м. Северодонецьк, 21-22 квіт. 2017 р.)*. Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 203-205.

9. Степанова О.Г., Кавун Д.Ю., Соколов В.І. Автоматизація процесів керування машинобудівним обладнанням з електрогідравлічним приводом. *Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє: збірник тез наук. доп. II всеукр. конф. (Северодонецьк, 27-28. квіт. 2017 р.)*. Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 75-79.

10. Степанова О.Г., Соколов В.І. Розробка системи автоматичного керування технологічним обладнанням. *Майбутній науковець – 2017: матеріали всеукр. наук. – практич. конф. (Северодонецьк, 1 груд. 2017 р.)*. Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. С. 271-272.

11. Степанова О.Г., Соколов В.І. Розробка та дослідження системи автоматичного керування технологічним обладнанням. *Технологія-2018: матеріали XXI міжнар. наук.-техн. конф. (Северодонецьк, 20-21 квіт. 2018 р.)*. Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2018. С. 90-91.

12. Степанова О.Г., Соколов В.І. Дослідження системи автоматичного керування технологічним обладнанням. *Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє: збірник тез наук. доп. III всеукр. конф. (Київ, 27-28 квітня 2018 р.)*. Київ: ДУІТ, 2018. С. 89-92.

13. Батурін Є.О., Степанова О.Г., Соколов В.І. Теоретичні та експериментальні дослідження характеристик гідроприводу технологічного

обладнання. *Технологія-2019*: матеріали XXII міжнар. наук.-техн. конф. (Сєвєродонецьк, 26-27 квіт. 2019 р.). Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. Ч. 1. С. 188-189.

14. Степанова О.Г. Експериментальний стенд для дослідження характеристик гідроприводу оберտального руху. *Технологія-2019*: матеріали XXII міжнар. наук.-техн. конф. (м. Сєвєродонецьк, 26-27 квіт. 2019 р.). Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. Ч. 1. С. 191-192.

15. Батурін Є.О., Степанова О.Г., Соколов В.І. Теоретичні та експериментальні дослідження динамічних характеристик електрогідравлічного приводу. *Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку*: матеріали всеукр. наук.-техн. конф. (Київ, 20-21 лист. 2019 р.). Київ: ДУІТ, 2019. С. 58-59.

16. Степанова О.Г. Експериментальні дослідження експлуатаційних характеристик електрогідравлічного приводу. *Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку*: матеріали всеукр. наук.-техн. конф. (Київ, 20-21 лист. 2019 р.). Київ: ДУІТ, 2019. С. 69-71.

17. Батурін Є.О., Степанова О.Г., Соколов В.І. Корекція динамічних властивостей автоматичного електрогідравлічного приводу. *Майбутній науковець – 2019*: матеріали всеукр. наук. – практ. конф. з міжнар. участю (Сєвєродонецьк, 12 груд. 2019 р.). Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. Ч. 1. С. 209-210.

18. Степанова О.Г. Математична модель силової частини електрогідравлічного приводу оберտального руху з об'ємним регулюванням. *Технологія-2020*: матеріали XXIII міжнар. наук.-техн. конф. (м. Сєвєродонецьк, 24-25 квіт. 2020 р.). Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. С. 110-111.

19. Батурін Є.О., Степанова О.Г., Соколов В.І. Поліпшення динамічних характеристик електрогідравлічного приводу технологічного обладнання. *Технологія-2020*: матеріали XXIII міжнар. наук.-техн. конф. (Сєвєродонецьк, 24-25 квіт. 2020 р.). Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. С. 107-108.

20. Степанова О.Г. Поліпшення характеристик технологічного обладнання з електрогідравлічними приводами. *Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку*: матеріали II всеукр. наук.-техн. конф. (Ізмаїл, 19-20 лист. 2020 р.). Ізмаїл: ДФМРТ ДУІТ, 2020. С. 73-75.

21. Степанова О.Г. Удосконалення електрогідравлічних приводів технологічного обладнання. *Майбутній науковець – 2020*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (Сєвєродонецьк, 4 груд. 2020 р.). Сєвєродонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. С. 89-90.

#### **Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації**

22. Sokolov V., Krol O., Stepanova O. Automatic Control System for Electrohydraulic Drive of Production Equipment. *2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon)*. IEEE. 2018. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501609. (Scopus)

23. Соколов В.И., Кроль О.С., Степанова О.Г. Нелинейное моделирование электрогидравлического привода технологического оборудования. *Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы V междунар. науч.-практ. конф.:* в 3 т. Тамбов: издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. Вып. 5. Т. 1. С. 661-667. **(RSCI)**

24. Соколов В.И., Кроль О.С., Степанова О.Г. Система автоматического управления гидроприводом вращательного движения технологического оборудования. *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал.* 2018. Т. 6. № 2. С. 56-62. DOI: 10.24892/RIJE/20180208. **(RSCI)**

25. Соколов В.И., Степанова О.Г., Батурин Є.О. Дослідження динамічних характеристик електрогідравлічного приводу технологічного обладнання. *Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля.* 2019. № 1(249). С. 55-60. **(Index Copernicus)**

26. Соколов В.И., Степанова О.Г., Батурин Є.О. Корекція автоматичного електрогідравлічного приводу технологічного обладнання. *Вісн. Східноукр. націон. ун-ту ім. В. Даля.* 2020. № 4(260). С. 72-78. **(Index Copernicus)**

### **Патенти України на корисні моделі**

27. Автоматичний гідропривід: пат. № 124412 Україна. МПК F15B 9/03, F16H 47/02, F16H 61/42 / О.Г. Степанова, М.Р. Кіхтенко, О.С. Деркач, О.В. Браславська, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201710043; заявл. 17.10.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.

28. Автоматичний гідропривід: пат. № 124757 Україна. МПК F15B 9/03, F16H 61/42 / О.Г. Степанова, Т.С. Гриб, М.О. Бережний, О.В. Браславська, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201710026; заявл. 17.10.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8.

29. Автоматичний гідропривід: пат. № 124760 Україна. МПК F15B 9/03, F16H 47/02, F16H 61/42 / О.Г. Степанова, П.В. Немцов, Д.В. Грохов, О.В. Браславська, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201710042; заявл. 17.10.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8.

30. Електрогідравлічний привід технологічного обладнання: пат. № 141855 Україна. МПК F15B 7/00 / О.Г. Степанова, Є.О. Батурин, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201911066; заявл. 11.11.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.

31. Електрогідравлічний привід технологічного обладнання: пат. № 141856 Україна. МПК F15B 7/00 / О.Г. Степанова, Є.О. Батурин, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201911067; заявл. 11.11.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.

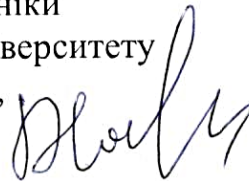
32. Електрогідравлічний привід технологічного обладнання: пат. № 141857 Україна. МПК F15B 7/00 / О.Г. Степанова, Є.О. Батурин, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201911068; заявл. 11.11.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.

**ВВАЖАТИ**, що дисертаційна робота Степанової О.Г. «Покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання удосконаленням електрогідравлічних приводів», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням відповідає вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно наказу МОН № 759 від 31.05.2019 р.), п. 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою КМ України від 6 березня 2019 р. № 167 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 979 від 21.10.2020 р.), та напрямкам наукових досліджень освітньо-наукової програми Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля зі спеціальності 131 – Прикладна механіка.

**РЕКОМЕНДУВАТИ** дисертаційну роботу «Покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання удосконаленням електрогідравлічних приводів», подану Степановою Оксаною Геннадіївною на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Рецензенти:

професор кафедри  
машинобудування та прикладної механіки  
Східноукраїнського національного університету  
імені Володимира Даля МОН України,  
доктор технічних наук, професор



**Харламов Ю.О.**

доцент кафедри  
машинобудування та прикладної механіки  
Східноукраїнського національного університету  
імені Володимира Даля МОН України,  
кандидат технічних наук, доцент



**Романченко О.В.**

Підписи д.т.н., проф. Харламова Ю.О.,  
к.т.н., доц. Романченка О.В. засвідчую:  
Вчений секретар, к.т.н., доц.



**Бойко Г.О.**