

ГІДРОСИСТЕМИ, ЧУТЛИВІ ДО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ РОБОЧИХ МАШИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуті варіанти побудови гідросистем, чутливих до навантаження на основі нерегульованих та регульованих насосів та контролера на основі нейромереж. Показано, що мехатронна гідросистема забезпечує кращу керованість машини, економічність та можливість зменшення навантажень на гідроагрегати в перехідних режимах роботи.

Ключові слова: Гідросистеми мобільних машин, мехатронна гідросистема, контролер, нейромережі, керованість, економічність, пропорційне керування.

Abstract

The paper considers structural variants of hydraulic systems, based on constant and variable pumps, for mobile working machines. A circuit of mechatronic hydraulic system on the basis of two variable pumps and neural network-based controller is presented. The mechatronic hydraulic system is shown to provide better controllability of the machine, higher economic efficiency and the possibility to reduce the load on hydraulic units in transient operating modes.

Keywords: controller, controllability, economic efficiency, hydraulic systems of mobile machines, mechatronic hydraulic system, neural network, proportional control.

1. Вступ

В будівництві та промисловості широко застосовуються мобільні машини з маніпуляторами на базі колісних тракторів. Виробники таких машин налагодили випуск широкої номенклатури змінних робочих органів і різного типу захватів, екскаваторного обладнання, підйомників, гідроможиць та ін. Робота маніпуляторів мобільних машин із змінними робочими органами для забезпечення оптимального виконання операцій потребує пропорційного регулювання та стабілізації величини витрати робочої рідини, що подається насосом до гідродвигунів. Актуальною є також проблема забезпечення економічної роботи гідросистеми машини при суміщенні роботи двох гідродвигунів.

Робочий цикл маніпулятора машини характеризується чистою зміною величини та напрямку навантаження і швидкості руху, що обумовлює наявність значних динамічних навантажень в гідросистемах мобільних машин.

Актуальною є задача розробки сучасних гідросистем, чутливих до навантаження з пропорційним електрогідравлічним регулюванням, які забезпечують стабілізацію швидкості руху маніпуляторів, надійне та економічне суміщення роботи двох гідродвигунів та зменшення динамічних навантажень на робочі органи машин в робочому циклі. [1,3]

Огляд гідросистем мобільних машин

Найбільш розповсюдженою в мобільних машинах є схема гідросистеми на базі двох нерегульованих насосів. [2]

Схема на рис. 1 включає насоси 1 та 32, гідророзподільники 2, 3, 4, гідроциліндри 5 - 17, запобіжні клапани 18 - 21, переливні клапани 22, 23, дроселі із зворотними клапанами 24, 30, 31, гідрозамки 25 - 27, гідробак 28 та фільтр 29.

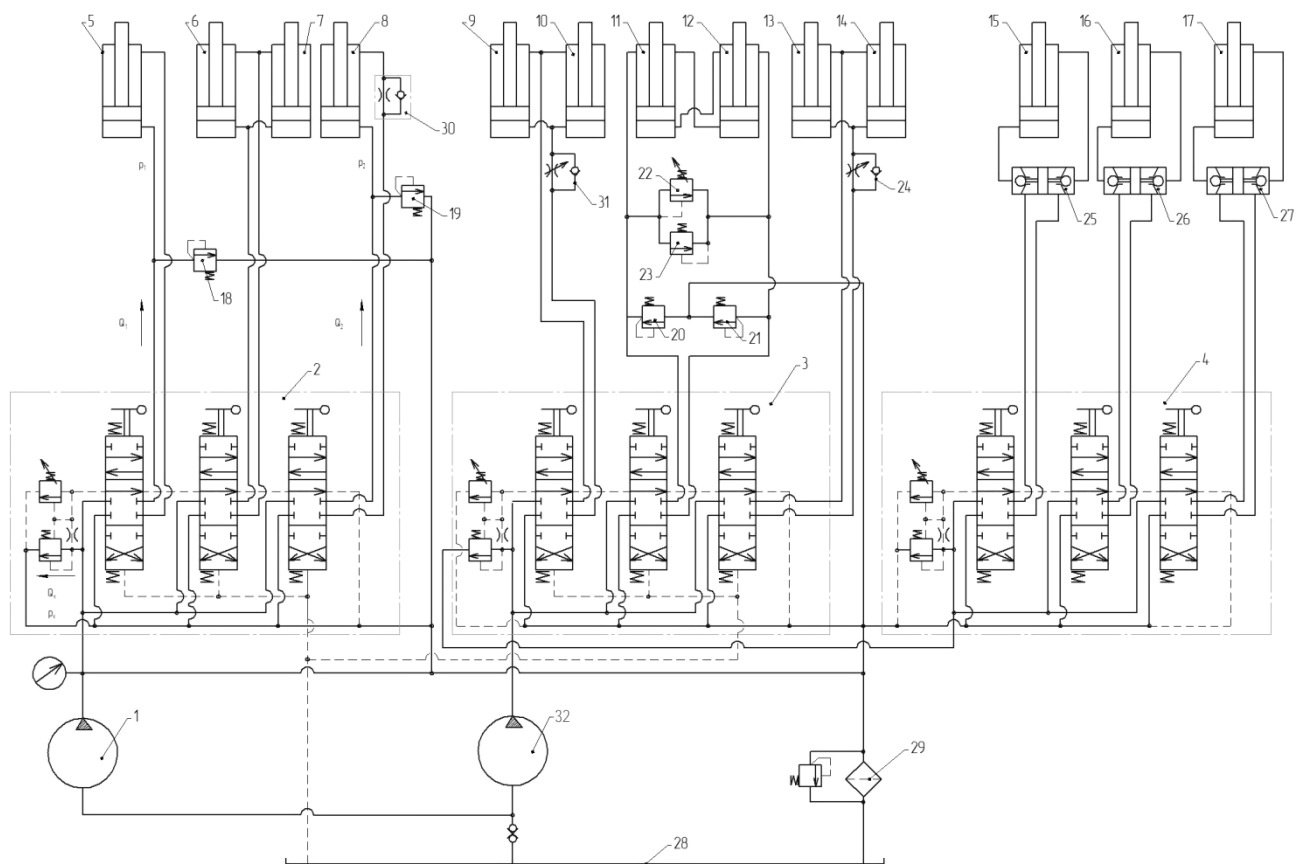


Рис. 1 - Схема гідросистеми на базі двох нерегульованих насосів

Працює гідросистема наступних чином. Насос 1 подає робочу рідину через гідророзподільник 2 до гідроциліндрів ковша 5, рукояті 6, 7 та стріли 8, приводячи їх до руху при виконанні робочих операцій. Запобіжні клапани 18 та 19 забезпечують захист гідроциліндрів ковша 5 та стріли 8 від перевантаження. Дросель із зворотним клапаном 30 забезпечує зменшення швидкості руху стріли при опусканні її під вантажем. Насос 32 подає робочу рідину через гідророзподільник 3 до гідроциліндрів стріли навантажувача 9, 10 ковша навантажувача 13, 14 та механізму повороту 11 та 12, приводячи їх до руху в певній послідовності під час виконання робочих операцій. Запобіжні клапани 20 та 21 забезпечують захист трубопроводів та гідроциліндрів 11 та 12 від перевантаження при роботі механізму повороту. Дроселі із зворотними клапанами 24 та 31 забезпечують зменшення швидкості руху стріли та ковша навантажувача при їх опусканні під дією вантажу. Від насоса 32 через гідророзподільники 3 та 4 приводяться до руху гідроциліндр відвалу та гідроциліндри аутригерів 16 та 17. Гідрозамки 15, 16 та 27 забезпечуються герметизацію робочих камер гідроциліндрів 15, 16 та 17 під навантаженням.

Гідросистема на базі двох нерегульованих насосів забезпечує надійне суміщення роботи гідроциліндрів стріли 8, рукояті 6 та ковша 5 з роботою гідроциліндрів механізму повороту 11 та 12 при умові відсутності необхідності регулювання величин швидкості їх руху. При необхідності регулювання швидкості руху гідроциліндрів ковша 5, рукояті 6, 7, стріли 8, а також гідроциліндрів 9, 10, стріли навантажувача або гідроциліндрів 13, 14 ковша навантажувача в гідросистемі будуть виникати суттєві втрати потужності, обумовлені перепуском частини робочої рідини під високим тиском через переливні клапани гідророзподільників 2 та 3. Швидкості спускання гідроциліндрів 9, 10 стріли навантажувача та гідроциліндрів 13, 14 ковша навантажувача будуть суттєво залежати від величини навантаження, що діє на робочі органи мобільної машини.

Недоліком гідросистеми на базі нерегульованих насосів є те, що пропорційне керування величиною швидкості руху гідроциліндрів в широких діапазонах пов'язане із значними втратами потужності, що має місце за рахунок дроселювання надлишкової витрати насосів в запобіжно-переливних клапанах. Стабілізація швидкості руху гідроциліндрів при регулюванні за рахунок

дроселювання надлишкової витрати не забезпечується. Вказані недоліки знижують економічність роботи мобільної машини, а також ускладнюють процес керування робочими органами.

Можливість регулювання швидкості руху гідроциліндрів мобільної машини при незначних втратах потужності забезпечується гідросистемою, чутливою до навантаження, що представлено на рис. 2. [2]

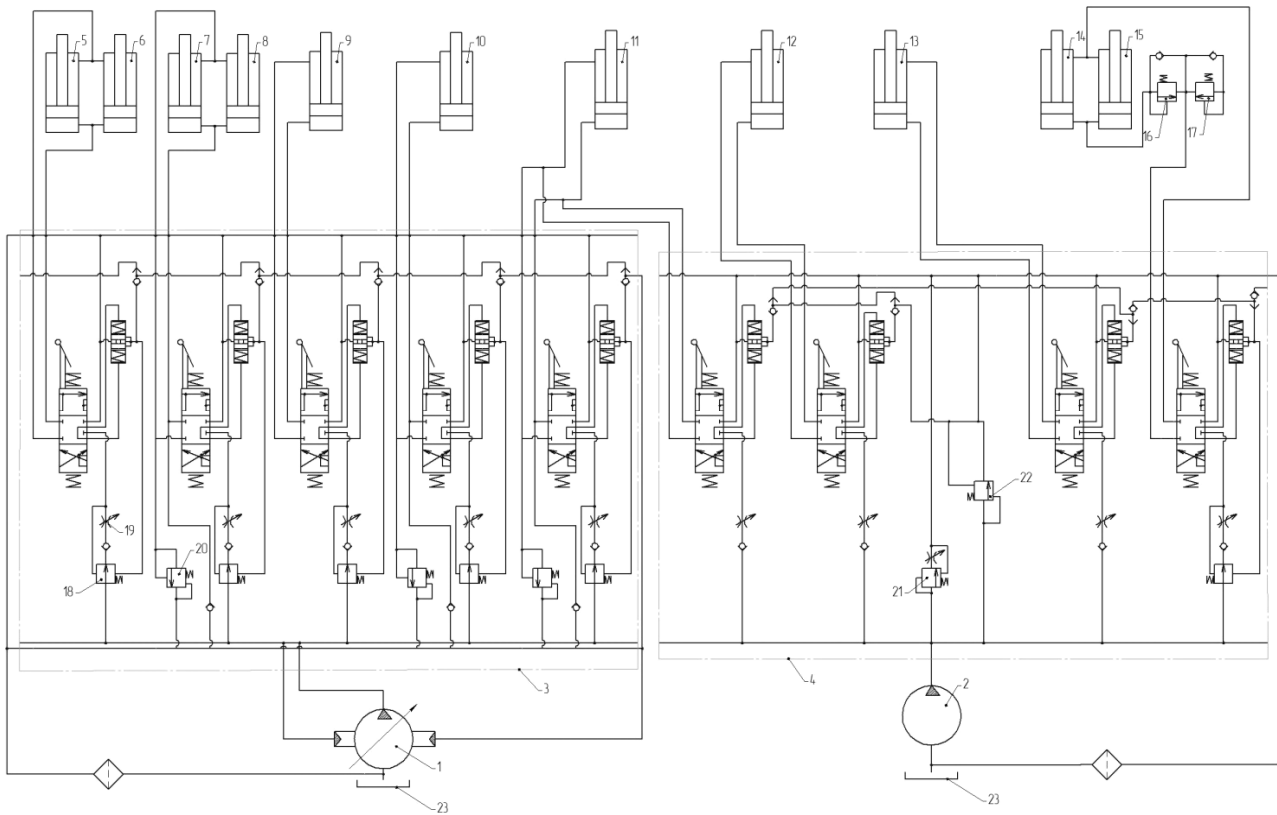


Рис. 2 - Схема гідросистеми, чутливої до навантаження на базі регульованого та нерегульованого насосів

Гідросистема включає регульований насос 1 та нерегульований насос 2, гідророзподільники 3 та 4, гідроциліндри 5-15. До складу кожної секції гідророзподільника 3 входить регулятор потоку 18, запобіжний клапан 20, регульований дросель 19. Гідророзподільник 4 включає також переливний клапан 22 та запобіжний клапан 21.

Працює гідросистема наступним чином. Насос 1 подає робочу рідину через гідророзподільник 3 до гідроциліндрів 5, 6 стріли навантажувача, гідроциліндрів 7, 8 ковша навантажувача, гідроциліндра 9 рукояті, гідроциліндра 10 ковша екскаватора, гідроциліндра 11 стріли екскаватора. Наявність в кожній секції гідророзподільника 3 регульованого дроселя 19 та регулятора потоку 18 дозволяє налаштувати та підтримувати на необхідному рівні швидкості руху гідроциліндрів 5-11, незалежно від величини навантажень, що діють на їх штоки. Наявність в кожній секції запобіжного клапана 20 забезпечує захист гідроциліндрів 5-10 та трубопроводів, що підключають їх до гідророзподільника від руйнування внаслідок надмірного зростання тиску. Наявність логічних клапанів забезпечує подачу до регульованого насоса величини сигналу, пропорційного тиску на вході в найбільш навантажений гідроциліндр, що підключені до гідророзподільника 3. Наявність такого сигналу дозволяє керувати регульованим насосом 1 таким чином, що тиск на виході насоса буде пропорційний найбільшому з навантажень на підключених циліндрах, а сумарна витрата насоса 1 буде перевищувати на незначну величину сумарне споживання робочої рідини працюючих в даний момент гідроциліндрів. Це буде забезпечувати можливість пропорційного керування рухом гідроциліндрів 5-11, що суттєво покращує керуваність мобільної машини при виконанні робочих операцій, а також мінімізувати непродуктивні втрати потужності при регулюванні швидкісних режимів руху гідроциліндрів в порівнянні із гідросистемою представленою на рис. 1.

Від насоса 2 через гідророзподільник 4 робочі рідини подається до гідроциліндрів 12, 13 аутригерів машини, та до гідроциліндрів 14, 15 механізму повороту. Наявність переливних клапанів 16, 17 дозволяє захистити гідроциліндри 14, 15 та трубопроводи, що їх з'єднують від руйнування, при надмірному зростанні тиску.

Переливний клапан 22 забезпечує злив надлишкової рідини від насоса 2 в гідробак 23 при регулюванні швидкості руху гідроциліндрів 14, 15 механізму повороту.

Гідросистема на базі регульованого і нерегульованого насосів забезпечує надійне суміщення роботи декількох робочих органів в робочому циклі машини. При чому має місце можливість пропорційного керування та стабілізації швидкості руху гідроциліндрів ковшів навантажувача та екскаватора, рукояті та стріли навантажувача та екскаватора, що покращує керованість машини та підвищує її продуктивність.

Слід відмітити однак, що точність стабілізації швидкості руху робочих органів не є дуже високою і залежить від величини напруги та діапазону зміни навантажень на робочих органах. Окрім того в перехідних процесах в гідросистемі виникає значне збільшення тиску, обумовлене частим перемиканням гідророзподільників, різкою зміною величини та напрямку навантажень, а також запізненням, яке виникає при спрацюванні запобіжних клапанів.

Для підвищення точності регулювання та стабілізації швидкості гідроциліндрів та зменшення перевантажень на агрегати при різких змінах величини навантажень на робочих органах машини у Вінницькому національному технічному університеті розроблена мехатронна гідросистема, чутлива до навантаження. [3]

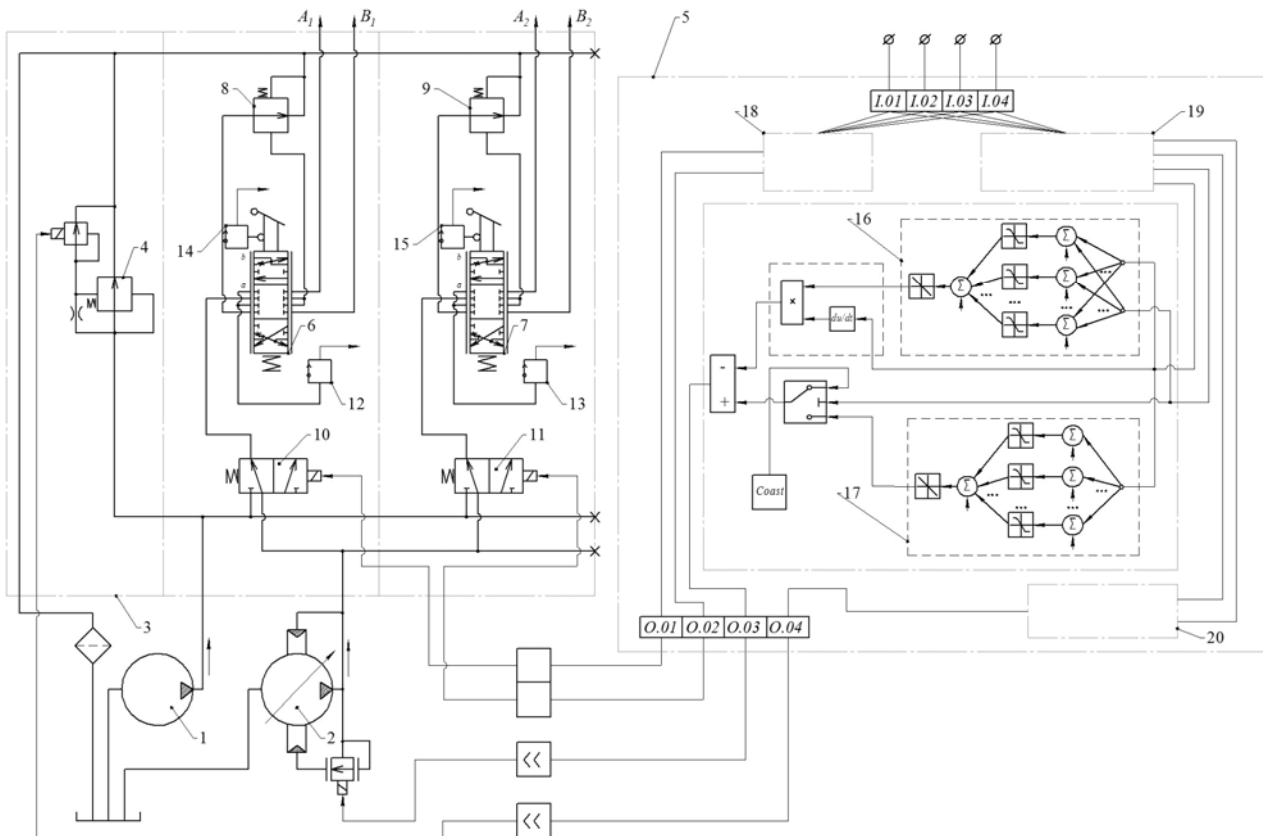


Рис. 3 - Схема мехатронної гідросистеми, чутливої до навантаження

Мехатронна гідросистема включає нерегульований 1 та регульований 2 насоси, секційний гідророзподільник 3 з запобіжно-переливним клапаном 4 та програмованим контролером 5. Робочі секції гідророзподільника 3 включають пропорційні золотники 6, 7, гальмівні клапани 8, 9, релеїні гідророзподільники 10, 11, датчики тиску 12, 13, датчики положення 14, 15. В програмованому контролері 5 реалізовані неймережі.

До виводів A_1 , B_1 , A_2 , B_2 підключаються гідроциліндри робочих органів машини. Кількість робочих секцій дорівнює кількості гідроциліндрів встановлених на мобільній машині.

Працює мехатронна гідросистема таким чином. При включенні золотника 6 гідроциліндр, що під'єднаний до виводів A_1 , B_1 комутується з регульованим насосом 2, а при включенні золотника 7 гідроциліндр, що під'єднаний до виводів A_2 , B_2 комутується з нерегульованим насосом 1. Відкриття робочого вікна золотника 7 визначає величину витрати, що поступає до гідроциліндра підключеного до виводів A_2 , B_2 та визначає його швидкість, величина якої підтримується постійною при зміні величини навантаження і широких діапазонах. Наявність гальмівного клапана 9 дозволяє підтримувати постійною величину швидкості руху гідроциліндра при попутному навантаженні. Датчик тиску 13 формує сигнал, який використовуються програмованим контролером 5 для підвищення точності стабілізації швидкості руху гідроциліндра. окрім того, робота нейромережі 16 дозволяє знизити пікові значення тиску на виході насоса 2 при зміні напрямку руху рідини в робочій секції та зміні величини навантаження, що діє на робочий орган машини.

При відкритті робочого вікна золотника 6 робоча рідина від насоса 1 буде поступати до гідроциліндра, підключеного до виводів A_1 , B_1 . Величина швидкості цього руху буде підтримуватись стабільною запобіжно-переливним клапаном 4 та гальмівним клапаном 8 як при зустрічному так і при попутному навантаженнях. Клапан тиску 12 формує сигнал, який використовується програмованим контролером 5 для підвищення точності стабілізації швидкості руху гідроциліндра. Робота нейромережі 17 дозволяє знизити пікові значення тиску, що діють на насос 1 при зміні напрямку потоку в гідророзподільнику 3 та навантаження, що діє на робочий орган машини. Наявність в мехатронній гідросистемі релейних гідророзподільників 10 та 11 забезпечує комутацію насосів 1 та 2 з гідроциліндрами, що можуть бути підключені до насосів через інші робочі секції гідророзподільника 3.

Висновок

Запропонована схема мехатронної гідросистеми, чутливої до навантаження забезпечує можливість економічного суміщення роботи двох любых гідроциліндрів мобільної машини. При цьому забезпечується пропорційне керування швидкість руху гідроциліндрів як при попутному так і при зустрічному навантаженнях, що покращує керованість машини. Наявність контролера на основі нейромереж дозволяє корегувати протікання перехідних процесів в гідросистемі та зменшувати навантаження на гідроагрегати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Burennikov Y. On the possibility of pressure differential reduction in hydraulic drive/ Y. Burennikov, L. Kozlov// Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. - 2000. - Т. XLVI. - P. 145-151.
2. Козлов Л. Г. Вдосконалення системи керування гідроприводів з LS регулюванням / дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец 05.02.03// Вінницький національний техн. університет, Вінниця, 2000.
3. Козлов Л. Г. Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпулятора з адаптивним регулятором на основі нейромереж для мобільних робочих машин / дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец 05.02.02 // Вінницький національний техн. університет, Вінниця, 2015.
4. Козлов Л.Г. Мехатронна гідросистема мобільної машини / Л.Г. Козлов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - 2012. - №6. - С. 22-30.
5. Kozlov L. Digital PD controller for dynamic correction of the differential component coefficient for a mechatronic hydraulic system / L. Kozlov // Tehnomus journal: Proceedings of the XVIIth International Conference "New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies". – Suceava, Romania, May 17 – 18, 2013. – P. 120-125.
6. Козлов Л.Г. Дослідження характеристик мультирежимного клапана розподільника для гідроприводів мобільних робочих машин / Л.Г. Козлов, О.В. Петров, О.Л. Гайдамак // Промислова гідроліка і пневматика. – Вінниця: ВДАУ, 2008. - №1. – С. 85-88.

Буренніков Юрій Анатолійович — канд. техн. наук, професор, директор Інституту машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Козлов Леонід Геннадійович - доктор технічних наук, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: osna2030@gmail.com.

Пілявець Володимир Георгійович - аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування.

Buriennikov Yuriy — Cand. Sc. (Eng), Professor, Director of the Institute of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Kozlov Leonid - Doctor of Engineering, professor of the Chair of Machine-building technology and Automation, e-mail: osna2030@gmail.com.

Pylyavets Volodymyr - post-graduate Student the Chair of Machine-building technology and Automation.