

АНОТАЦІЯ

Степанова О.Г. Покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання удосконаленням електрогідравлічних приводів.
– Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України, Сєвєродонецьк, 2021.

В дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-технічна задача покращення експлуатаційних характеристик технологічного обладнання (ТО) шляхом удосконалення електрогідравлічних приводів (ЕГП), що забезпечує зменшення енергоємності та збільшення продуктивності обладнання.

У вступі доведено актуальність теми дисертації, надано мету і задачі досліджень, зв'язок роботи з науковими програмами та темами, викладено методи досліджень, обґрунтовано достовірність отриманих результатів, наведено наукову новизну і практичну значимість, представлено особистий внесок автора та дані про апробацію результатів та публікації.

Перший розділ дисертації являється розгорнутим аналізом стану проблеми в теоретичному і практичному аспектах. Розглянуто сучасне ТО промислових підприємств, зокрема, обладнання з ЕГП, та вимоги до нього. Відзначено, що основними експлуатаційними характеристиками, покращення яких дає значний економічний ефект, є енергоємність та продуктивність ТО. Зменшення енергоємності безпосередньо досягається підвищенням коефіцієнта корисної дії (ККД) приводів обладнання шляхом зниження потужності, що споживається. Підвищення продуктивності суттєво залежить від скорочення операційного часу, що можна забезпечити розробкою та дослідженням систем автоматичного керування (САК) приводами ТО.

На підставі виконаного аналізу стану проблеми, наукових праць з питань розробки і проектування ТО з ЕГП, сформульовані мета та відповідні задачі дослідження, які наведено на початку автореферату.

У другому розділі розвинені математичні моделі для дослідження робочих процесів в ЕГП ТО.

Удосконалено математичну модель для дослідження робочих процесів в автоматичному ЕГП дросельного регулювання використанням технічних даних базових пристроїв, що забезпечує уточнення розрахунків характеристик приводу ТО.

Розвинена математична модель ЕГП обертального руху та об'ємного регулювання урахуванням динамічних властивостей електрогідравлічного підсилювача. Побудовано математичну модель приводу обладнання як об'єкту керування, що взята за основу для розробки САК ЕГП ТО.

В третьому розділі розроблено експериментальний стенд для дослідження статичних й динамічних характеристик гідроприводу, методику проведення експерименту та перевірки адекватності удосконалених математичних моделей, оцінки енергетичної ефективності методів регулювання гідроприводу.

Проведено експериментальне дослідження енергетичної ефективності способів регулювання гідроприводу та виконано аналіз залежності ККД приводу від глибини регулювання швидкості. Показана доцільність використання об'ємного регулювання (зміна витрати насоса регулюванням робочого об'єму) для зменшення енергоємності ТО з ЕГП обертального руху.

Визначення адекватності удосконалених математичних моделей здійснювалося по критерію Фішера порівнянням отриманих дослідних та розрахункових теоретичних характеристик гідроприводу, а також осцилограм перехідних процесів для блоку регулювання насоса і приводу в цілому. Адекватні математичні моделі покладені в основу наступних досліджень з покращення експлуатаційних характеристик ТО удосконаленням ЕГП.

Четвертий розділ присвячено питанням розробки та дослідження САК ЕГП ТО.

Для корекції автоматичних ЕГП дросельного регулювання обґрунтовано застосування у ланцюгу електромеханічного перетворювача реальної пропорційно–диференціальної (ПД) ланки, параметри налаштувань якої визначаються відповідно до заданого критерію якості регулювання, що дозволяє підвищити швидкодію приводу та знизити його швидкісну погрішність.

Запропоновано САК ЕГП оберտального руху, яка враховує стохастичні збурюючі впливи та шум спостереження, що забезпечує покращення експлуатаційних характеристик ТО. Відповідно до методу розділення розробку оптимальної стохастичної лінійної системи в умовах неповної інформації про стан розбито на дві задачі: синтез лінійного оптимального спостерігача та розробка детермінованого оптимального лінійного регулятора. Використання запропонованої САК поліпшує динамічні характеристики приводів, розширює функціональні можливості й підвищує продуктивність ТО.

В п'ятому розділі розроблено технічні рішення, на які отримано патенти України, що покращують експлуатаційні характеристики ТО з ЕГП. Показана можливість зменшення енергоємності обладнання з приводом оберտального руху підвищенням ККД ЕГП за рахунок зниження витрат споживаної потужності, зв'язаних з процесом регулювання витрати до гідромотора.

Застосування реальної ПД-ланки у ланцюгу електромеханічного перетворювача автоматичного ЕГП дросельного регулювання дозволяє ефективно корегувати динамічні характеристики приводу, зокрема, характер і тривалість перехідного процесу .

Розроблено інженерну методику проектного розрахунку автоматичного ЕГП оберտального 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.

Наукова новизна отриманих результатів.

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

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

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

4. Вперше запропоновано САК ЕГП обертального руху, яка враховує стохастичні збурюючі впливи та шум спостереження, що забезпечує покращення експлуатаційних характеристик ТО.

Практичне значення результатів дослідження.

1. Розроблено технічні рішення, на які отримано патенти України, що покращують експлуатаційні характеристики ТО з ЕГП. Показана можливість зменшення енергоємності обладнання з приводом обертального руху підвищенням ККД приводу понад 20% за рахунок зниження втрат споживаної потужності, які пов'язані з процесом регулювання витрати, що надходить до гідромотора.

2. Використання запропонованої САК поліпшує динамічні характеристики приводів, розширює функціональні можливості й підвищує продуктивність ТО. Застосування САК в координато-свердлильних верстатах з гідروприводом головного руху дає можливість знизити коливальність системи більш ніж на 14%, а в обладнанні для пластичного формоутворення конструкцій і деталей розширити номенклатуру виробів та скоротити операційний

час до 16%.

3. Застосування реальної ПД-ланки у ланцюгу електромеханічного перетворювача автоматичного ЕГП дросельного регулювання дозволяє ефективно корегувати динамічні характеристики приводу, зокрема, характер і тривалість перехідного процесу. Вибір оптимальних параметрів налаштувань коригуючої ланки підвищує швидкодію слідкуючого приводу спеціального пресового обладнання до 7 разів, що суттєво знижує швидкісну погрішність.

4. Розроблено інженерну методику проектного розрахунку автоматичного ЕГП 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 ТО з ЕГП, у навчальному процесі СНУ ім. В. Даля за спеціальностями «Прикладна механіка» і «Галузеве машинобудування».

Ключові слова: експлуатаційні характеристики, електрогідравлічний привід, динамічні характеристики, математична модель, система автоматичного керування, перехідний процес, енергоємність, продуктивність.

ABSTRACT

Stepanova O.G. Improving operational characteristics of technological equipment by electrohydraulic drives perfection. – Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for obtaining the PhD in specialty 131 – Applied mechanics. – Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine Ministry of Education and Science, Severodonetsk, 2021.

The PhD thesis is devoted to actual scientific and technical problem of improving operational characteristics of technological equipment (TE) by electrohydraulic drives (EHD) perfection, that provides reduction energy consumption and increase productivity for equipment.

In the introduction relevance of dissertation topic is proved, purpose and research tasks are formulated, work connection with scientific programs and topics, research methods are given, obtained results reliability is substantiated, scientific novelty and practical significance are presented, also the author personal contribution, approbation data of results and publications are given.

The first section of dissertation is detailed analysis of problem state in theoretical and practical aspects. Modern TO of industrial enterprises, particular, equipment with EHD, and its requirements are considered. Main operational characteristics, improvement of which gives significant economic effect of TE using, are energy consumption and productivity of TE. Reducing energy consumption is directly achieved by increasing equipment drives efficiency. The increase productivity significantly depends on operation time reduction, which can be provided by development and research of automatic control systems (ACS) for drives of TE.

On basis of performed analysis for problem state, scientific works on TE study, development and design of TE with EHD, the purpose and corresponding tasks of research are formulated.

In the second section, mathematical models for work processes study in EHD are developed.

Mathematical model for work processes study in automatic EHD with throttle regulation is improved by using of technical data for basic devices, which provides calculations clarification of drive characteristics for TE.

Mathematical model has been further developed to investigate dynamic characteristics of rotary motion EHD with volume regulation taking into account the dynamic properties of electrohydraulic amplifier. Mathematical model of TE drive as control object is built, model is taken as basis for development of ACS by TE

with EHD.

In the third section, experimental stand to investigate EHD static and dynamic characteristics is developed. Experiment methodology and adequacy verification of advanced mathematical models, evaluation methodology of the energy efficiency for regulation methods of hydraulic drive are presented.

The experimental researches of efficiency for regulation methods of hydraulic drive are carried out, dependence of drive efficiency on depth of velocity regulation is analyzed. The expediency of using volume regulation (changing pump flow by adjusting working volume) to reduce TE energy consumption with rotational motion EHD is demonstrated.

The adequacy of advanced mathematical models was determined by Fisher's criterion by comparing experimental and calculated theoretical characteristics of the hydraulic drive, transient oscillograms for pump control unit and drive as whole. Adequate mathematical models put to base for following researches to improve operational characteristics of TE by improving of EHD.

The fourth section is devoted to development and characteristics research of ACS by EHD of TE.

For correction of automatic EHD with throttle regulation, the application of real proportional-differential (PD) link in electromechanical transducer circuit is substantiated. Parameters of link settings are determined according to control quality criterion, that increasing drive response speed and reduce its velocity error.

The ACS by rotational motion EHD is proposed. ACS by EHD takes into account stochastic disturbing influences, also observation noise, that improves operational characteristics of TE. According to separation method, the development of optimal stochastic linear system in the conditions of incomplete information about state is divided into two tasks: the synthesis of linear optimal observer and the development of deterministic optimal linear controller. The use of proposed ACS allows to improve dynamic characteristics of drives, to expand the functionality and to increase productivity of TE.

In the fifth section technical solutions are developed, which are protected by the patents of Ukraine that improve operational characteristics of TE with EHD. The possibility of reducing TE energy consumption with rotary motion drive by increasing efficiency of EHD by reducing power consumption associated with regulation process of flow rate into hydraulic motor was shown.

The use of PD-link in circuit of electromechanical transducer of automatic EHD with throttle regulation allows to effectively correct dynamic characteristics of drive, in particular, the transient process nature and its duration.

The engineering method of design calculation of automatic rotary motion EHD with volume regulation has been developed, which allows to estimate the main parameters and the choice of elements and devices of drive according values of maximum load moment and rotation frequency of hydraulic motor, make forecast static and dynamic characteristics.

The scientific novelty of the obtained results.

1. Mathematical model of automatic EHD with throttle regulation is improved by using of technical data for basic devices, that provides calculations clarification of drive characteristics.

2. Mathematical model of rotary motion EHD with volume regulation taking into account dynamic properties of electrohydraulic amplifier was further developed. Base on this the mathematical model of drive as control object was built, taken as basis for development of ACS.

3. Methodological foundations for correction of automatic EHD with throttle regulation have been further developed based on application in circuit of electromechanical transducer the real PD-link, that allows to increase drive response speed and to reduce its velocity error.

4. For the first time, the ACS by rotary motion EHD is proposed, taking into account stochastic disturbing influences and noise of observation, that provides improving operational characteristics of TE.

The practical significance of the research results.

1. Technical solutions which are protected by the patents of Ukraine that improve operational characteristics of TE with EHD is developed. The possibility of reducing equipment energy consumption with rotary motion drive by increasing drive efficiency more than 20% by reducing power consumption associated with regulation process of flow rate into hydraulic motor was shown.

2. The use of proposed ACS allows to improve dynamic characteristics of drives, to expand functionality and to increase productivity of TE. The ACS application in coordinate-drilling machines with hydraulically driven for main motion gives possibility to reduce system oscillation by more than 14%, and in equipment for plastic formation of structures and parts expand product range and reduce operating time to 16%.

3. The application of real PD-link in circuit of electromechanical transducer of automatic EHD with throttle regulation allows to effectively correct dynamic characteristics of drive, in particular, the nature of transient process and its duration. Choice of optimum settings parameters for correction link increases response speed of servo drive for special press equipment up to 7 times that significantly reduces the velocity error.

4. The engineering method of design calculation of automatic rotary motion EHD with volume regulation has been developed, which allows to estimate the main parameters and the choice of elements and devices of drive according values of maximum load moment and rotation frequency of hydraulic motor, make forecast static and dynamic characteristics.

Main dissertation results are used and introduced at scientific-production enterprises during modernization of TE with EHD, in the V. Dahl EUNU educational process on specialties “Applied mechanics”, “Industrial machinery engineering”.

Keywords: operational characteristics, electrohydraulic drive, dynamic characteristics, mathematical model, automatic control system, transient process, productivity, energy consumption.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати 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)**
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.
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)**
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)**
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)**

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. Сєверодонецьк, 21-22 квіт. 2017 р.). Сєверодонецьк: 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. (Сєверодонецьк, 27-28. квіт. 2017 р.). Сєверодонецьк: 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. – практ. конф. (Сєверодонецьк, 1 груд. 2017 р.). Сєверодонецьк: 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. (Сєверодонецьк, 20-21 квіт. 2018 р.). Сєверодонецьк: 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. (Сєверодонецьк, 26-27 квіт. 2019 р.). Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. Ч. 1. С. 188-189.

14. Степанова О.Г. Експериментальний стенд для дослідження характеристик гідроприводу обертального руху. *Технологія-2019*: матеріали XXII міжнар. наук.-техн. конф. (м. Сєверодонецьк, 26-27 квіт. 2019 р.). Сєверодонецьк: 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. – практик. конф. з міжнар. участю (Сєверодонецьк, 12 груд. 2019 р.). Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. Ч. 1. С. 209-210.

18. Степанова О.Г. Математична модель силової частини електрогідравлічного приводу обертального руху з об'ємним регулюванням. *Технологія-2020*: матеріали XXIII міжнар. наук.-техн. конф. (м. Сєверодонецьк, 24-25 квіт. 2020 р.). Сєверодонецьк: 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. (Сєверодонецьк, 24-25 квіт. 2020 р.). Сєверодонецьк: 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 (Севєродонецьк, 4 груд. 2020 р.). Севєродонецьк: 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., Батурін 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., Батурін 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. Батурін, 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. Батурін, 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. Батурін, В.І. Соколов; заявник та власник патенту СНУ ім. В. Даля. № u201911068; заявл. 11.11.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.