

DOI 10.31891/2307-5732-2024-337-3-1
УДК 62-327+62-366.1+62-522.2

КОРОТИЧ ОЛЬГА

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-7733-3095>
e-mail: olkorotych2017@gmail.com

НЕЙМАК ВІТАЛІЙ

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-1204-3932>
e-mail: nejmakvit@gmail.com

ЗОЛОТЕНКО ЕЛЛА

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0001-7616-2784>
e-mail: ellafilipchenko@gmail.com

СУХОСТАВСЬКИЙ ВАДИМ

<https://orcid.org/0009-0008-0122-8011>
e-mail: yadim.ua@gmail.com

МИХАЙЛОВСЬКИЙ ЮРІЙ

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-2615-7332>
e-mail: YuriyMikhaylovskiy@gmail.com

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОПОЗИЦІЙНОГО ГІДРОАПАРАТУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНИ

Згідно аналізу конструкцій технологічних машин, що мають декілька виконавчих механізмів, які працюють послідовно відповідно технологічним діаграмам, і отримують рухи від електропривода через ланцюги механічних передавальних механізмів, що складаються із множини кінематично з'єднаних пар тертя і деталей, ускладнені у конструкції та її виготовленні, мають велику вагу зменшену надійність в роботі.

Авторами пропонується розроблена гідравлічна система розподілення руху на робочі механізми технологічної машини, яка складається з оригінальної конструкції багатопозиційного багатолінійного гідроапарату, який може забезпечити розподілення руху на декілька гідро двигунів робочих механізмів технологічної машини відповідно циклограми її роботи та замінити ланцюги механічних передавальних механізмів і деталей.

Оригінальність конструкції багатопозиційного багатолінійного одно золотникового гідроапарату полягає в тому, що він поєднує в собі властивості гідро розподільника золотникового та вентильного типу, а сам золотник має складну секційну циліндричну форму з вирізаними секторами і робить обертальний, а не зворотню поступальний рух. Розроблений гідроапарат може виконувати, як розподільну, так і керуючу функцію та може замінити керовані автоматичні пристрої.

Розроблена матмодель розрахунку об'єму робочих порожнин гідроапарату (гідро розподільника).

З метою перевірки працездатності гідроапарату нової конструкції проведено його параметричне моделювання у системі Solid Works і цикл експериментальних досліджень із застосуванням модуля Flo Works.

Отримано результати розподілу рідини у гідроапараті для окремих порожнин, що з'єднані з гідро лініями гідро двигунів робочих механізмів технологічної машини.

Принцип конструювання нового гідроапарату може бути використаний для розподілення рідини у технологічних машинах з різними циклами взаємодії механізмів.

Ключові слова: гідроапарат, циклограма роботи, гідро двигуни виконавчих механізмів, матмодель, числові дослідження.

KOROTYCH OLHA, NEIMAK VITALIY, ZOLOTENKO ELLA, SUKHOSTAVSKIY VADIM, MYKHAILOVSKY YURIY
Khmelnyskyi National University

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A MULTI-POSITION HYDRO APPARATUS TECHNOLOGICAL MACHINE

According to the analysis of the designs of technological machines that have several executive mechanisms that work sequentially according to the technological diagrams and receive movements from the electric drive through chains of mechanical transmission mechanisms consisting of a set of kinematically connected friction pairs and parts, complicated in the design and its production, have reduced reliability in operation.

The authors propose a developed hydraulic system for distributing motion to the working mechanisms of the technological machine, which consists of an original design of a multi-position, multi-line hydraulic apparatus, which can ensure the distribution of motion to several hydro motors of the working mechanisms of the technological machine in accordance with the cyclogram of its operation and replace the chains of mechanical transmission mechanisms and parts.

The originality of the design of the multi-position, multi-line, single-spool hydraulic device is that it combines the properties of a spool- and valve-type hydraulic distributor, and the spool itself has a complex sectional cylindrical shape with cut sectors and makes a rotary, not reverse translational movement. The developed hydraulic device can perform both distribution and control functions and can replace controlled automatic devices.

A math model for calculating the volume of the working cavities of the hydraulic device (hydraulic distributor) was developed.

In order to check the operability of the hydraulic apparatus of the new design, its parametric modeling in the SolidWorks system and a cycle of experimental studies using the FloWorks module were carried out.

The results of the distribution of liquid in the hydraulic apparatus for individual cavities connected to the hydraulic lines of the hydraulic motors of the working mechanisms of the technological machine were obtained.

The principle of designing a new hydraulic device can be used to distribute liquid in technological machines with different cycles of mechanism interaction.

Key words: hydraulic apparatus, cyclogram of work, hydraulic motors of executive mechanisms, mat model, numerical studies.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Важливою актуальною задачею при проектуванні і конструюванні машин є оптимальність вибору виду привода, регулюючих і керуючих пристроїв, кількості деталей і вузлів – простоти конструкції, ваги, металоємкості, в результаті чого покращуються техніко-економічні показники і надійність роботи машини.

Аналіз досліджень та публікацій

Огляд і аналіз технологічного обладнання показав, що конструктивне його виконання часто ускладнено механізмами з великою кількістю деталей і вузлів, що збільшують металоємкість, вагу, ускладнюють та удорожують технологію виготовлення і саму машину. Проведено огляд та аналіз технологій і обладнання гідравлічних приводів для технологічних машин, яке широко використовується в машинобудуванні та легкій промисловості. [1, 2, 7]. Аналіз гідравлічних систем розподілення руху на робочі механізми технологічних машин, показав необхідність розробки такого гідроапарату, який може забезпечити розподілення руху на декілька гідро двигунів робочих механізмів технологічної машини, що працюють в різних фазах циклограми.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: розробка і дослідження гідравлічної системи розподілення руху на робочі механізми технологічної машини, що працюють згідно циклограми її роботи, з метою спрощення конструкції машини шляхом заміни ланцюгів складних механічних передавальних механізмів і деталей.

Виклад основного матеріалу

Оптимізація конструкції технологічної машини може бути здійснена шляхом заміни ланцюгів передавальних механізмів, що складаються із множини пар тертя і деталей, гідро двигунами, які безпосередньо з'єднані з виконавчими механізмами. При цьому пропонується спосіб отримання руху виконавчих механізмів від гідро двигунів, які з'єднані з одним гідроапаратом, що розподіляє робочу рідину на всі гідро двигуни згідно циклограми роботи механізмів технологічної машини. Гідравлічний привод виконавчих механізмів значно спрощує конструкцію, зменшує металоємкість, вагу, шум при роботі і збільшує надійність роботи машини [1, 7].

В результаті проведеного аналізу літературних джерел розглянуто: класифікацію гідроапаратів - гідро розподільних пристроїв технологічних машин, призначення, їх характеристики, особливості будови, визначено можливості їх регулювання, переваги та недоліки [3-6].

Розроблено нову оригінальну конструкцію багатопозиційного багатолінійного однозолотникового гідроапарату для розподілення руху робочої рідини на гідро двигуни виконавчих механізмів, що працюють в різних фазах згідно циклограми роботи машини.

Конструкція розробленого гідроапарату (розподільного пристрою) представлена на рисунку 1. Гідроапарат виконаний у вигляді розподільного валика (золотника), встановленого в корпусі з можливістю обертання, чим суттєво відрізняється від аналогових конструкцій. Розподільний валик має кільцеві канавки, розташовані співвісно з отворами корпусу, і сегментні канавки, розташовані співвісно з декількома отворами корпусу гідроапарату, сполученими через гідро лінії з напірними і зливними порожнинами гідроциліндрів виконавчих механізмів. При цьому розміщення цих отворів в діаметральному перетині, кутові розміри і розташування сегментних канавок розподільного валика відповідають фазам дії виконавчих механізмів згідно циклічної діаграми технологічної машини [3, 6, 8].

Гідроапарат нової розробленої конструкції (рис.1) являє собою корпус 1, герметично закритий кришками 3 і 4. У корпусі 1 встановлений золотник у вигляді розподільного валика 2, лівий кінець якого виведений назовні і з'єднаний з приводом для його обертання [8].

Гідроапарат має напірну та зливну магістралі і а також канавки, кожна з яких розташована співвісно з отворами корпусу 1, з'єднаними зі штоковими або безштоковими порожнинами виконавчих механізмів гідродвигунів, за допомогою гідроліній.

Розташування сегментних канавок і їх кутові розміри, що показані в діаметральному перерізі на (рис.1, розрізи Б-Б і В-В), розподільного валика 2 і розташування співвісних з ними отворів корпусу 1 відповідають фазам дії виконавчих механізмів згідно циклової діаграми машини. Між корпусом 1 і розподільним валиком 2 навпроти сегментних канавок утворені камери 8 і 9 високого тиску і камери 10 і 11 низького тиску (рис. 1) [8], розділені циліндричною частиною розподільного валика 2. Гідроциліндри встановлені з можливістю регулювання ходу поршнів.

Проведено аналітичні дослідження взаємодії розробленого гідроапарату з гідродвигунами виконавчих механізмів. Метою аналітичного дослідження є: - розробка математичної моделі визначення геометричних розмірів гідроапарату; - та робочих характеристик взаємодії гідроапарату з гідродвигунами виконавчих механізмів відповідно технологічним параметрам роботи машини .

Для узгодження роботи гідроапарату (гідро розподільника) з гідроциліндрами необхідно забезпечити подачу рідини через гідроапарат

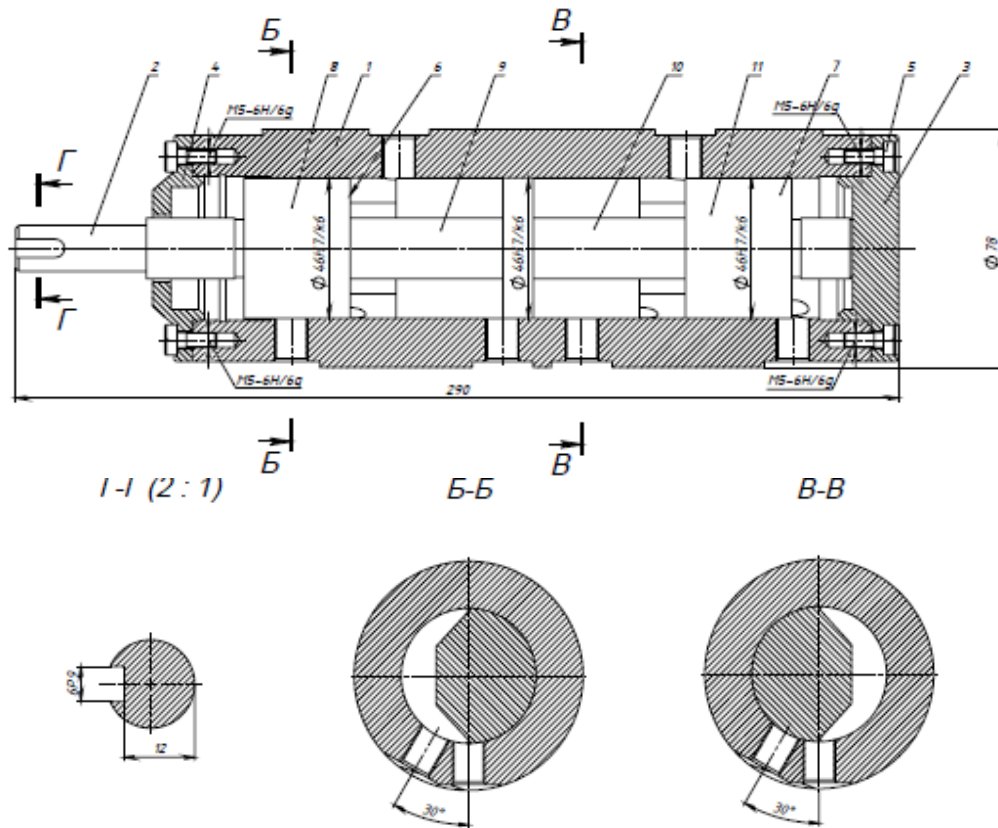


Рис. 1. Гідроапарат розробленої конструкції

$$Q_D = V_D \cdot n, \tag{1}$$

де n – кількість обертів вала, $n = 120$ об/хв,
 V_D – об’єм робочої рідини.

Розрахунок об’єму масла в одній з робочих порожнин гідроапарату, що з’єднана з гідродвигуном одного з виконавчих механізмів

$$V_{D-n} = S_n \cdot H_n, \tag{2}$$

де S_n – площа порожнини (рис. 1, розрізи Б-Б і В-В та рис. 2),
 H_n – довжина порожнини (рис. 1).

$$S_n = S_K - S_{c.p.}, \tag{3}$$

де S_K – площа внутрішнього кола циліндра корпусу гідроапарату (рис. 2)

$$S_K = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot h_1^2, \tag{4}$$

$S_{c.p.}$ – площа сектора розподільного валика.

$$S_{c.p.} = 0,5 S_K + S_T, \tag{5}$$

де S_T – площа трапеції А В С D (рис. 2).

$$S_T = S_{п.р.} + 2S_{тр}, \tag{6}$$

де $S_{п.р.}$ – площа прямокутної частини трапеції А В С D,

$$S_{п.р.} = h_1 \cdot h_2,$$

$2S_{тр}$ – площа двох трикутників, що входять до складу трапеції А В С D.

$$2S_{тр} = 0,5 h_1 \cdot h_2, \tag{7}$$

де $h_1 = R = 0,5 \cdot l_{CD}$ (рис. 2).

Підставивши у формулу (2) вирази (3-7), отримаємо формулу для розрахунку об’єму масла в робочій порожнині гідроапарату:

$$V'_{D-n} = H_n \cdot h_1 (0,5 \cdot \pi \cdot h_1 - 1,5 \cdot h_2) \tag{8}$$

Об’єм масла в інших робочих порожнинах гідроапарату можна визначити в залежності від їх геометричної форми і розміру .

Знаючи V_{D-n} визначено необхідні витрати масла через робочу порожнину розподільника:

$$Q_D = V_{D-n} \cdot p, \tag{9}$$

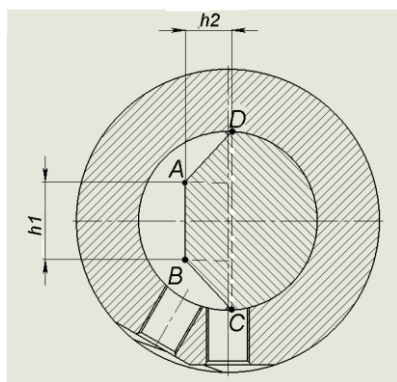


Рис. 2. До визначення об’єму робочої порожнини гідроапарату

де p – тиск рідини в системі, $p = 6,3$ МПа.

З метою перевірки працездатності запропонованого гідравлічного обладнання проведено цикл експериментальних досліджень, застосувавши модуль FloWorks у системі параметричного моделювання SolidWorks. Розроблена модель гідроапарату для технологічної машини в системі SolidWorks. При роботі в модулі FloWorks визначена робоча зона, де проводяться числові дослідження, а в усі отвори встановлюються заглушки із параметрами потоку (рис. 3 а) [9]. Задана робоча зона порожнини для проведення досліджень показана на (рис. 3 б).

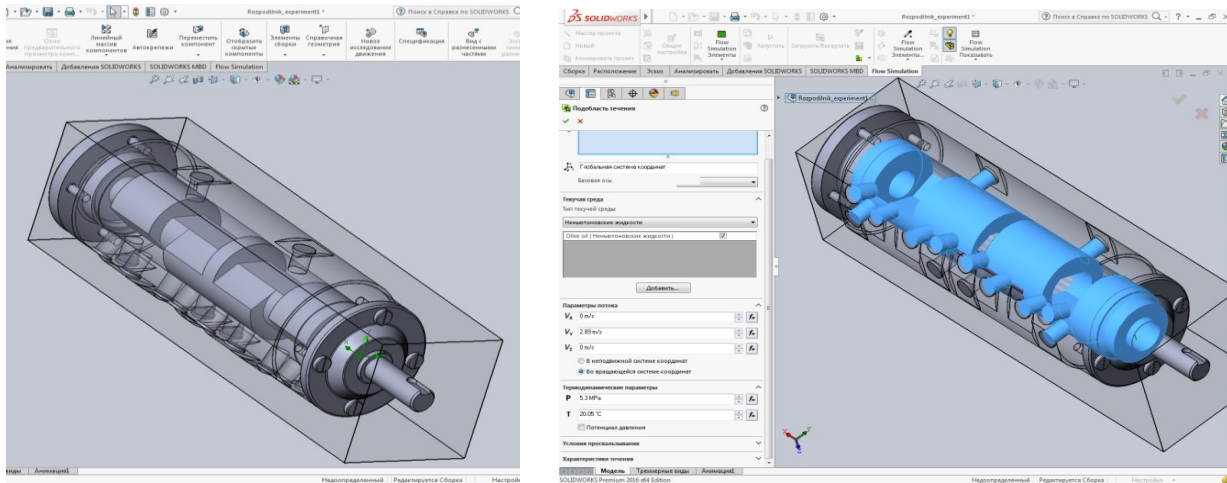


Рис. 3. Числові дослідження гідроапарату: а) – визначення робочої зони для проведення досліджень гідроапарату; б) – задання робочої порожнини для проведення досліджень

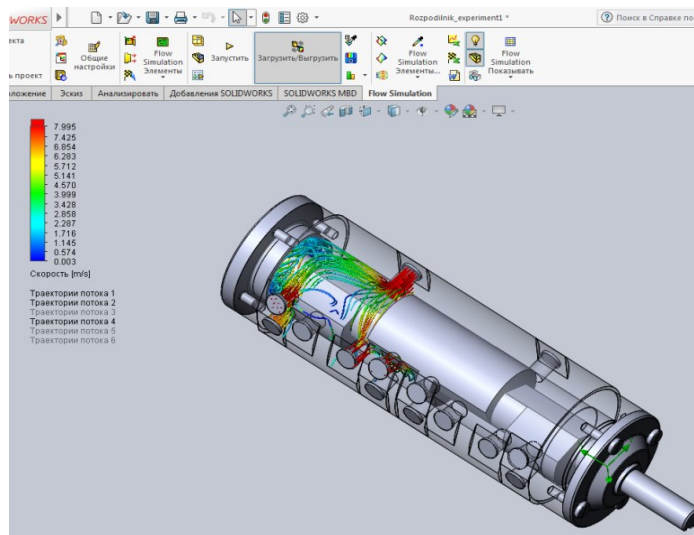


Рис. 4. Розподіл рідини у гідроапараті для її подачі у гідродвигун одного з виконавчих механізмів

Провівши числові дослідження, відповідно до початкових умов, отримано наступні результати: - загальний розподіл рідини у гідроапараті; - розподіл рідини у гідроапараті для окремих порожнин, які з'єднанні з гідродвигунами виконавчих механізмів машини гідролініями через отвори в корпусі гідроапарату. На рисунку 4 показаний розподіл рідини у гідроапараті для її подачі у гідродвигун одного з виконавчих механізмів.

В результаті проведених експериментів отримано: - залежності тисків у напірній і зливній порожнинах; - швидкостей потоків рідини у напірній і зливній порожнинах; - підтвердження працездатності гідроапарату.

Висновки

Актуальність розробки нової гідравлічної системи розподілення руху на робочі механізми технологічної машини обґрунтовано на основі огляду та аналізу конструкцій механічних і гідравлічних технологічних машин, та гідравлічних пристроїв розподілення руху (гідроапаратів) робочої рідини на гідродвигуни виконавчих механізмів.

Розроблена нова оригінальна конструкція гідроапарату, що забезпечує подачу робочої рідини на гідродвигуни робочих механізмів технологічної машини, які працюють в різних фазах циклограми.

Розроблений гідроапарат може виконувати, як розподільну, так і керуючу функцію що може замінити керовані автоматичні пристрої.

Розроблена математична модель розрахунку об'єму робочих порожнин гідроапарату (гідро розподільника).

Розроблено комп'ютерну модель гідравлічного гідроапарату для технологічної машини, проведено цикл числових досліджень із застосуванням модуля FloWorks у системі параметричного моделювання SolidWorks з визначенням функціональних характеристик робочої рідини у порожнинах гідроапарату та підтвердженням його працездатності.

Результати експериментальних досліджень планується використати в подальшому, для розробки конкретної конструкції технологічної машини із розробленим видом гідроапарату. В цілому така машина має спрощену конструкцію меншу вагу і металоємкість та підвищену надійність.

Принцип конструювання нового гідроапарату може бути використаний для різних технологічних машин з розподіленням робочої рідини на гідродвигуни виконавчих механізмів з різними циклами їх взаємодії.

Література

1. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: підручник / Л. Є. Пелевін, Д. О. Міщук, В. П. Рашківський [et al.]; МОН України, КНУБА. – Київ : КНУБА, 2015.
2. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій /укладач Е. В. Колісніченко, А. С. Мандрика, В. О Панченко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. 176 с.
3. Типи гідророзподільників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hydraulic.ua/tipi-gidrорозpodilnikov/>
4. Все про гідророзподільники. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hidravlik.com.ua/ua/info/articles/gidrорозpodilnyk-priznachennya-i-konstruktivni-osoblivosti/>
5. Розподільники для плитного монтажу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tubes-international.ua/produksiya/sylova-hidravlika/rozpodilnyky-dlya-plytneho-montazhu/>
6. Принцип роботи гідравлічного розподільвача. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hydromarket.com.ua/ua/a346016-printsip-raboty-gidravlicheskogo.html>.
7. Надійність, технічне діагностування та експлуатація гідро- і пневмоприводів: навч. посіб. / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедев, О.В. Дмитрієнко, М.С. Свинаренко; під ред. проф. П.М. Андřenка. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2018. – 519 с.
8. Коротич О.О., Білик Р. В. Розробка гідророзподільного пристрою плісирувальної машини. Збірник наукових праць "Технічна творчість", м. Хмельницький: ХНУ, 2016, - №2, с. 11-13.
9. О.О. Коротич, В.С. Неймак, С.І. Пундик, П.С. Майдан. Числові дослідження гідророзподільного пристрою плісирувальної машини за допомогою модуля floworks/. Вісник Хмельницького національного університету, №4 2018 р., с. 199-201.

References

1. Hidravlika, hidromashyny ta hidropnevmoavtomatyka: pidruchnyk / L. Ye. Pelevin, D. O. Mishchuk, V. P. Rashkivskyi [et al.]; MON Ukraine, KNUBA. – Kyiv: KNUBA, 2015.
2. Hidravlika, gidro- ta pnevmopry'vody' : konspekt lekciy /ukladach E. V. Kolisnichenko, A. S. Mandry'ka, V. O Panchenko. – Sumy : Sums'ky'j derzhavny'j universy'tet, 2021. 176 s.
3. Typy hidrорозpodilnykiv. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://hydraulic.ua/tipi-gidrорозpodilnikov/>
4. Vse pro hidrорозpodilnyky. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://hidravlik.com.ua/ua/info/articles/gidrорозpodilnyk-priznachennya-i-konstruktivni-osoblivosti/>
5. Rozpodilnyky dlia plytneho montazhu. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.tubes-international.ua/produksiya/sylova-hidravlika/rozpodilnyky-dlya-plytneho-montazhu/>
6. Printsyp roboty hidravlichnoho rozpodilivacha. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://hydromarket.com.ua/ua/a346016-printsip-raboty-gidravlicheskogo.html>.
7. Nadiinist, tekhnichne diahnostuvannia ta ekspluatatsiia hidro- i pnevmopryvodiv: navch. posib. / P.M. Andrenko, A.Yu. Lebediev, O.V. Dmytriienko, M.S. Svinarenko; pid red. prof. P.M. Andrenka. – Kharkiv : Vydavnychiy tsentr NTU «KhPI», 2018. – 519 s.
8. Korotych O.O., Bilyk R. V. Rozrobka hidrорозpodilnoho prystroiu plisyruvalnoi mashyny. Zbirnyk naukovykh prats"Tekhnichna tvorchist", m. Khmelnytskyi: KhNU, 2016, - №2, s. 11-13.
9. O.O. Korotych, V.S. Neimak, S.I. Pundyk, P.S. Maidan. Chyslovi doslidzhennia hidrорозpodilnoho prystroiu plisyruvalnoi mashyny za dopomohoiu modulia floworks/. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, №4 2018 r., s. 199-201.